

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ НАГРУЗОК ЛОКАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ В ЮНОШЕСКОМ СПОРТЕ

Т.В. Потапова*, **А.Л. Аракелян**, **В.В. Эрлих**
*ТГУ, г. Тюмень; ЮУрГУ, г. Челябинск

Представлены изменения индекса напряжения у юных спортсменов симпатикотоников и парасимпатикотоников под воздействием нагрузок локального характера.

Ключевые слова: локальные нагрузки, физиологическая и биохимическая адаптация, сердечно-сосудистая система, двигательные единицы, утомление, индекс напряжения, функциональная проба, восстановление.

Управление процессом спортивной тренировки во многом определяется выбором наиболее эффективных средств и их оптимальных сочетаний, где локальным нагрузкам в форме специально-подготовительных, специальных и подводящих упражнений отводится важная роль [5].

По мнению автора, локальные механизмы кровоснабжения работающих мышц в значительной мере определяются капиллярной сетью и сосудисто-нейромышечными реакциями. Длительность фаз произвольного сокращения и расслабления во многом обуславливает эффективность кровоснабжения мышц [17]. Окислительные свойства мышц в большой степени, чем МПК, детерминируют работоспособность в циклических видах спорта [15].

Отставание в развитии отдельных мышечных групп может привести к несовершенству двигательной структуры, к невозможности полноценно использовать ключевые нейромышечные системы в целостном движении. Исправление этого частного момента открывает возможности и для ликвидации недостатков в спортивной технике.

Придавая доминирующее значение нейрофизиологическим компонентам движения, классическая физиология считает их доминантными относительно других органов и систем. Однако научные изыскания последних лет [19, 28] с применением современных методов математической статистики свидетельствуют об управляющем действии мышц, иммунной системы в регуляции ключевых процессов организма спортсмена [1, 6, 24].

Метод избирательной направленности нагрузок открывает широкие возможности использования максимальных усилий в развитии быстроты, силовой и скоростной подготовки спортсменов различной квалификации с целью обеспечения принципа соответствия тренировочной нагрузки (ТН) даже на этапах начальной подготовки требованиям будущих соревнований и обучения технике на высоких уровнях развития быстроты и скоростно-силовых качеств. Значение локальных и

региональных упражнений определяется характером их воздействия в связи с возрастными и половыми особенностями обмена веществ.

Темпоритмовые параметры циклических локальных детерминированы ключевыми механизмами управления движениями, которые по мнению Н.А. Берштейна [4] направлены на стандартизацию и стабилизацию произвольной двигательной активности. Например, эксцентрический режим работы мышц, позволяющий в ряде естественных движений человека получить 35–70 % механической эффективности без дополнительных метаболических затрат [18]. Обозначенные биологические положения лежат в основе оптимальных методических направлений тренировочных воздействий, повышающих спортивную работоспособность, зависящую от уровня функционирования социально-региональных структур нейромышечных и сосудистых взаимодействий.

При мышечных нагрузках локального характера изменения в деятельности миокарда выражены значительно меньше, чем при нагрузках общего характера. В процентном отношении эти изменения наиболее выражены у подростков в активные фазы пубертата, что еще раз подтверждает практическое значение мышечных воздействий локального характера в процессе физического воспитания учащихся [4, 21].

Деятельность сердечно-сосудистой системы (ССС) у подростков при нагрузках локального характера также имеет особенности, состоящие в значительных изменениях диастолы, а не систолы.

Функциональные особенности ССС в возрастном аспекте детерминированы интракардиальными и интравазальными факторами. Не зависят от нее экстракардиальные и экстравазальные компоненты.

Внутренние факторы определяются структурными и функциональными состояниями различных компонентов сердечно-сосудистой ткани [23].

В развитии и дифференцировании миокарда у подростков отмечается определенная этапность, которая характеризуется следующими показателями:

- мышечные клетки и другие составные элементы миокарда находятся в состоянии созревания;
- соединительная ткань миокарда все еще слабо выражена;
- единице объема миокарда соответствует большее количество сосудов;
- мелкие коронарные сосуды имеют относительно большой калибр, а анастомозы коронарной системы сильнее выражены.

В электромиографических исследованиях амплитуды и частоты осцилляций ног и туловища при максимальных мышечных нагрузках общего и избирательного характера установлено увеличение амплитуды и частоты биопотенциалов мышц при максимальной локальной нагрузке относительно максимальной общей нагрузки ($P < 0,01$). По данным [27] величина уровня возбудимости коры головного мозга при статической работе, производимой двумя ногами, в среднем 1,9–3,5 раза выше, чем при работе одной ногой. По данным автора, величина уровня возбудимости сенсомоторной зоны нижних конечностей при статической работе той же интенсивности, что и при работе производимой одной ногой. Факт значительного преобладания уровня возбудимости коры головного мозга в целом и сенсомоторной зоны ног при статической работе объясняется влиянием вовлечения в работу значительно большего количества мотонейронов при работе двумя ногами.

Неравномерность развития отдельных мышц имеет особое значение, которое следует учитывать в спортивной тренировке. Использование упражнений локального характера позволяет совершенствовать двигательную функцию человека без долговременного значительного повышения функций вегетативных органов в спортивной тренировке.

Стандартизация темпоритмовых значений тренировочных воздействий соревновательной направленности формирует новый динамический стереотип спортивного потенциала. Стандартная частота нейромuscularных сокращений приводит к формированию пластичной специализированности действия спортсмена. Целенаправленная практика эксцентричных режимов мышечных сокращений в различных видах спорта заметно повышает механическую эффективность, развивает локальные механизмы, детерминирующие спортивную результативность. В этой связи рекомендуется использование специально-подготовительных упражнений на тренажерах, реабилитирующих тренировочных воздействий, направленных на локально-региональные структуры и функции, детерминирующие физическую работоспособность.

Электронейромиографические данные показывают, что по мере развития утомления как при статической, так и при динамической работе происходит увеличение амплитуды потенциалов действия мышцы, уменьшение их частоты, увеличение суммарной биоэлектрической активности [17].

Интерес представляют электромиографические сдвиги при первичных нейромuscularных на-

рушениях, имеющие место в юношеском спорте. Наиболее часты воспалительные причины миопатий, возникающих в скелетной мускулатуре (миозин, артрит, дерматомиозит, цистицеркоз и др.). ЭМГ-изменения не показывают специфических различий для отдельных видов миопатий. Амплитуда ПД ДЕ при миопатиях снижена на 35 % по сравнению с нормальной. Существуют метаболические миопатии. Мистоническая реакция отражает нестабильность мембранного потенциала мышечного волокна, указывает на выраженные ауторитмические свойства [12]. Считают, что при миотонии, по видимому, нарушена регуляция концентрации кальция в саркоплазме мышечного волокна. Это указывает на участие внутренней мембранной системы патогенезе миопатии. Исследования нейромuscularной системы под воздействием ТН не потеряли актуальности и практического значения. Например, реобазы характеризуют пороговое сокращение мышц, вызывает критическую деполяризацию мембран мышечного нерва. Хронаксия прослеживает пороговую реакцию, характеризует время воздействия тока при силе, равной 2 реобазам. Кривые «интенсивность – время» получены у здоровых и больных (Engelman), они позволяют диагностировать состояния нейромuscularной системы, в том числе и в спорте.

Наиболее точным критерием, характеризующим возбудимость, является энергетической хроноксиметрический показатель. У здоровых взрослых людей амплитуда электрических ответов начинает уменьшаться, если частота стимулирования превысит 60–70 кол./с. Если при таких колебаниях амплитуда уменьшится, то считают, что нервно-мышечная передача нарушена. Снижение амплитуды обычно учитывается при сравнении первичного ПД. Сократительная функция мышц в норме пропорциональна при механической и электрической активности. Механическая часть регистрируется с помощью динамометра, когда напряжение активированной мышцы воспроизводится при изометрическом сокращении (механограмма).

В двигательном анализаторе человека даже после утомительной работы субмаксимальной интенсивности (80 % от максимальной) сохраняется значительный резерв силы и выносливости. Он позволяет не только сохранить, но и повысить работоспособность двигательного аппарата в процессе переключения двигательной активности.

Еще в 1980 году в электромиографических исследованиях было обнаружено, что переключение двигательных режимов положительно сказывается на активности и продолжительности работы на пальцевом эргографе. Установлено, что утомление связано не только с тратой энергетических веществ, но и с длительным пребыванием ЦНС в состоянии возбуждения, приводящие в дальнейшем к торможению. Согласно современным исследованиям, достижения одних и тех же результатов в организме может обеспечиваться различными интеграциями и взаимодействием специализиро-

ванных функциональных систем. Осуществление одного и того же движения возможно за счет различных двигательных единиц, или иначе принципа переключения нервных центров. Принцип вариантности двигательных функций является общим принципом длительной работы [1, 10]. Структура целостного акта варьирует как за счет изменения последовательности и длительности активности отдельных мышц или нейромышечной регуляции, так и за счет различных сочетаний частоты и глубины дыхания, метаболических изменений, колебаний сердечных сокращений, величины потребления кислорода и других показателей [14, 22].

Результаты исследований подтвердили высокую эффективность тренировочного воздействия локальных нагрузок [5]. Одна и та же нагрузка по степени адаптации к ней и последовательности ее выполнения в комплексе других нагрузок оказывает различное тренировочное воздействие [5, 7, 16, 25]. Влияние на организм ТН на все группы мышц хорошо согласуется с данными В.М. Закиорского [7].

Возможность значительного увеличения дозировки при избирательно-направленных мышечных нагрузках локального характера имеет особое значение в процессе физического воспитания учащихся, где существует относительно большой интервал отдыха между смежными уроками. Использование избирательно-направленных нагрузок локального характера открывает возможность последовательного улучшения функционирования нейромышечной системы занимающихся, что в связи с биологическими особенностями детей школьного возраста имеет особо важное значение. Установлено, что темп развития двигательной функции при направленной мышечной нагрузке по показателям силы подростков 14–15 лет значительно выше, чем при нагрузках общего характера.

Результаты тестирования 15–16-летних пловцов опытной группы при проплывании 100 м кролем на груди составили 55,8 с, а в группе контроля (без применения локально-региональных воздействий эксцентрического характера) – 57,5 с. Педагогический эксперимент длился в течение шести месяцев.

Использование в тренировке юных пловцов нагрузок локального характера при совершенство-

вании спортивной техники способствует улучшению функционального состояния и системы кровообращения организма спортсмена ($P < 0,05$).

Оценка физической работоспособности в спорте подростков имеет важное практическое значение из всего наличия тестов и функциональных проб [3, 11, 20]. Наиболее доступен в практике массового спорта, тест на шагивания на скамейку [26].

Для обследуемых каждой возрастной группы по данным, разработанным А.Г. Хоружевым, определяется необходимая высота первой (h_1) и второй (h_2) ступенек, темп восхождения в минуту (h), поправочный коэффициент на первую (K_1) и вторую (K_2) нагрузки, которые равняются соответственно для:

15–16 лет – 25 и 45 см, 30 восхождений в мин: 1,08 и 1,09 мин;

17–18 лет – 30 и 50 см, 30 восхождений в мин: 1,10 и 1,15 мин.

В многочисленных работах на практике по величине PWC_{170} определяются косвенным методом максимальное потребление кислорода (МПК). Широкое распространение в этом плане получил метод Карпмана В.Л. и соавторов [11, 12].

$MПК = 1,7 PWC_{170} + 1240$. Отмечается высокой корреляцией ($\chi_1 = 0,735$ и $\chi_2 = 0,8$) данной формулы с прямым методом по Дугласу – Холдену у лиц от 15 лет и старше.

В связи с этим были предложены формулы для оценки МПК у детей и подростков с учетом возраста, пола и биологической зрелости, как у занимающихся, так и незанимающихся спортом:

Для подростков-спортсменов
 $MПК = 0,0002 PWC_{170} + 0,668 (\pm K)$.

Для подростков, не занимающихся спортом,
 $MПК = 0,0017 PWC_{170} + 0,677 (\pm K)$.

Для девушек-спортсменок
 $MПК = 0,0026 PWC_{170} + 0,297 (\pm K)$.

Для девушек, не занимающихся спортом,
 $MПК = 0,0024 PWC_{170} + 0,434 (\pm K)$.

Применение дифференцированного теста W_{170} [21] показало, что у представителей циклических, ациклических видов спорта он различается. Даже в видах спорта на выносливость он существенно отличается (табл. 1).

Таблица 1

Результаты тестирования в различных видах спорта

Показатель	15–16 лет		17–18 лет		18–19 лет		16–19 лет	16–19 лет	16–19 лет
	1-й р. КМС	Контроль п = 20	1-й р. КМС	Контроль п = 30	МС, МСМК п = 10	Контроль п = 30	Лыжники п = 22	Конькобежцы п = 25	Борцы п = 28
	Плавание спортивное								
WL_{170}	16,90 ± 0,90	15,90 ± 0,80	18,20 ± 2,00	14,60 ± 0,78	19,50 ± 1,70	14,60 ± 0,70	24,70 ± 1,12	22,2 ± 1,30	19,20 ± 1,12
WA_{170}	14,82 ± 1,40	9,52 ± 0,70	11,40 ± 0,50	9,20 ± 0,92	15,40 ± 0,54	9,20 ± 0,92	13,80 ± 0,21	10,80 ± 0,52	12,20 ± 0,93
K	1,08 ± 0,05	1,71 ± 0,08	1,60 ± 0,08	1,61 ± 0,15	1,28 ± 0,05	1,61 ± 0,08	1,80 ± 0,03	2,05 ± 0,08	1,57 ± 0,07

На этапах начальной подготовки прослеживаются связи между W_{170} соответственно и костной массы ($\chi = 0,52$ и $\chi = 0,50$). Следует отметить, что в исследованиях А.П. Исаева, С.А. Кабанова [8, 10] установлены корреляции ранга спортивного мастерства с массой тела борцов в границах весовых категорий. Следует также отметить, что индекс массы тела коррелирует с составным тела [8].

Физическая работоспособность связана с механизмами регуляции сердечного ритма [2], типа кровообращения с нейрогуморальной регуляцией МОК в условиях относительного покоя [29].

ния полагать, что механизмы нейрогуморальных влияний на МОК регуляторов 1-го уровня связаны с активностью рецепторных систем в миокарде и сосудистой стенке.

Представляло интерес исследование состояния механизмов регуляции сердечного ритма не только в покое, но и в восстановительном периоде после выполнения нагрузки в дифференцированном тесте W_{170} . Анализ изменения показателей КИГ в восстановительном периоде показал различие в реакциях на субмаксимальную нагрузку у симпатикотоников и ваготоников (табл. 2).

Таблица 2

Индекс напряжения (ИН) у юных пловцов и конькобежцев 15–18 лет после выполнения нагрузки в зависимости от преобладания симпатической или парасимпатической регуляции миокарда

Специализация	Тип регуляции	п/п	Индекс напряжения		
			Исходные данные	После вращения педалей ногами	После вращения педалей руками
Пловцы	Симпатикотоники	14	182,0 ± 19,0	148,20 ± 13,06	136,30 ± 7,04
	Парасимпатикотоники	20	74,00 ± 3,22	86,26 ± 4,14 X1-2	78,38 ± 0,19
Конькобежцы	Симпатикотоники	14	15,40 ± 15,12	192,00 ± 6,02	166,00 ± 0,36
	Парасимпатикотоники	16	62,50 ± 2,92 X	78,30 ± 3,28 X1-2	88,22 ± 3,22 X1-3

Примечание. Знаком X отмечаны статистические достоверные отличия между показателями симпатикотоников и парасимпатикотоников.

По мнению авторов, гемодинамические особенности гиперкинетического типа кровообращения здоровых обследуемых по сравнению с гипокинетическим вариантом заключаются в стабильном превышении объема внеклеточной жидкости и теледиастолического объема артериальной системы, преобладании положительных хроно- и инотропных эффектов миокарда, понижении периферического сопротивления резистивных сосудов. Гемодинамический гомеостаз в условиях увеличенного объема циркуляции обеспечивается свойственными только гиперкинетическому типу механизмами нейрогуморальной регуляции. Особенности заключаются в приоритетном влиянии на МОК гормонов гипоталамо-гипофизарно-кортикомедулярной системы (кортикотропин-рилизинг-фактор, β -эндорфин, соматотропин, АКТГ, кортизол, эстрогены и адреналин) и системы нейротрансмиттеров (дофамин, норадреналин, субстанция П). Регуляторные эффекты этих систем сочетаются с выраженным влиянием на гемодинамику предсердного натрийуретического пептида. Реализация механизмов нейрогуморальной регуляции сократительной функции миокарда и тонуса гладкой мускулатуры сосудистой стенки осуществляется с участием Ca^{**} – кальмодулированной системы при повышенном уровне внутриклеточного кальмодулина. Исключительно важна роль магния в сократительной способности миокарда.

Все эти регуляторы, функционирующие как единый регуляторный комплекс и непосредственно взаимосвязанные с объемом циркуляции, относятся к 1-му уровню регуляции МОК. Есть основа-

Так, у пловцов-симпатикотоников при выполнении обеих нагрузок и в большей степени после педалирования руками отмечается тенденция к снижению ИН, в то время как у ваготоников наблюдается обратная реакция, т.е. тенденция к нарастанию ИН.

У конькобежцев-симпатикотоников ИН несколько увеличивается после педалирования руками ($P < 0,05$). У ваготоников же отмечено статистическое достоверное его увеличение, более значительное – после выполнения работы руками.

Однако как у пловцов, так и у конькобежцев в восстановительном периоде ИН у симпатикотоников оставался в 2–2,5 раза выше, чем у парасимпатикотоников. Иными словами, после субмаксимальных дозированных нагрузок у симпатикотоников он оставался высоким, а у парасимпатикотоников – низким. Таким образом, если повышение ИН в ответ на физическую нагрузку у парасимпатикотоников следует рассматривать как нормальную реакцию, связанную с повышением уровня симпатической регуляции сердца, то постоянно высокий ИН у симпатикотоников в покое и после выполнения ФН может свидетельствовать о неудовлетворительном состоянии регуляторных механизмов сердца и о возможном лимитировании работоспособности юных спортсменов.

Литература

1. Адаптация человека к спортивной деятельности / А.П. Исаев, С.А. Личагина, Р.У. Гаттаров и др.; науч. ред. Г.Г. Наталов. – Ростов н/Д: РГПУ, 2004. – 236 с.

2. Аксенов, В.В. Оценка состояния хроно-и

инотропной функции сердца у лиц с различной физической тренированностью на основе использования математических методов анализа кардиосигналов: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.В. Аксенов. – М.: Институт медико-биологических проблем МЗ СССР, 1984. – 26 с.

3. Аулик, И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / И.В. Аулик. – М.: Медицина, 1990. – 192 с.

4. Бернштейн, Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности: монография / Н.А. Бернштейн. – М.: Медицина, 1966. – 340 с.

5. Вашиляев, Б.Ф. Оптимизация тренировочных воздействий в подготовке квалифицированных конькобежцев-многоборцев: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Б.Ф. Вашиляев. – Тюмень, 2006. – 26 с.

6. Долгушин, И.И. Иммунология травмы / И.И. Лифшиц. – Свердловск: Изд-во Уральского ун-та, 1989. – 187 с.

7. Зацюрский, В.М. Физические качества спортсмена: монография / В.М. Зацюрский. – М.: Физкультура и спорт, 1970. – 200 с.

8. Исаев А.П. Механизмы долговременной адаптации и дисрегуляции функций спортсменов к нагрузкам олимпийского цикла подготовки: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А.П. Исаев. – Челябинск, 1993. – 537 с.

9. Кабанов, С.А. Медико-биологические и педагогические критерии адаптивно-компенсаторных изменений в управлении тренировочным процессом дзюдоистов: учебное пособие / С.А. Кабанов. – Тюмень: Вектор-Бук, 2008. – 76 с.

10. Кабанов, С.А. Программирование тренировочного процесса дзюдоистов высших разрядов: дис. ...канд. пед. наук / С.А. Кабанов. – Челябинск: УралГАФК, 1996. – 172 с.

11. Карпман, В.Л. Исследование физиологической работоспособности у спортсменов / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков. – М.: Физкультура и спорт, 1974. – 91 с.

12. Карпман В.Л. PWC₁₇₀ проба для определения физической работоспособности / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, В.Г. Любина // Теория и практика физической культуры. – 1969. – № 12. – С. 37.

13. Левицкий, Д.О. Биохимия мембран. Кальций и биологические мембраны: монография / Д.О. Левицкий. – М.: Высшая школа, 1990. – 118 с.

14. Медведев, В.И. Адаптация: монография / В.И. Медведев. – СПб.: Институт мозга человека РАН, 2003. – 584 с.

15. Мелленберг, Г.В. Концепция специализированного моделирования соревновательной деятельности / Г.В. Мелленберг, Г.Р. Сайдухжун // Теория и практика физической культуры. – 1994. – № 9. – С. 14–18.

16. Набатникова, М.Я. Основы управления подготовкой юных спортсменов: монография / М.Я. Набатникова. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 280 с.

17. Особенности сократительных и релаксационных характеристик мышц у спортсменов

высоких квалификаций различных видов спорта / А.П. Исаев, С.А. Лигачина, Р.У. Гаттаров и др. // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 1. – С. 28–33.

18. Потапова, Т.В. Адаптивные реакции конькобежцев высокой спортивной квалификации / Т.В. Потапова, А.П. Исаев // Теория и практика физической культуры. – 2008. – № 8. – С. 3–6.

19. Потапова, Т.В. Адаптивно-компенсаторные реакции организма юных спортсменов под воздействием нагрузок прогрессивной тренировки и восстановления / Т.В. Потапова, А.М. Мкрутян, В.В. Эрлих; под науч. ред. А.П. Исаева. – Тюмень: Изд-во ТГУ, 2008. – 258 с.

20. Смирнов, К.М. Физическая работоспособность человека: монография / К.М. Смирнов. – Новосибирск: Наука, 1970. – 131 с.

21. Филимонов, В.И. Дифференцированный тест W₁₇₀ и особенности кровообращения в конечностях у юных спортсменов / В.И. Филимонов, Ю.Р. Владова, Ф.И. Василенко // Физиология и развития человека: тез. докл. II Всесоюз. конф. – М., 1981. – С. 88.

22. Фомин, Н.А. Адаптация: общепсихологические и психофизиологические основы: монография / Н.А. Фомин. – М.: Теория и практика физической культуры, 2003. – 383 с.

23. Функциональная диагностика в детском возрасте / под ред. Ст. Коларова и В. Гатева. – София: Медицина и физкультура, 1979. – 443 с.

24. Хаитов, Р.М. Физиология иммунной системы: монография / Р.М. Хаитов. – М.: ВНИИТИ РАН, 2001. – 224 с.

25. Харе, Д. Учение о тренировке: пер. с нем. / Д. Харре. – М.: Физкультура и спорт, 1971. – 438 с.

26. Хоружев, А.Г. Методы оценки физической работоспособности и функционального состояния сердечно-сосудистой системы в медицине и физиологии / А.Г. Хоружев. – Челябинск: Форумиздат, 1993. – 89 с.

27. Шабунин, Р.А. Оценка качества регулирования сердечного ритма у детей и подростков / Р.А. Шабунин // Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение: тез. Междунар. симпоз. / отв. ред.: Р.М. Бавесий, Н.И. Шлык. – Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1996. – С.114–115.

28. Электромиографическая характеристика волновой активности нервно-мышечной системы студентов 1–3-й групп здоровья в состоянии произвольного расслабления и напряжения мышц / А.П. Исаев, Р.У. Гаттаров, Ю.Н. Романов, В.И. Ляпало // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2007. – Вып. 10. – № 2 (74). – С. 20–31.

29. Яковлев Г.М. Типы кровообращения здорового человека: нейрогуморальная регуляция минутного объема кровообращения в условиях покоя / Г.М. Яковлев, В.А. Карлов // Физиология кровообращения. – 1992. – Т. 18, № 6. – С. 86–108.

Поступила в редакцию 15 января 2009 г.