

ISSN 0869-8139

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

РОССИЙСКИЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИМЕНИ И. М. СЕЧЕНОВА



Том 99, № 8
август
2013

научная библиотека
КГМУ



Санкт-Петербург
„НАУКА”

Рес

Учредитель:
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
РОССИЙСКИЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
им. И. М. СЕЧЕНОВА

Основан И. П. Павловым в 1917 г.

Издается 12 номеров в год

Журнал издается под руководством
Отделения физиологии и фундаментальной медицины РАН

Главный редактор Н. П. Веселкин

Редакционная коллегия

Антонов С. М., Балабан П. М., Брежестовский П. Д., Герасименко Ю. П.,
Глязова М. В. (отв. секретарь), Григорьев А. И., Зефирова А. Л., Иванова Л. Н.,
Мягзаник Л. Г. (зам. главного редактора), Марков А. Г.,
Никольский Е. Е. (зам. главного редактора), Ноздрачев А. Д., Овсянников В. И.,
Попова Н. К., Розенштраух Л. В., Роцевский М. П., Скребицкий В. Г.,
Сороко С. И., Ткачук В. А., Фирсов М. Л.

Часть статей из «Российского физиологического журнала им. И. М. Сеченова»
переводится и публикуется в журнале *Neuroscience and Behavioral Physiology*.
Заголовки и резюме статей приводятся в Реферативном журнале ВИНИТИ, MEDLINE,
INDEX MEDICUS, SCOPUS, Animal Behavior Abstracts, Cambridge Scientific Abstracts,
Chemoreception Abstracts, CSA Neurosciences Abstracts, Physical Education Index,
Psyc-INFO, Psychological Abstracts, SCOPUS

Импакт-фактор журнала — www.elibrary.ru (см. РИНЦ)

Полный текст переведенных на английский язык статей — www.springerlink.com

Санкт-Петербург
Издательство «Наука»

© Российская академия наук, 2013 г.
© Редколлегия «Российского физиологического
журнала им. И. М. Сеченова» (составитель),
2013 г.

научная библиотека
КГМУ

ФИЗИОЛОГИЯ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ СИСТЕМ

ВЛИЯНИЕ РЕЗКО УСИЛЕННОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ
НА НАСОСНУЮ ФУНКЦИЮ СЕРДЦА КРЫС И МЕХАНИЗМЫ
ЕЕ РЕГУЛЯЦИИ

© А. С. Никитин,* Р. А. Абзалов, Н. И. Абзалов, Э. З. Вафина

Казанский федеральный университет,
Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, 18,
* e-mail: nikitinaspirant@mail.ru

Исследовались показатели насосной функции сердца крыс при мышечной нагрузке максимальной мощности, а также в условиях перехода с режима резко усиленной двигательной активности на режим усиленной двигательной активности при стимуляции и блокаде адренергического влияния. У крыс 100-суточного возраста при усиленной двигательной активности частота сердечных сокращений меньше, а ударный объем крови больше, чем у крыс, подверженных мышечной нагрузке максимальной мощности. Адренергическое влияние на показатели насосной функции сердца крыс с резко усиленной двигательной активностью значительно выше, чем у крыс с неограниченной двигательной активностью. При блокаде α_1 -адренорецепторов у 100-суточных крыс снижение интенсивности мышечной нагрузки свидетельствует об увеличении адренергического влияния на насосную функцию сердца.

Ключевые слова: насосная функция сердца, резко усиленная двигательная активность, мышечная нагрузка максимальной мощности, частота сердечных сокращений, ударный объем крови, минутный объем кровообращения.

Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. Т. 99. № 8. С. 937—944. 2013

A. S. Nikitin,* R. A. Abzalov, N. I. Abzalov, E. Z. Vafina. EFFECT OF THE SHARPLY STRENGTHENED MOTOR ACTIVITY ON HEART PUMPING ABILITY OF RATS AND MECHANISMS OF ITS REGULATION. Kazan Federal University, Kazan, 420008, Kremlevskaya St., 18, Russia, * e-mail: nikitinaspirant@mail.ru.

The indicators of heart pumping ability of rats at a muscular loading of the maximum power and also in the conditions of transition from sharply strengthened motor activity regime on a strengthened motor activity regime at adrenergic influence stimulation and blockade were investigated. At rats of 100-daily age at the strengthened motor activity heart rate is less, and blood stroke volume is more, than in the rats, subject to muscular loading of the maximum power. The adrenergic influence on the heart's pumping ability of sharply strengthened motor activity rats is much more, than of unlimited motor activity rats. At the α_1 -adrenoreceptors blockade at 100-daily rats the decreasing in intensity of muscular loading causes increased in adrenergic influence on heart pumping ability.

Key words: heart pumping ability, sharply strengthened motor activity, muscular loading of the maximum power, heart rate, blood stroke volume, minute volume of blood circulation.

RUSSIAN JOURNAL OF PHYSIOLOGY. V. 99. N 8. P. 937—944. 2013

В современном спорте высших достижений тренировочная и соревновательная деятельности характеризуются выполнением мышечной нагрузки максимальной мощности [7]. Зачастую на финише соревнований (биатлон, лыжные гонки, марафонский бег и т. д.) спортсмены теряют сознание и падают. При этом колоссальное напряжение испытывает сердце. Как в этих условиях изменяются показатели насосной функции сердца, а также адренергические механизмы их регуляции? Исследования насосной функции сердца спортсменов высокой квалификации в процессе выполнения мышечных нагрузок максимальной мощности крайне затруднены. Поэтому в Лаборатории физиологии физических упражнений Казанского федерального университета на протяжении многих лет моделируют на крысах тренировочные мышечные нагрузки плаванием [1—3, 5, 9]. Вместе с тем нам удалось впервые разработать режим резко усиленной двигательной активности для крысят 100-суточного возраста, которые были подвержены мышечной нагрузке максимальной мощности.

Исходя из вышеизложенного была определена цель работы — изучение особенностей насосной функции сердца крыс и ее адренергической регуляции в онтогенезе в условиях резко усиленного двигательного режима (мышечная нагрузка максимальной мощности).

МЕТОДИКА

Исследовались крысята 21-, 70-, 100-суточного возраста: первая группа — неограниченная двигательная активность; вторая группа — резко усиленная двигательная активность. Все манипуляции с животными проводили в соответствии с этическими нормами и рекомендациями по гуманизации работы с лабораторными животными [10].

Крысят с неограниченной двигательной активностью содержали в обычных условиях вивария по 5—6 животных в транспортной клетке. Резкое усиление двигательной активности крысят достигалось принудительным плаванием в ванне, начиная с 21-суточного возраста. Продолжительность плавания в 1-й день тренировок равнялась 5 мин. К концу недели, т. е. на 6-й день тренировок, время плавания было доведено до 55 мин. Начиная со 2-й недели тренировок крысята плавали с грузом, равным 6.5 % от массы тела. Перед началом каждой плавательной тренировки с грузом 10 мин крысята плавали без отягощения. На 3-й неделе вес груза составил 10 % от массы тела. Каждую последующую неделю масса груза увеличивалась на 1 %. Таким образом, 7-ю неделю тренировок крысята плавали с грузом, составляющим 14 % от массы тела. Время плавания с грузом определяли по моменту, когда животные уже не могли самостоятельно держаться на поверхности воды.

Начиная с 70-суточного возраста крысят разделили на 2 подгруппы. В 1-й подгруппе в возрасте 70 суток был осуществлен переход животных с режима резко усиленной двигательной активности на режим усиленной двигательной активности. При этом крысята тренировались 3 дня в неделю. Крысята 2-й подгруппы до 100-суточного возраста продолжали тренироваться 6 раз в неделю по методике резко усиленной двигательной активности. Масса груза и время плавательной нагрузки в обеих подгруппах были аналогичны режиму резко усиленной двигательной активности на 7-й неделе тренировок.

Для определения основных показателей насосной функции сердца применялся метод тетраполярной импедансной реоплетизмографии [11] (в модификации Р. А. Абзалова). Запись дифференцированной реограммы производилась у крысят, наркотизированных урс-таном (800 мг/кг) в покое при естественном дыхании, которым подкожно вводились игольчатые электроды. В наших исследованиях использовался аналогово-цифровой преобразователь MacLab4e фирмы ADInstruments. Для получения реографических сигналов был применен реограф 4 PГ-2М. Результаты анализировались при помощи программ Chart, Claris Works и Igor Pro на компьютере Power Macintosh. Статистическую обработку полученных данных производили в соответствии с методами вариационной статистики с помощью пакета программ Statistica 6.0.

Фармакологические препараты вводили в бедренную вену дробно через катетер. Выраженность симпатических влияний на насосную функцию сердца определяли по максимальной сдвигам ее показателей после стимуляции и блокады адренорецепторов. Для несес-

лект
1×1
фон
0.8
пол-
зид
ры,
ств

гат
про
Час
тел
сок
мет

кра
огр
на
рез
кра
нос
75.

ше
140
(р
ше
12
с р

точ
(р
час
20.
(р

акт
на
раз
ны
ре
но
зна
на

ны
об
на
ак
те:

лективной стимуляции α - и β -адренорецепторов вводили норадреналин в концентрации 1×10^{-7} моль/л в дозе 0.1 мг/100 г массы животного. Для блокады β -адренорецепторов на фоне введенного норадреналина использовали 0.1%-ный раствор обзидана в дозе 0.8 мг/100 г массы животного. Для блокады α_1 -адренорецепторов, которые в основном располагаются в желудочках сердца, на фоне воздействия обзиданом вводился доксазозин мезилат в дозе 0.1 мг/100 г массы тела животного. Блокируя доксазозином α_1 -адренорецепторы, удалось установить их роль в обеспечении насосной функции сердца, так как они участвуют в реализации изменения показателей ударного объема крови [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Частота сердечных сокращений 21-суточных крысят с неограниченной двигательной активностью составила 374.8 ± 2.7 уд/мин (табл. 1). К 100-м суткам произошло уменьшение частоты сердечных сокращений на 35.9 уд/мин ($p < 0.05$). Частота сердечных сокращений 100-суточных крысят с резко усиленной двигательной активности на 26.8 уд/мин меньше, чем 70-суточных. Частота сердечных сокращений у крысят с усиленной двигательной активностью на 27.9 уд/мин меньше, чем у группы крыс с резко усиленной двигательной активностью.

При введении норадреналина произошло увеличение частоты сердечных сокращений во всех исследуемых группах крысят: у 21-суточных крысят с неограниченной двигательной активностью — на 93 уд/мин; 70-суточных — на 54.7 уд/мин; 100-суточных — на 44 уд/мин ($p < 0.01$). У 70-суточных крысят с резко усиленной двигательной активностью увеличение частоты сердечных сокращений составило 83.5 уд/мин; у крысят с усиленной двигательной активностью — 97.5 уд/мин; с резко усиленной двигательной активностью — 75.3 уд/мин ($p < 0.01$).

При введении обзидана наблюдалось уменьшение частоты сердечных сокращений крысят с неограниченной двигательной активностью: 21-суточных — на 146 уд/мин; 70-суточных — на 93.2 уд/мин; 100-суточных — на 74.5 уд/мин ($p < 0.01$). Обзидановая блокада вызвала уменьшение частоты сердечных сокращений 70-суточных крысят с резко усиленной двигательной активностью на 123.9 уд/мин; крысят с усиленной двигательной активностью — на 116.8 уд/мин; с резко усиленной двигательной активностью — на 93.6 уд/мин.

При введении доксазозина уменьшение частоты сердечных сокращений 21-суточных крысят с неограниченной двигательной активностью составило 23.2 уд/мин ($p < 0.05$). У 70-суточных крысят с резко усиленной двигательной активностью частота сердечных сокращений при доксазозиновой блокаде уменьшилась на 20.2 уд/мин; у крысят с усиленной двигательной активностью — на 33.9 уд/мин ($p < 0.05$).

Таким образом, у 70- и 100-суточных крысят с резко усиленной двигательной активностью увеличение частоты сердечных сокращений при введении норадреналина и ее уменьшение при обзидановой и доксазозиновой блокадах более выражено, чем у крысят с неограниченной двигательной активностью. У 100-суточных крысят с усиленной двигательной активностью по сравнению с группой с резко усиленной двигательной активностью наблюдается достоверно выраженное увеличение частоты сердечных сокращений при введении норадреналина и значительное уменьшение частоты сердечных сокращений при введении обзидана и доксазозина.

У 100-суточных крысят с неограниченной двигательной активностью ударный объем крови на 0.210 мл больше, чем у 21-суточных ($p < 0.05$). Ударный объем крови 100-суточных крысят с резко усиленной двигательной активностью на 0.166 мл больше, чем у 70-суточных крысят с резко усиленной двигательной активностью ($p < 0.05$), и на 0.034 мл меньше, чем у крысят с усиленной двигательной активностью.

научная библиотека
КГМУ

Таблица 1

Показатели насосной функции сердца крысят, подверженных режиму неограниченной двигательной активности, после введения норадреналина, обзидана и доксазозина

Условия регистрации	Возраст животных, сутки					
	21 (n = 26)			70 (n = 22)		
	ЧСС, уд/мин	УОК, мл	МОК, мл/мин	ЧСС, уд/мин	УОК, мл	МОК, мл/мин
Исходная до препаровки	374.8 ± 2.5	0.052 ± 0.001	19.5 ± 0.92	345.2 ± 7.1 [■]	0.200 ± 0.004 [■]	68.7 ± 1.2 [■]
Исходная после препаровки	372.8 ± 2.7	0.050 ± 0.004	18.5 ± 2.83	352.5 ± 9.4 [■]	0.196 ± 0.012 [■]	68.4 ± 2.6 [■]
После введения норадреналина	465.8 ± 4.8* [#]	0.062 ± 0.001* [#]	25.8 ± 1.56* [#]	407.2 ± 10.6* [#]	0.253 ± 0.012* [#]	102.9 ± 5.4* [#]
После введения обзидана	319.8 ± 5.9* [#]	0.036 ± 0.004* [#]	11.4 ± 1.18* [#]	314.0 ± 8.5* [#]	0.182 ± 0.002* [#]	57.4 ± 2.0 [#]
После введения доксазозина	296.6 ± 7.7* [#]	0.031 ± 0.004 [#]	9.0 ± 1.0 [#]	300.1 ± 6.1 [#]	0.179 ± 0.002 [#]	53.7 ± 0.9 [#]

Таблица 1 (продолжение)

Условия регистрации	Возраст животных, сутки		
	100 (n = 18)		
	ЧСС, уд/мин	УОК, мл	МОК, мл/мин
Исходная до препаровки	338.9 ± 6.9 [■]	0.257 ± 0.002 ^{■▲}	89.0 ± 1.9 ^{■▲}
Исходная после препаровки	339.6 ± 5.3 [■]	0.253 ± 0.002 ^{■▲}	85.9 ± 1.9 ^{■▲}
После введения норадреналина	383.6 ± 3.7* [#]	0.284 ± 0.015* [#]	109.2 ± 6.6* [#]
После введения обзидана	309.1 ± 10.6* [#]	0.245 ± 0.009* [#]	76.0 ± 4.2* [#]
После введения доксазозина	287.1 ± 6.8 [#]	0.203 ± 0.008* [#]	58.5 ± 3.2* [#]

Примечание. * Достоверность различий от введения к введению фармакологических препаратов ($p < 0.05-0.001$); # достоверность различий по сравнению с исходным показателем ($p < 0.05-0.001$); ■ достоверность различий по сравнению с показателями крысят 21-суточного возраста ($p < 0.05-0.001$); ▲ достоверность различий по сравнению с показателями крысят 70-суточного возраста ($p < 0.05-0.001$); n — количество экспериментальных животных; ЧСС — частота сердечных сокращений; УОК — ударный объем крови; МОК — минутный объем кровообращения.

научная библиотека
КГМУ

При введении норадреналина крысам с неограниченной двигательной активностью произошло увеличение ударного объема крови: у 21-суточных — на 0.012 мл; 70-суточных — на 0.057 мл; 100-суточных — на 0.031 мл ($p < 0.01$). К 100-м суткам увеличение ударного объема крови крысят с усиленной двигательной активностью составило 0.017 мл, а с резко усиленной двигательной активностью — 0.099 мл ($p < 0.05$).

При обзидановой блокаде ударный объем крови крысят с неограниченной двигательной активностью уменьшился: у 21-суточных — на 0.026 мл; 70-суточных — на 0.071 мл; 100-суточных — на 0.039 мл ($p < 0.01$). При введении обзидана ударный объем крови крысят с резко усиленной двигательной активностью уменьшился на 0.105 мл ($p < 0.01$); крысят с усиленной двигательной активностью — на 0.061 мл ($p < 0.05$).

При блокаде α_1 -адренорецепторов доксазозином показатели ударного объема крови крысят с неограниченной двигательной активностью 100-суточного возраста уменьшились на 0.042 мл ($p < 0.05$). У 70-суточных крысят с резко усиленной двигательной активностью при введении доксазозина уменьшение ударного объема крови составило 0.017 мл, а у крысят с усиленной двигательной активностью — 0.056 мл ($p < 0.05$).

Следовательно, к 100-м суткам режим с резко усиленной двигательной активностью по сравнению с неограниченной двигательной активностью вызывает достоверно выраженное увеличение ударного объема крови крысят при введении норадреналина и его уменьшение при обзидановой блокаде. Значительное уменьшение ударного объема крови при введении доксазозина установлено у 70-суточных животных с резко усиленной двигательной активностью. Увеличение ударного объема крови 100-суточных крысят при введении норадреналина и его уменьшение при блокаде обзиданом более выражено у крысят с резко усиленной двигательной активностью, чем у крысят с усиленной двигательной активностью. Достоверное уменьшение ударного объема крови при доксазозиновой блокаде установлено у животных с усиленной двигательной активностью.

У 100-суточных крысят с неограниченной двигательной активностью минутный объем кровообращения на 69.5 мл/мин больше, чем у 21-суточных ($p < 0.05$). Минутный объем кровообращения в покое у 100-суточных крысят с резко усиленной двигательной активностью на 43.6 мл/мин больше, чем у 70-суточных. Минутный объем кровообращения крысят с усиленной двигательной активностью составил 98.3 мл/мин, а с резко усиленной двигательной активностью — 97.1 мл/мин (табл. 2).

При введении норадреналина минутный объем кровообращения 70-суточных крысят с неограниченной двигательной активностью увеличился на 34.5 мл/мин, а 100-суточных — на 23.3 мл/мин ($p < 0.01$). У 70-суточных крысят с резко усиленной двигательной активностью увеличение минутного объема кровообращения при введении норадреналина составило 18.8 мл/мин; у группы с усиленной двигательной активностью — 34.8 мл/мин; у животных с резко усиленной двигательной активностью — 61.1 мл/мин.

Уменьшение минутного объема кровообращения крысят с неограниченной двигательной активностью при обзидановой блокаде составило: у 21-суточных — 14.4 мл/мин; 70-суточных — 45.5 мл/мин; 100-суточных — 33.2 мл/мин ($p < 0.01$). Минутный объем кровообращения 70-суточных крысят с резко усиленной двигательной активностью при введении обзидана уменьшился на 36.9 мл/мин; у крысят с усиленной двигательной активностью — на 50.1 мл/мин; у крысят с резко усиленной двигательной активностью — на 69 мл/мин ($p < 0.01$).

Введение доксазозина привело к уменьшению минутного объема кровообращения 100-суточных крысят с неограниченной двигательной активностью на 17.5 мл/мин ($p < 0.05$). Уменьшение минутного объема кровообращения 70-суточных крысят с резко усиленной двигательной активностью при блокаде α_1 -ад-

Таблица 2

Показатели насосной функции сердца крыс, подверженных режиму резко усиленной двигательной активности, после введения норадrenalина, обзидана и доксазозина

Условия регистрации	Возраст животных, сутки					
	70 (n = 25)			100 (n = 41)		
	РУДА → УДА, (n = 23)					
	ЧСС, уд/мин	УОК, мл	МОК, мл/мин	ЧСС, уд/мин	УОК, мл	МОК, мл/мин
Исходная до препаровки	342.2 ± 4.8	0.142 ± 0.002	48.6 ± 0.7	287.5 ± 5.6 [■]	0.342 ± 0.013 [■]	98.3 ± 3.8 [■]
Исходная после препаровки	342.1 ± 5.3	0.137 ± 0.002	46.8 ± 1.0	282.8 ± 5.9 [■]	0.341 ± 0.014 [■]	96.4 ± 4.2 [■]
После введения норадrenalина	425.6 ± 10.9* [#]	0.161 ± 0.021	65.6 ± 5.9* [#]	380.3 ± 11.2* [#]	0.358 ± 0.017 [■]	136.1 ± 6.6* [#]
После введения обзидана	301.7 ± 7.0* [#]	0.127 ± 0.003 [#]	38.7 ± 1.8* [#]	263.5 ± 6.8* [#]	0.297 ± 0.014* [#]	78.3 ± 4.3* [#]
После введения доксазозина	281.5 ± 6.0* [#]	0.110 ± 0.007 [#]	30.9 ± 1.9* [#]	229.6 ± 6.6* [#]	0.241 ± 0.006* [#]	55.3 ± 2.3* [#]

Таблица 2 (продолжение)

Условия регистрации	Возраст животных, сутки		
	100 (n = 41)		
	РУДА, (n = 18)		
	ЧСС, уд/мин	УОК, мл	МОК, мл/мин
Исходная до препаровки	315.4 ± 5.5 [■]	0.308 ± 0.003 [■]	97.1 ± 2.3 [■]
Исходная после препаровки	316.7 ± 8.0 [■]	0.317 ± 0.012 [■]	100.4 ± 3.9 [■]
После введения норадrenalина	392.0 ± 11.6* [#]	0.416 ± 0.022* [#]	163.1 ± 5.6* [#]
После введения обзидана	298.4 ± 6.5* [#]	0.311 ± 0.015* [#]	92.8 ± 4.2* [#]
После введения доксазозина	283.5 ± 6.6* [#]	0.306 ± 0.023* [#]	86.7 ± 3.6* [#]

Примечание. * Достоверность различий от введения к введению фармакологических препаратов ($p < 0.05-0.001$); [#] достоверность различий по сравнению с исходным показателем ($p < 0.05-0.001$); [■] достоверность различий по сравнению с показателями крысят 70-суточного возраста ($p < 0.05-0.001$); [▲] достоверность различий по сравнению с показателями крысят 100-суточного возраста группы РУДА-1 ($p < 0.05-0.001$); РУДА → УДА — с 70-суточного возраста переход с режима резко усиленной двигательной активности на режим усиленной двигательной активности (тренировки 3 раза в неделю); РУДА — резко усиленная двигательная активность (тренировки до 100-суточного возраста — 6 раз в неделю).



ренорецепторов доксазолином составило 7.8 мл/мин; у крысят с усиленной двигательной активностью (режим 1) — 24.1 мл/мин ($p < 0.05$).

Следовательно, к 100-м суткам режим с резко усиленной двигательной активностью по сравнению с неограниченной двигательной активностью способствует более выраженному увеличению минутного объема кровообращения крысят при введении норадреналина и его уменьшению при обзидановой блокаде. При блокаде α_1 -адренорецепторов доксазолином у 70-суточных крысят с резко усиленной двигательной активностью в отличие от группы с неограниченной двигательной активностью установлено достоверное уменьшение минутного объема кровообращения. Значительное увеличение минутного объема кровообращения при введении норадреналина наблюдается у крысят с резко усиленной двигательной активностью. При обзидановой и доксазолиновой блокадах выраженное уменьшение минутного объема кровообращения произошло у крысят с усиленной двигательной активности.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Таким образом, в наших исследованиях было установлено, что в 100-суточном возрасте у крысят с усиленной двигательной активностью показатели частоты сердечных сокращений меньше, а ударного объема крови больше, чем у крысят с резко усиленной двигательной активностью, подверженных мышечной нагрузке максимальной мощности. В показателях минутного объема кровообращения между 100-суточными крысятами обеих подгрупп существенных различий нами не обнаружено, так как при всех режимах тренировки частота сердечных сокращений и ударный объем крови развиваются разнонаправленно [1, 2, 8, 12]. У крысят 100-суточного возраста, подверженных режиму резко усиленной двигательной активности, частота сердечных сокращений меньше, а ударный объем крови и минутный объем кровообращения больше, чем у крысят с неограниченной двигательной активностью. Вместе с тем при резко усиленной двигательной активности к 70-суточному возрасту показатели частоты сердечных сокращений сохраняются на повышенном уровне, а ударный объем крови и минутный объем кровообращения уменьшаются, что установлено ранее в нашей лаборатории [4].

Адренергическое влияние на показатели насосной функции сердца крысят с резко усиленной двигательной активностью более выражено, чем у крысят с неограниченной двигательной активностью при введении норадреналина и обзидана в 100-суточном возрасте, при введении доксазолина — в 70-суточном. Судя по доксазолиновой блокаде, адренергическое влияние на насосную функцию сердца 100-суточных крысят с усиленной двигательной активностью по сравнению с крысятами с резко усиленной двигательной активностью сохраняется на повышенном уровне.

Следовательно, предложенный нами режим резко усиленной двигательной активности малоэффективен для достижения адаптированности насосной функции сердца к мышечной тренировке. Уменьшение объема и интенсивности плавающей тренировки создает условия для оптимальной деятельности сердца, а при мышечной нагрузке максимальной мощности показатели насосной функции сердца не достигают необходимого уровня тренированности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Абзалов Н. И., Зиятдинова А. И., Абзалов Р. Р. Особенности регуляции частоты сердечных сокращений и ударного объема крови крыс в онтогенезе. Бюл. эксперим. биологии и медицины. 142 (7): 16—19. 2006.

- [2] *Абзалов Р. А., Абзалов Р. Р.* Особенности экстракардиальной регуляции функций сердца в переходных периодах от физиологического покоя к мышечным нагрузкам. Теория и практика физ. культуры. 3 : 14—16. 1998.
- [3] *Валеев А. М.* Влияние мышечных тренировок плаванием на развивающийся организм. Теория и практика физ. культуры. 10 : 20—22. 2009.
- [4] *Вахитов И. Х., Абзалов Р. А., Миннахметова Л. Т., Мартьянов О. П.* Показатели насосной функции сердца крысят, подверженных мышечным тренировкам на разных этапах постнатального развития. Бюл. эксперим. биологии и медицины. 139 (5) : 484—486. 2005.
- [5] *Нигматуллина Р. Р.* Показатели сердечного выброса крыс разного возраста при блокаде альфа- и бета-адренорецепторов. Бюл. эксперим. биологии и медицины. 6 : 75. 1999.
- [6] *Чинкин А. С.* Альфа-1 адренергетические рецепторы сердца. Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 1 (1) : 45—60. 2006.
- [7] *Astrand P. O., Cuddy T., Saltin B., Stenberg J.* Cardiac output during submaximal and maximal work. J. Appl. Physiol. 2(19) : 268—273. 1964.
- [8] *Atony J. W.* Cardiac adrenergic control and atrial fibrillation. Naunyn-Schm. Arch. Pharmacol. 381(3) : 235—249. 2010.
- [9] *Vakhitov I. Kh., Abzalov R. A., Safin R. S., Tikhonova O. A.* Changes in stroke volume in rat pups during adaptation to various regimens of motor activity. Bull. Exp. Biol. Med. 133 (3) : 208—209. 2002.
- [10] *Kopoladze R. A.* Regulation of animal experiments — ethics, rules, alternatives. Uspekhi fiziol. nauk. 4 (29) : 74—89. 1998.
- [11] *Kubichek W. G., Kottke F. J., Bamo T. V.* The Minnesoz impedance cardiograph theory and applications. Biomed. End. 9 : 410—416. 1974.
- [12] *Nigmatullina R. R., Abzalov R. A., Khuramshin I. G., Abzalov N. I.* Cardiac pump function in rats of different ages during muscle training and hypokinesia. Neurosci. Behav. Physiol. 86 (12) : 1580—1586. 2000.

Поступила 10 IV 2013
После доработки 18 VI 2013

научная библиотека
КГМУ

ю,
ла-
со-
Ц.
Не
те-
ша
жк-
эм-
ла-
ий-
ий-
зон
П.
ий-
ой-
ю-
им
юо
не-
не
я-
р-
ге,
ж-
ий
р-
ла-
ю,
ла

научная библиотека
КГМУ

Зав. редакцией *Л. Ю. Климова*
Технический редактор *И. М. Кашеварова*
Корректоры *Н. И. Журавлева* и *Г. А. Мирошниченко*
Компьютерная верстка *Л. Н. Напольской*

Лицензия ИД № 02980 от 06 октября 2000 г. Подписано к печати 23.08.13.
Формат 70×100 $\frac{1}{8}$. Печать офсетная. Усл. печ. л. 9.8. Уч.-изд. л. 11.9.
Тираж 152 экз. (в т. ч. МКО и СНГ — 13 экз.). Тип. зак. № 1044. С 134

Санкт-Петербургская издательско-книготорговая фирма «Наука»
199034, С.-Петербург, Менделеевская линия, д. 1
E-mail: main@nauka.nw.ru
Internet: www.naukaspb.com
Редакция «Российского физиологического журнала им. И. М. Сеченова»,
телефон (812)328-37-12

Первая Академическая типография «Наука»
199034, С.-Петербург, 9 линия, д. 12