

УДК 599.323.4:612.17:577.175.823:613.73

Абзалов Р. Р., Максимов В. И., Абзалов Н. И., Абзалов Р. А.

Abzalov R. R., Maksimov V. I., Abzalov N. I., Abzalov R. A.

РОЛЬ СЕРТОНИНА В РЕГУЛЯЦИИ НАСОСНОЙ ФУНКЦИИ СЕРДЦА В УСЛОВИЯХ МЫШЕЧНЫХ ТРЕНИРОВОК

THE ROLE OF SEROTONIN IN REGULATION OF PUMPING FUNCTION OF THE HEART IN TERMS OF MUSCLE WORKOUTS

Исследовано влияние агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов на показатели насосной функции сердца крыс, адаптированных к различным по интенсивности мышечным плавательным тренировкам. Частота сердечных сокращений под влиянием мышечных тренировок в покое уменьшается, а систолический объем крови и минутный объем кровообращения увеличиваются. Чем моложе организм, тем изменения показателей насосной функции сердца более выражены. Максимальная хронотропная реакция сердца на введение агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов с возрастом уменьшается, а систолического объема крови и минутного объема кровообращения – увеличивается. Мышечная тренировка стимулирует данный процесс. Следовательно, регуляторное влияние серотонина на частоту сердечных сокращений с возрастом и при мышечной тренировке ослабевает, а на систолический объем крови и минутный объем кровообращения увеличивается.

Ключевые слова: серотонин, мышечная тренировка, быстрая движений, крысы, 5-HT₂ серотониновых рецепторов.

The influence of the agonist 5-HT₂ serotonin receptors on the indicators of the pumping function of the heart of rats adapted to different intensity muscle swimming training. Heart rate is influenced by muscle training alone reduced, and systolic blood volume and cardiac output increase. The younger the organism, the changes in the indices of the pumping function of the heart is more pronounced. The maximum chronotropic response of the heart to the introduction of agonist 5-HT₂ serotonin receptors decreases with age, and systolic blood volume and minute volume of blood circulation increases. Muscular exercise stimulates this process. Therefore, a regulatory effect of serotonin on heart rate with age and muscle during exercise weakens and the systolic blood volume and cardiac output increases.

Key words: serotonin, muscle training, speed of movement of the rat, 5-HT₂ serotonin receptors.

Абзалов Рустем Ринатович –

кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта Казанский (Приволжский) федеральный университет г. Казань
E-mail: 2902207@gmail.com

Максимов Владимир Ильич –

доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры физиологии, фармакологии, токсикологии им. А. Н. Голикова и И. Е. Мозгова Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии МВА им. К. И.Скрябина г. Москва
E-mail: maxiov@gmail.com

Абзалов Наиль Ильясович –

доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и методики физической культуры и спорта Казанский (Приволжский) федеральный университет г. Казань
E-mail: nailabzalov@mail.ru

Абзалов Ринат Абзалович –

доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта Казанский (Приволжский) федеральный университет г. Казань
E-mail: abzalov2004@mail.ru

Abzalov Rustem Rinatovich –

Ph.D of Biological Sciences, associate Professor of the Department of theory and methodology of physical culture and sports Kazan (Volga) Federal University Kazan
E-mail: 2902207@gmail.com

Maksimov Vladimir Ilyich –

Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor on Physiology, Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology named after A. N. Golikov and I. E. Mozgov of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after Skryabin K. I. Moscow
E-mail: dr.maximov@gmail.com

Abzalov Nail Ilyasovich –

Doctor of Biological Sciences, associate Professor of the Department of theory and methodology of physical culture and sports Kazan (Volga) Federal University Kazan
E-mail: nailabzalov@mail.ru

Abzalov Rinat Abzalovich –

Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor on Physiology, Professor of the Department of theory and methodology of physical culture and sports Kazan (Volga) Federal University Kazan
E-mail: abzalov2004@mail.ru

Введение. Серотонин участвует в регуляции многих физиологических процессов в организме (Chlorincki, 2002; В. А. Гудин, В. И. Максимов, 2009; А. Ф. Якубова, 2011; Р. А. Абзалов и др.,

2012; Р. Р. Абзалов, 2012; А. М. Валеев, 2012). Серотонин играет значительную роль в регуляции насосной функции сердца (Blier, P., Ward N. M., 2003; В. В. Кириллова, 2009; Р. А. Абзалов и др., 2012). Серото-

нин через 5-HT₂ серотониновых рецепторов вызывает или положительную или отрицательную реакцию сердечно-сосудистой системы. Высокая функциональная активность серотонина характерна для раннего этапа постнатального онтогенеза и его влияние на развитие сердца (А. Ф. Якубова, 2011; А. М. Валеев, 2012). Лишь в единичных работах анализируется роль серотонина в регуляции деятельности сердца при мышечных тренировках на выносливость (А. М. Валеев, 2014). Интересными и актуальными представляются исследования в роли серотонина в регуляции показателей насосной функции сердца в условиях воздействия на организм мышечных тренировок различной интенсивности.

Исходя из изложенного, была определена цель исследования – изучить роль агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов в регуляции насосной функции сердца при мышечных тренировках направленных на развитие быстроты движений и скоростной выносливости; а также сформулированы задачи:

- разработать режим плавательной тренировки крыс для развития быстроты движений и скоростной выносливости;
- определить реакцию частоты сердечных сокращений, ударного объема крови и минутного объема кровообращения крыс, подверженных различным режимам мышечных тренировок при стимуляции 5-HT₂ серотониновых рецепторов.

Методы исследований. В соответствии с целью и задачами были определены методы исследования.

Разработан режим плавательных тренировок крыс для развития быстроты движений и скоростной выносливости. Крысы плавали в ванной 6 дней в неделю, 4 раза в день по 3 минуты с 3-х минутным отдыхом между подходами. Максимальный темп выполнения движений тренировки достигался последовательным увеличением массы отягощения от 5 до 16 % собственной массы каждого животного.

Режим плавательных тренировок на развитие общей выносливости нами был использован, ранее разработанный Р. А. Абзаловым (1987).

Методика введения агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов. Для определения максимальных показателей насосной функции крыс 21-, 0-, 100-суточных наркотизировали уретаном (800 мг/кг массы тела). Оценивали максимальную реакцию частоты сердечных сокращений, систолического объема крови и минутного объема кровообращения после введения агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов в дозах 1 мкг/кг, 10 мкг/кг, 30 мкг/кг (Obataatall, 2011). Через 10-15 минут после инъекции наркоза в бедренную вену через катетер вводили агонист 5-HT₂ серотониновых рецепторов (α -methyl-5-hydroxytryptaminmaleat). Каждую последующую дозу вводили через 10 мин.

Результаты исследований. Исходные показатели частоты сердечных сокращений до введения агониста у 21-суточных крыс составили 472,25±5,26 уд/мин. Максимальное уменьшение частоты сердечных сокращений по сравнению с данными в покое в группе 21-суточных крыс произошло на исходе 10-ой минуты после введения 3 дозы препарата и равнялась 54,50 уд/мин. У 70-суточных крыс контрольной группы ЧСС в покое оказалось на 90,99 уд/мин меньше, чем в группе 21-суточных. Максимальное уменьшение частоты сердечных сокращений у 70-суточных крыс контрольной группы произошло на 10-ой минуте после введения 3 дозы препарата и составило 85,68 уд/мин. В контрольной группе 100-суточных крыс частота сердечных сокращений до препарата оказалась на уровне 341,68±7,18 уд/мин, что на 39,61 уд/мин меньше, чем показатели 70-суточных крыс. Следовательно, урежение частоты сердечных сокращений в возрастном диапазоне от 21 до 70 суток на 51,38 уд/мин больше, чем разница между данными частоты сердечных сокращений 70- и 100-суточных крыс. Максимальное уменьшение частоты сердечных сокращений у 100-суточных крыс контрольной группы произошло после введения 3 дозы агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов на 10 минуте и составило 149,33 уд/мин.

Максимальная разница в виде уменьшения частоты сердечных сокращений в группе 70-суточных крыс, тренированных к быстроте движений составила 29,85 уд/мин. при введении 3 дозы агониста на 10 мин. В группе 70-суточных крыс, адаптированных на развитие выносливости, максимальное уменьшение частоты сердечных сокращений произошло после введения 3 дозы агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов на 10 мин. и равнялось 50,03 уд/мин.

Таким образом, регуляторное влияние серотонина на хронотропию сердца в раннем постнатальном онтогенезе выражено значительно и с возрастом оно ослабевает. Это имеет важное значение, когда регуляторное влияние на сердце адренергических и холинергических механизмов еще мало выражены. Мышечная тренировка способствует замедлению темпов уменьшения регуляторного влияния серотонина на хронотропию. Следовательно, установлено гетерохронное развитие механизмов регуляции сердца.

Показатели систолического объема крови, которые во многом зависят от сократительной способности сердца, претерпевают изменения в условиях мышечных тренировок различной интенсивности. У 21-суточных крыс систолический объем крови составил 0,071±0,004 мл., к 70 суткам у крыс контрольной группы систолический объем крови достигает 0,260±0,011 мл. У 100-суточных крыс контрольной группы показатели систолического объема кровисоставляют 0,301±0,015 мл. В возрастном диапазоне от 21-суточного до 70-суточного возраста крыс контрольной группы систолический объем кро-

ви увеличивается на 0,189 мл., а в промежутке между 70 и 100 сутками крыс контрольной группы систолический объем крови увеличивается на 0,041 мл. Чем моложе крысы, тем выше темпы роста систолического объема крови. В возрастном диапазоне от 21-го до 70-ти суток регуляторное влияние серотонина на сердце самое значительное.

У 70-суточных крыс, тренированных на выносливость, максимальное уменьшение систолического объема кровяного происхождения после введения 3 дозы агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов на 6 минуте и составило 0,054 мл, а у крыс, адаптированных к скорости движений и скоростной выносливости, – 0,029 мл. Сдвиги систолического объема крови при введении разных доз агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов у крыс, тренированных на общую выносливость, выше, чем у подверженных скорости движений и скоростной выносливости. У 100-суточных крыс, адаптированных к мышечной тренировке на быстроту движений, при введении 3 дозы агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов на 10 мин. происходит максимальное уменьшение систолического объема кровяного происхождения 0,058 мл, а адаптированных к выносливости – 0,081 мл. Следовательно, мышечная тренировка на развитие общей выносливости приводит к более выраженной реакции уменьшения систолического объема крови.

Интегративным показателем насосной функции сердца является минутный объем кровообращения. У 21-суточных крысят показатели минутного объема кровообращения в покое составили 33,53±1,51 мл/мин. К 70-суточному возрасту минутный объем кровообращения в контрольной группе достиг 99,12±6,55 мл/мин. У 100-суточных крыс контрольной группы минутный объем кровообращения по сравнению с данными 70-тисуточных возрастов на 3,71 мл/мин. У 21-суточных крысят максимальное уменьшение минутного объема кровообращения произошло при введении 3 дозы агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов на 10 мин. и составило 17,66 мл/мин, а у 100-суточных крыс контрольной группы – 16,89 мл/мин. У 70-суточных крыс, адаптированных к скорости движений, максимальное уменьшение минутного объема кровообращения произошло после

введения 3 дозы агониста на 10 мин. и составило 17,54 мл/мин, а у тренированных к выносливости – 21,31 мл/мин. У 100-суточных крыс, адаптированных к скорости движений и скоростной выносливости, максимальный сдвиг минутного объема кровообращения происходит при введении 3 дозы агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов на 10 мин. и составил 30,54 мл/мин, а у адаптированных к выносливости – 33,11 мл/мин.

Следовательно, результаты исследований позволяют утверждать, что с возрастом у крыс зависимость минутного объема кровообращения от регуляторного влияния серотонина увеличивается. Влияние серотонина на минутный объем кровообращения у крыс, тренированных к скорости движений и скоростной выносливости, ниже, чем у животных, адаптированных к общей выносливости. Серотонин является медиатором центральной нервной системы и от уровня его функциональной активности во многом зависит характер проявления механизмов регуляции насосной функции сердца.

Заключение.

Таким образом, было установлено:

- частота сердечных сокращений крыс с возрастом и под влиянием мышечных тренировок, особенно направленных на развитие общей выносливости, уменьшается. Показатели систолического объема крови и минутного объема кровообращения с возрастом и под влиянием мышечных тренировок увеличиваются. При этом, чем моложе организм крыс, тем изменения насосной функции сердца более выражены.
- максимальная хронотропная реакция сердца у крыс на введение различных доз агониста 5-HT₂ серотониновых рецепторов с возрастом уменьшается.
- регуляторная зависимость систолического объема крови и минутного объема кровообращения от серотонина у крыс с возрастом, особенно при мышечной тренировке, возрастает. У животных, адаптированных к общей выносливости, данная зависимость выражена в большей мере, чем у тренированных к развитию скорости движений и скоростной выносливости.

Литература

1. Абзалов Р. А. Регуляция функций сердца неполовозрелого организма при различных двигательных режимах: дис. ... д-ра биол. наук. Казань, 1987. 358 с.
2. Гудин В. А., Максимов В. И. Закономерности структурно-физиологического созревания серотонинергической системы овец в постнатальном периоде онтогенеза // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. № 1. С. 69–71.
3. Влияние агониста 5-HT₂ рецепторов на насо-

References

1. Abzalov R. A. Regulation of heart functions of immature body in different locomotor modes : dis. ... doctor. Biol. Sciences / R. A. Abzalov. Kazan, 1987. 358 p.
2. Gudini V. A., Maksimov V. I. Regularities of the structural-physiological maturation of the serotonergic system in sheep in the postnatal period of ontogenesis // Herald of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2009. № 1. p. 69–71.
3. Effect of the agonist 5-HT₂ receptors to the pumping function of the heart of trained rats

- сную функцию сердца тренированных крысят, родившихся от тренированных самок / А. М. Валеев, Н. И. Абзалов, Р. А. Абзалов, Р. Р. Нигматуллина, Р. Р. Абзалов, А. С. Никитин // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2012. Т. 153. № 3. С. 292–295.
4. Показатели насосной функции сердца крыс в условиях воздействия агониста 5-HT₂ рецепторов / Р. А. Абзалов, Н. И. Абзалов, А. М. Валеев, Р. Р. Абзалов, А. С. Никитин, Э. З. Вафина / Ветеринарный врач. 2012. № 3. С. 46–49.
 5. Роль агониста 5-HT_{2B}-рецепторов серотонина в регуляции насосной функции сердца / Р. А. Абзалов, Р. Р. Абзалов, А. М. Валеев, Н. И. Абзалов, А. А. Гуляков // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2015. Т. 159, № 3. С. 278–281.
 6. Якупова А. Ф. Влияние агонистов серотониновых рецепторов на сократимость миокарда в постнатальном онтогенезе крыс : дис... канд. мед. наук. Казань, 2011. 147 с.
 7. Blier P., Ward N. M. Isthearolefor 5HT-1A-agonistsinthetreatmentofdepression // Biol. Psychiat. 2003. Vol. 53. P. 193–203.
 8. Chlopincki S., Kozlovski V. I., Gryglewski R. NO-dependent vasodilatation induced by nebivolol in coronary circulation is not mediated by α -adrenoceptors or by 5-HT_{1A}-receptors // J. Physiol. Pharmacol. 2002. Vol. 53. P. 615–624.
- born from females trained / A. M. Valeev, N. I. Abzalov, R. A. Abzalov, R. R. Nigmatullina, R. R. Abzalov, A. S. Nikitin // Bulletin of experimental biology and medicine. 2012. Vol. 153, Is. 3. p. 292–295.
 4. The Indicators of the pumping function of the heart of rats under exposure to the agonist 5-HT₂ receptors / R. A. Abzalov, N. I. Abzalov, A. M. Valeev, R. R. Abzalov, A. S. Nikitin, E. Z. Vafina // Veterinarian. 2012. № 3. p. 46–49.
 5. The role of the agonist 5-HT_{2B} receptors of serotonin in the regulation of the pumping function of the heart / R. A. Abzalov, R. R. Abzalov, A. M. Valeev, N. I. Abzalov, A. A. Gulyakov // Bulletin of experimental biology and medicine. 2015. Vol. 159, Is. 3. p. 278–281.
 6. Yakupova A. F. Effect of agonists of serotonin receptors on contractility of myocardium in postnatal ontogenesis of rats : diss. ... cand. med. sciences. Kazan, 2011. 147 p.
 7. Blier P., Ward N. M. Is the a role for 5HT-1A-agonists in the treatment of depression // Biol. Psychiat. 2003. Vol. 53. p. 193–203.
 8. Chlopincki S., Kozlovski V. I., Gryglewski R. NO-dependent vasodilatation induced by nebivolol in coronary circulation is not mediated by α -adrenoceptors or by 5-HT_{1A}-receptors // J. Physiol. Pharmacol. 2002. Vol. 53. p. 615–624.