

Активность ферментов в тканях скелетных мышц у морских свинок под функциональной нагрузкой

Н. В. Мардарьева¹✉, М. Г. Терентьева¹, Г. А. Ларионов¹

¹ Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, Чебоксары, Россия

✉ E-mail: volga480@yandex.ru

Аннотация. Исследование направлено на выявление характера и интенсивности возрастных изменений активности ферментов АсАТ и АлАТ в условиях прозериновой нагрузки в тканях трехглавой мышцы плеча, большой грудной мышцы, прямой мышцы живота, ягодичной и икроножной мышц у морских свинок, выращенных в условиях УНПЦ «Студенческий» ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия». **Методология и методы.** Активность ферментов АсАТ и АлАТ определяли универсальным методом С. Рейтмана и С. Френкеля (1957) в модификации В. В. Меньшикова (1977) спектрофотометрическим методом в научной лаборатории Чувашской ГСХА. Статистическую достоверность определяли критерием Стьюдента по Р. Х. Тукшаитову (2001). **Результаты и область применения:** анализ изменений активности ферментов аспартат- и аланинаминотрансфераз свидетельствует о том, что при нагрузке путем введения прозерина в тканях скелетных мышц обнаруживаются закономерные изменения всех изучаемых показателей с определенными особенностями в зависимости от возраста животного и вида скелетной мышцы. Согласованность изменений изучаемых показателей у разновозрастных морских свинок проявляется в том, что в экспериментальных условиях выявляются увеличение в тканях скелетных мышц активности ферментов аланин- и аспаратаминотрансфераз. **Научная новизна исследования** заключается в том, что в условиях функциональной нагрузки выявлено, что изменения активности данных ферментов связаны с ростом и развитием мышц в постнатальный период, в том числе и различными сменяющимися фазами совершенствования структурно-функциональной организации органов и организма в целом.

Ключевые слова: морские свинки, трехглавая мышца плеча, большая грудная мышца, прямая мышца живота, ягодичная и икроножная мышцы, «Прозерин», аспаратаминотрансфераза, аланинаминотрансфераза.

Для цитирования: Мардарьева Н. В., Терентьева М. Г., Ларионов Г. А. Активность ферментов в тканях скелетных мышц у морских свинок под функциональной нагрузкой // Аграрный вестник Урала. 2020. № 04 (195). С. 64–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-195-4-64-70.

Дата поступления статьи: 05.02.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Глубокие сдвиги в метаболизме и других функциях в организме, наступающие в течение его индивидуального развития, связаны с уровнем активности ферментных систем. В связи с этим изучение закономерностей становления и совершенствования ферментных систем и определение специфических путей обмена веществ становятся весьма актуальными [1, с. 2169], [2, с. 164].

Синтез ферментов подчинен генетическому контролю, и их уровень в организме контролируется наследственностью. Вместе с тем на уровень ферментов в крови и тканях органов животных влияют и многочисленные внешние факторы, в том числе особенности технологии выращивания. Ферменты являются наиболее информативным показателем здоровья животных. Количество ферментов свидетельствует о целостности клеток тканей организма в целом. Структурно-химическая перестройка мышц и их дифференцировка и специализация сопровождаются большими изменениями активности различных ферментов.

В научной литературе реже встречается одновременное изучение возрастных изменений активности фермен-

тов в тканях мышц, чем таковое в тканях внутренних органов [3, с. 50], [4, с. 82], [5, с. 55], [6, с. 12], [7, с. 67], [8, с. 1226], [9, с. 7002], [10, с. 2], [11, с. 30], [12, с. 32].

По данным некоторых литературных источников можно сделать вывод, что изучения биохимического развития и структурно-функционального совершенствования мышц в постнатальный период у морских свинок очень малочисленны. Сведения о таких внутриклеточных ферментах, как аспаратаминотрансфераза (АсАТ) и аланинаминотрансфераза (АлАТ), в тканях скелетных мышц у морских свинок в постнатальном системогенезе под функциональной нагрузкой нами не выявлены.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены на лабораторных морских свинках. Морские свинки содержались в условиях вивария УНПЦ «Студенческий» Чувашской ГСХА согласно всем зоогигиеническим требованиям звероводческих ферм. Тип кормления лабораторных животных – комбинированный, с основными питательными веществами, витаминами, макро- и микроэлементами в соответствии рекомендуемым нормам, при соблюдении соответствующих зоотехнических и ветеринарных требований [13,

с. 44], [14]. Животных разделили на две группы – контрольную и подопытную. Нами изучались активности ферментов АсАТ и АлАТ в тканях трехглавой мышцы плеча, большой грудной мышцы, прямой мышцы живота, ягодичной и икроножной мышц [10, с. 9], [15, с. 456], [16, с. 225], [17, с. 4706].

Функциональную нагрузку у новорожденных и физиологически зрелых животных проводили препаратом «Прозерин» для определения потенциальных возможностей функциональных систем организма. Опыты проводили по схеме: контрольным животным (6 голов в каждом возрастном сроке) вводили физиологический раствор в зависимости от возраста и массы, подопытным – «Прозерин» в дозе 0,5 мг на 1 кг массы животного. Для получения тканей мышц осуществляли убой через полчаса. При такой дозировке «Прозерина» можно наблюдать клиническую картину действия препарата. В каждом периоде функциональной нагрузки (30, 180 и 360 минут после введения «Прозерина») проводили убой животных по 6 голов. Все манипуляции, в том числе и эвтаназию, выполняли с правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных [18]. Мышцы извлекали, очищали, промывали холодным физиологическим раствором, пробы замораживали в жидком азоте для дальнейших исследований. В гомогенатах тканей скелетных мышц определяли активности АсАТ и АлАТ колориметрированием (КФК-2) и одновременно спектрофотометрированием (UV-1800) в научной лаборатории Чувашской ГСХА с использованием набора реагентов компании ОАО «Витал Девелопмен Корпорэйшн» (г. Санкт-Петербург) по общепринятым методикам.

Результаты (Results)

Нами определены активность ферментов АсАТ и АлАТ под функциональной нагрузкой (путем введения подкожно «Прозерина») в тканях вышеназванных мышц у новорожденных и физиологически зрелых морских свинок. Результаты исследований представлены в диаграммах.

В тканях трехглавой мышцы плеча (рис. 1) изменения активности ферментов в условиях прозериновой нагрузки у 6-суточных морских свинок наблюдается в 360-минутном периоде исследований (активность АлАТ повышается на 19,3 %, $p < 0,05$). Достоверное изменение активности АсАТ обнаруживается и во втором, и в третьем периодах (увеличиваются на 24,7 % и на 23,6 % соответственно, $p < 0,01$). Аналогичные изменения в таких же условиях происходят и у физиологически зрелых морских свинок (возраст – 2 месяца): активность АсАТ и АлАТ возрастает на 18,6 % и на 16,6 %, $p < 0,05$.

В тканях большой грудной мышцы (рис. 2) у 6-суточных морских свинок достоверные изменения активности изучаемых ферментов наблюдаются во всех трех периодах исследований. Активность АсАТ в 30 и 180 минут исследования повышается на 14,2 % ($p < 0,01$) и на 47,4 % ($p < 0,001$) соответственно, а в 360 минут изменения незначительны – на 26,2 % ($p < 0,001$). Аналогичные изменения активности АлАТ наблюдаются после всех периодов функциональной нагрузки: поднимается на 13,6 % после 30 минут действия препарата ($p < 0,05$), после 180- и

360-минутного действия – на 22,8 % ($p < 0,01$) и на 21,4 %, ($p < 0,01$) соответственно.

По сравнению молодыми у физиологически зрелых морских свинок (60 суток) значительные изменения под функциональной нагрузкой наблюдаются в первом периоде (после 30 минут действия препарата): активность АсАТ повышается на 32,0 % ($p < 0,001$). Во втором периоде (180 минут) достоверно возрастает активность АлАТ на 13,1 % ($p < 0,05$), активность АсАТ повышается на 25,4 % ($p < 0,01$). В третьем периоде опыта (360 минут) изменения данных показателей недостоверные.

Достоверные изменения активности АлАТ и АсАТ наблюдаются в тканях ягодичной мышцы (рис. 3) у 6-суточных молодых морских свинок только в последнем, 360-минутном, периоде исследований: увеличивается активность АлАТ на 14,8 % ($p < 0,05$), активность АсАТ – на 26,6 % ($p < 0,001$). Достоверное повышение АсАТ наблюдается и в 180-минутном периоде опыта, на 14,1 % ($p < 0,05$), но не существенно по сравнению с вторым периодом. У физиологически зрелых морских свинок (60 суток) достоверное увеличение изучаемых показателей определяется, наоборот, в начальном периоде исследований (30 минут после введения «Прозерина»): активность АсАТ – на 25,2 % ($p < 0,001$), активность АлАТ – на 16,8 % ($p < 0,05$). А в последующие периоды исследований (180 и 360 минут) показатели активности данных ферментов приближаются к контрольному.

По сравнению с другими тканями исследуемых скелетных мышц в тканях икроножной мышцы (рис. 4) у молодых (6 суток) морских свинок активность ферментов достоверно повышаются только в 180-минутном периоде опыта: активность АсАТ – на 30,2 % ($p < 0,01$), активность АлАТ – на 22,5 % ($p < 0,01$). К концу опыта данные показатели доходят до контрольной позиции.

У физиологически зрелых морских свинок (60 суток) активность АсАТ и АлАТ находится в значимой степени и достоверно повышается лишь в 30-минутном действии препарата: на 26,1 % ($p < 0,05$) и на 18,8 % ($p < 0,05$) соответственно. К 360-минутному действию «Прозерина» активность данных ферментов приравниваются контрольным величинам.

В тканях прямой мышцы живота (рис. 5) в начальный и конечный периоды действия препарата у 6-суточных морских свинок активность фермента АсАТ в условиях нагрузки «Прозерином» достоверно возрастает на 14,1 % ($p < 0,05$) и на 31,6 % ($p < 0,001$) соответственно. Такое же повышение активности данного фермента наблюдается и у 60-суточных морских свинок в первом и во втором периодах опыта на 16,9 % ($p < 0,05$) и на 17,7 % ($p < 0,05$).

По сравнению с активностью АсАТ активность фермента АлАТ у 6-суточных морских свинок достоверно поднимается во втором периоде опыта (180 минут) на 15,7 % ($p < 0,05$) и более выражено – в третьем периоде (360 минут) – на 23,8 % ($p < 0,01$). У физиологически зрелых морских свинок активность АлАТ достоверно возрастает в 30-минутном и 180-минутном действии препарата на 14,8 % ($p < 0,05$) и на 15,5 % ($p < 0,05$) соответственно. Третий период опыта показывает активность ферментов на контрольном уровне.

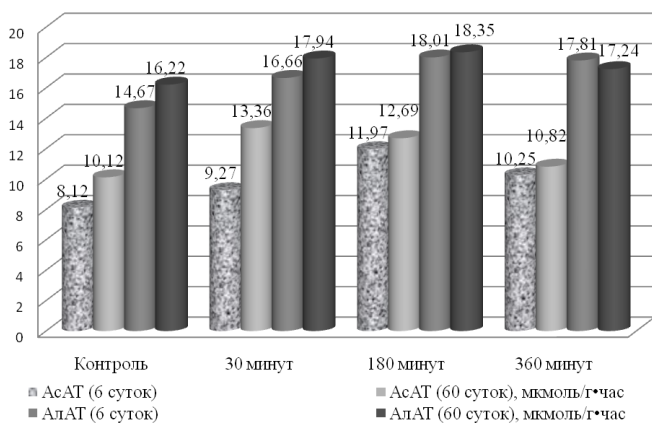


Рис. 1. Активность ферментов АсАТ и АлАТ в тканях большой грудной мышцы у 6- и 60-суточных морских свинок при введении «Прозерина»

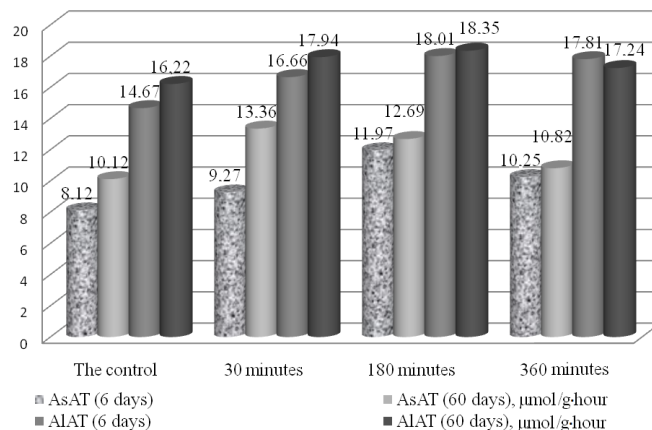


Fig. 1. The activity of the enzymes AsAT and ALAT in the tissues of the pectoralis major muscle in 6- and 60-day-old guinea pigs with the introduction of "Proserin"

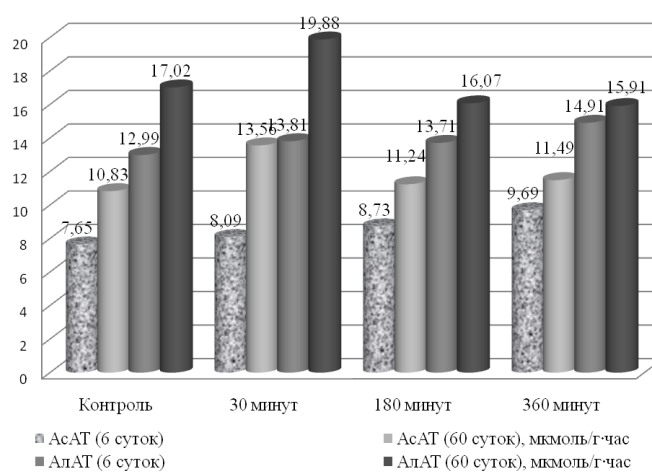


Рис. 2. Активность ферментов АсАТ и АлАТ в тканях ягодичной мышцы у 6- и 60-суточных морских свинок при введении «Прозерина»

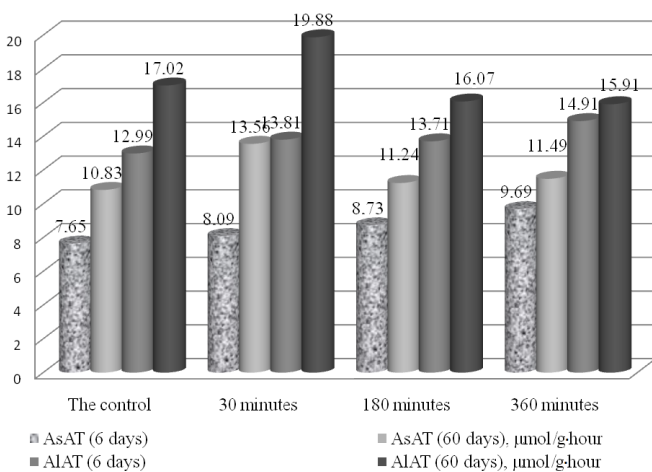


Fig. 2. The activity of the enzymes AsAT and ALAT in the tissues of the gluteal muscle in 6- and 60-day-old guinea pigs with the introduction of "Proserin"

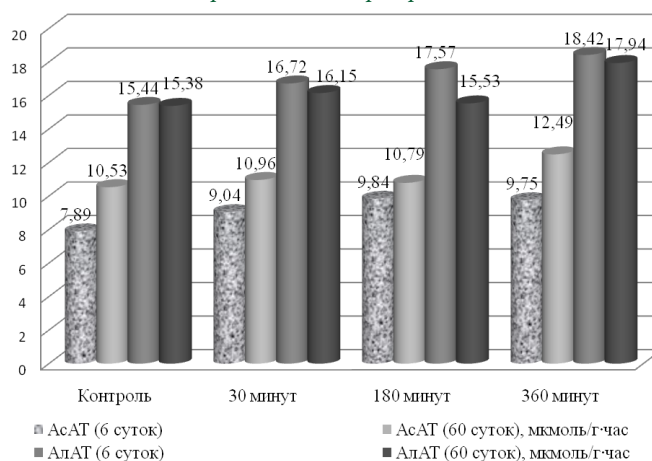


Рис. 3. Активность ферментов АсАТ и АлАТ в тканях трехглавой мышцы плеча у 6- и 60-суточных морских свинок при введении «Прозерина»

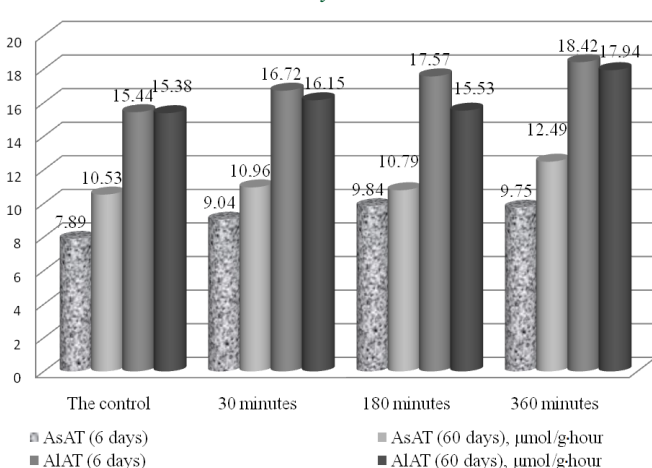


Fig. 3. The activity of the enzymes AsAT and ALAT in the tissues of the triceps muscle of the shoulder in 6- and 60-day-old guinea pigs with the introduction of "Proserin"

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Изучаемые показатели у молодых и взрослых морских свинок в условиях прозериновой нагрузки в разных скелетных мышцах имеют разные значения. Различия изменений проявляются в неодинаковой скорости развития, степени выражения и продолжительности реакции. У молодых (6 суток) морских свинок под прозеринивой нагрузкой показатели активности ферментов АсАТ и АлАТ

в тканях исследуемых мышц увеличиваются со временем, достигая максимальных величин к концу опыта.

У физиологически зрелых (60 суток) морских свинок после нагрузки препаратом в тканях скелетных мышц значительные изменения активности ферментов АсАТ и АлАТ наблюдаются уже первый период (30 минут), после происходит возобновление со временем до контрольного уровня исходных величин. В некоторых скелетных мыш-

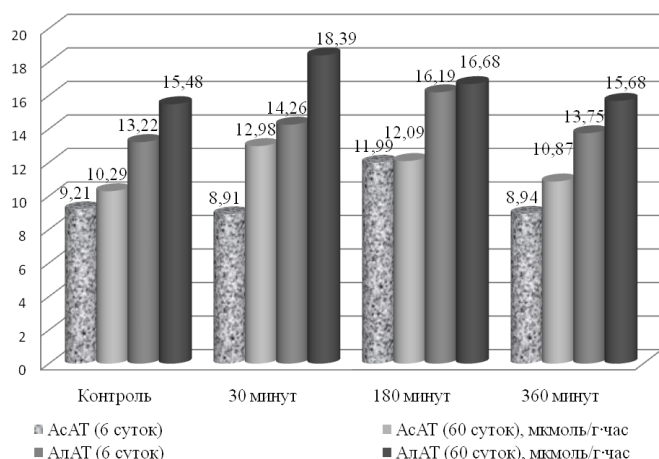


Рис. 4. Активность ферментов АсАТ и АлАТ в тканях икроножной мышцы у 6- и 60-суточных морских свинок при введении «Прозерина»

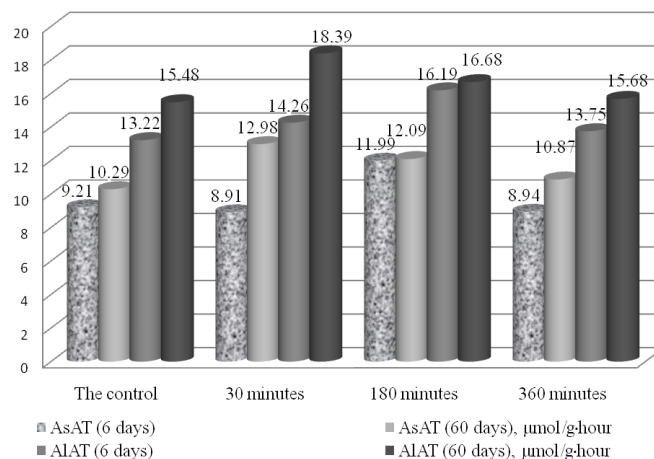


Fig. 4. The activity of the enzymes AsAT and ALAT in the tissues of the gastrocnemius muscle in 6- and 60-day-old guinea pigs with the introduction of "Proserin"

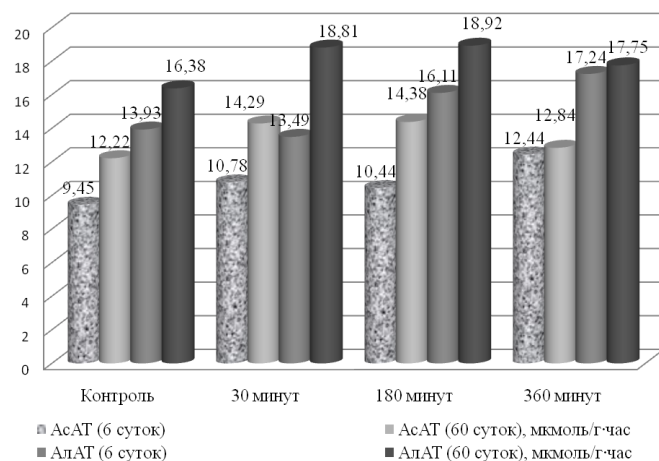


Рис. 5. Активность ферментов АсАТ и АлАТ в тканях прямой мышцы живота у 6- и 60-суточных морских свинок при введении «Прозерина»

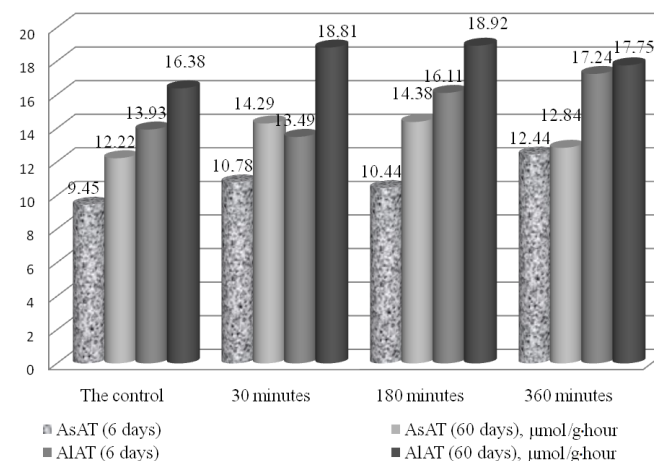


Fig. 5. The activity of the enzymes AsAT and ALAT in the tissues of the rectus muscle of the abdomen in 6- and 60-day-old guinea pigs with the introduction of "Proserin"

цах выявляются отдельные особенности в реакциях тканей (ферментов) на введение «Прозерина». Выраженные изменения активности ферментов наблюдаются в тканях большой грудной мышцы и прямой мышцы живота, а менее – в тканях ягодичной и икроножной мышц. Но характер и степень изменений активности ферментов в тканях трехглавой мышцы плеча у 6- и 60-суточных морских свинок в условиях нагрузки имеют одинаковые значения.

Наши исследования подтверждают теорию системогенеза П. К. Анохина о том, что к моменту рождения функциональная система несовершенна и имеет более низкие

функциональные возможности. Поэтапное совершенствование уже сформированных и действующих компонентов системы идет в процессе постнатального развития.

Все приведенные данные настоящего исследования приводят к выводу о необходимости разностороннего подхода к использованию различных лекарственных препаратов, стимуляторов, модуляторов. Они обосновывают требования о необходимости учета функционального состояния отдельных тканей, органов и систем организма, а также возрастных особенностей животного.

Библиографический список

1. Судаков К. В. Развитие теории функциональных систем в научной школе П. К. Анохина // Вестник Международной академии наук. Русская секция. 2011. № 1. С. 1–5.
2. Крейк А. И. Ключевая идея теории функциональных систем П. К. Анохина // Материалы и методы инновационных исследований и разработок: сборник международной научно-практической конференции. Уфа, 2016. С. 164–166.
3. Силукова А. Н., Игнатьев Н. Г., Ефремова Г. М. Фосфатазы и α-амилаза в тканях печени у крольчат в переходную и растительную фазы питания // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 1 (33). С. 50–55.
4. Игнатьев Н. Г., Иванова А. Н. Активность фосфатаз и амилазы в тканях печени у крольчат при введении этанола // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2015. Т. 221. № 1. С. 82–85.

5. Игнатъев Н. Г., Иванова А. Н. Уровень трансфераз в тканях печени у разновозрастных крольчат при этаноловой нагрузке // Современное общество: проблемы, идеи, инновации. 2015. № 4. С. 55–59.
6. Игнатъев Н. Г., Терентьева М. Г. Активность гамма-глутамилтрансферазы в тканях желудка у поросят // Аграрный вестник Урала. 2011. № 9 (88). С. 12–13.
7. Терентьева М. Г. Аминотрансферазы и фосфатазы прямой кишки у разновозрастных поросят // Аграрный вестник Урала. 2010. № 5 (71). С. 67–68.
8. Фисинин В. И., Егоров И. А., Вертипрахов В. Г., Грозина А. А., Ленкова Т. Н., Манукян В. А., Егорова Т. А. Активность пищеварительных ферментов в дуоденальном химусе и плазме крови у исходных линий и гибридов мясных кур при использовании биологически активных добавок в рационе // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 6. С. 1226–1233. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1226 rus.
9. Chamberlin W. G., Middleton J. R., Spain J. N., Johnson G. C., Ellersieck, Pithua P. Subclinical hypocalcemia, plasma biochemical parameters, lipid metabolism, postpartum disease, and fertility in postparturient dairy cows // Journal of Dairy Science American [Dairy Science Association]. 2013. Pp. 7002–7011. DOI: 10.3168/jds.2013-6901.
10. Bilski J., Mazur-Bialy A., Wojcik D., Zahradnik-Bilska J., Brzozowski B., Magierowski M., Mach T., Magierowska K., Brzozowski T. The Role of Intestinal Alkaline Phosphatase in Inflammatory Disorders of Gastrointestinal Tract // Mediators of Inflammation. 2017. Pp. 1–9. DOI: 10.1155/2017/9074601.
11. Нестерова О. П., Прокопьева М. В. Изменение активности аминотрансфераз в тканях желудка кроликов в онтогенезе // Естественные и технические науки. 2018. № 5 (119). С. 30–31.
12. Игнатъев Н. Постнатальный период онтогенеза у свиней // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2016. № 8. С. 32–36.
13. Ларионов Г. А., Чеченешкина О. Ю., Мардарьева Н. В., Щипцова Н. В. // Российский журнал. Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2019. № 1 (29). С. 44–49. DOI: 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201901007.
14. Гигиена содержания животных: учебник / А. Ф. Кузнецов, В. Г. Тюрин, В. Г. Семенов, В. Г. Софронов ; под ред. А. Ф. Кузнецова. Санкт-Петербург: Лань, 2017. 380 с.
15. Mardaryev A. N., Mardaryeva N. V., Larionov G. A., Gordova V. S. Dynamics of Cbx7 Expression in the Epidermis after Wounding of the Skin // Russian Journal of Physiology. 2019. No. 4. Pp. 456–464. DOI: 10.1134/S0869813919040034.
16. Fawley J., Gourlay D. M. Intestinal alkaline phosphatase: a summary of its role in clinical disease // Journal of Surgical Research. 2016. Pp. 225–234. DOI: 10.1016/j.jss.2015.12.008.
17. Schwartz-Zimmermann H. E., Fruhmman P., Dänicke S., Wiesenberger G., Caha S., Weber J. Metabolism of Deoxynivalenol and Deepoxy-Deoxynivalenol in Broiler Chickens, Pullets, Roosters and Turkeys // Toxins. 2015. Pp. 4706–4729. DOI: 10.3390/toxins7114706.
18. Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных: Приложение к приказу Министерства здравоохранения СССР № 775 от 12.03.1977 [Электронный ресурс] // Консорциум кодекс. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456016716>.

Об авторах:

Наталья Валерьевна Мардарьева¹, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологий и переработки сельскохозяйственной продукции, ORCID 0000-0001-7863-7245, AuthorID 377861; +7 927 841-12-21, volga480@yandex.ru
 Майя Генриховна Терентьева¹, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологий и переработки сельскохозяйственной продукции, ORCID 0000-0001-5767-6720, AuthorID 899208

Геннадий Анатольевич Ларионов¹, доктор биологических наук, профессор кафедры биотехнологий и переработки сельскохозяйственной продукции, ORCID 0000-0001-6414-5995, AuthorID 774230

¹ Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, Чебоксары, Россия

Enzyme activity in skeletal muscle tissues in guinea pigs under functional load

N. V. Mardaryeva^{1✉}, M. G. Terentyeva¹, G. A. Larionov¹

¹ Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia

✉E-mail: volga480@yandex.ru

Abstract. The study is aimed at identifying the nature and intensity of age-related changes in the activity of AsAT and AlAT enzymes under a load of “Proserin” in the tissues of the triceps brachii, pectoralis major muscle, rectus abdominis, gluteus and calf muscles in guinea pigs grown under the conditions of the Scientific and Educational Center “Studentcheskiy” of FSBEI HE “Chuvash State Agricultural Academy”. **Methodology and methods:** The activity of the enzymes AsAT and AlAT was determined by the universal method of S. Wrightman and S. Frenkel (1957) in the modification of V. V. Menshikov (1977) by the spectrophotometric method in the scientific laboratory of Chuvash State Agricultural Academy. Statistical reliability was

determined by Student's criterion according to R. Kh. Tukshaitov (2001). **Results and scope:** analysis of changes in the activity of the enzymes aspartate and alanine aminotransferases indicates that during loading by introducing "Proserin" in the tissues of skeletal muscles, regular changes in all studied parameters with certain features depending on the age of the animal and the type of skeletal muscle are detected. The consistency of changes in the studied parameters in guinea pigs of different ages is manifested in the fact that, under experimental conditions, an increase in the activity of alanine and aspartate aminotransferase enzymes in the tissues of skeletal muscles is detected. **The scientific novelty** of the study lies in the fact that under conditions of functional load it was revealed that changes in the activity of these enzymes are associated with muscle growth and development in the postnatal period, including various alternating phases of improving the structural and functional organization of organs and the body as a whole.

Keywords: guinea pigs, triceps brachii, pectoralis major muscle, rectus abdominis, gluteus and calf muscles, "Proserin", aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase.

For citation: Mardaryeva N. V., Terentyeva M. G., Larionov G. A. Aktivnost' fermentov v tkanyakh skeletnykh myshts u morsikh svinok pod funktsional'noy nagruzko [Enzyme activity in skeletal muscle tissues in guinea pigs under functional load] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 04 (195). Pp. 64–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-195-4-64-70. (In Russian.)

Paper submitted: 05.02.2020.

References

1. Sudakov K. V. Razvitiye teorii funktsional'nykh sistem v nauchnoy shkole P. K. Anokhina [The development of the theory of functional systems in the scientific school of P. K. Anokhin] // Herald of the International Academy of Science. Russian Section. 2011. No. 1. Pp. 1–5. (In Russian.)
2. Kreyk A. I. Klyuchevaya ideya teorii funktsional'nykh sistem P. K. Anokhina [The key idea of the theory of functional systems P. K. Anokhin] // Materialy i metody innovatsionnykh issledovaniy i razrabotok: sbornik mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ufa, 2016. Pp. 164–166. (In Russian.)
3. Silyukova A. N., Ignatyev N. G., Efremova G. M. Fosfatazy i α -amilaza v tkanyakh pecheni u krol'chat v perekhodnuyu i rastitel'nuyu fazy pitaniya [Phosphatases and α -amylase in the liver tissue of rabbits in the transitional and plant phases of nutrition] // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2016. No. 1 (33). Pp. 50–55. (In Russian.)
4. Ignatyev N. G., Ivanova A. N. Aktivnost' fosfataz i amilazy v tkanyakh pecheni u krol'chat pri vvedenii etanola [The activity of phosphatases and amylases in the tissues of the liver in rabbits with the introduction of ethanol] // Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Baumana. 2015. T. 221. No 1. Pp. 82–85. (In Russian.)
5. Ignatyev N. G., Ivanova A. N. Uroven' transferaz v tkanyakh pecheni u raznovozrastnykh kro'chat pri etanolovoy nagruzke [The level of transferases in the tissues of the liver in rabbits of different ages with ethanol loading] // Sovremennoe obshchestvo: problemy, idei, innovatsii. 2015. No. 4. Pp. 55–59. (In Russian.)
6. Ignatyev N. G., Terentyeva M. G. Aktivnost' gamma-glutamyltransferazy v tkanyakh zheludka u porosyat [The activity of gamma-glutamyltransferase in the tissues of the stomach in piglets] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. No. 9 (88). Pp. 12–13. (In Russian.)
7. Terentyeva M. G. Aminotransferazy i fosfatazy pryamoy kishki u raznovozrastnykh porosyat [Aminotransferases and phosphatases of the rectum in pigs of different ages] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2010. No. 5 (71). Pp. 67–68. (In Russian.)
8. Fisnin V. I., Egorov I. A., Vertiprakhov V. G., Grozina A. A., Lenkova T. N., Manukyan V. A., Egorova T. A. Aktivnost' pishchevaritel'nykh fermentov v duodenal'nom khimuse i plazme krovi u iskhodnykh liniy i gibridov myasnykh kur pri ispol'zovanii biologicheskii aktivnykh dobavok v ratsione [The activity of digestive enzymes in the duodenal chyme and blood plasma in the initial lines and hybrids of meat chickens when using dietary supplements in the diet] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2017. T. 52. No. 6. Pp. 1226–1233. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1226 rus. (In Russian.)
9. Chamberlin W. G., Middleton J. R., Spain J. N., Johnson G. C., Eilersieck, Pithua P. Subclinical hypocalcemia, plasma biochemical parameters, lipid metabolism, postpartum disease, and fertility in postparturient dairy cows // Journal of Dairy Science American [Dairy Science Association]. 2013. Pp. 7002–7011. DOI: 10.3168/jds.2013-6901.
10. Bilski J., Mazur-Bialy A., Wojcik D., Zahradnik-Bilska J., Brzozowski B., Magierowski M., Mach T., Magierowska K., Brzozowski T. The Role of Intestinal Alkaline Phosphatase in Inflammatory Disorders of Gastrointestinal Tract // Mediators of Inflammation. 2017. Pp. 1–9. DOI: 10.1155/2017/9074601.
11. Nesterova O. P., Prokopyeva M. V. Izmenenie aktivnosti aminotransferaz v tkanyakh zheludka krolikov v ontogeneze [Changes in the activity of aminotransferases in the tissues of the stomach of rabbits in ontogenesis] // Estestvennye i tekhnicheskii nauki. 2018. No. 5 (119). Pp. 30–31. (In Russian.)
12. Ignatyev N. Postnatal'nyy period ontogeneza u svinoy [Postnatal period of ontogenesis in pigs] // Veterinariya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. 2016. No. 8. Pp. 32–36. (In Russian.)
13. Larionov G. A., Checheneshkina O. Yu., Mardaryeva N. V., Shchiptsova N. V. Meropriyatiya po uluchsheniyu mikrobiologicheskoy bezopasnosti moloka korov [Measures to improve the microbiological safety of cow's milk] // Rossiyskiy zhurnal. Problemy veterinarnoy sanitarii, gigieny i ekologii. 2019. No. 1 (29). Pp. 44–49. DOI: 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201901007. (In Russian.)

14. Gigiena sodержaniya zhivotnykh: uchebnik [Animal Hygiene: tutorial] / A. F. Kuznetsov, V. G. Tyurin, V. G. Semenov, V. G. Sofronov ; under the editorship of A.F. Kuznetsov. Saint Petersburg: Lan', 2017. 380 p. (In Russian.)
15. Mardaryev A. N., Mardaryeva N. V., Larionov G. A., Gordova V. S. Dynamics of Cbx7 Expression in the Epidermis after Wounding of the Skin // Russian Journal of Physiology. 2019. No. 4. Pp. 456–464. DOI: 10.1134/S0869813919040034.
16. Fawley J., Gourlay D. M. Intestinal alkaline phosphatase: a summary of its role in clinical disease // Journal of Surgical Research. 2016. Pp. 225–234. DOI: 10.1016/j.jss.2015.12.008.
17. Schwartz-Zimmermann H. E., Fruhmann P., Dänicke S., Wiesenberger G., Caha S., Weber J. Metabolism of Deoxynivalenol and Deepoxy-Deoxynivalenol in Broiler Chickens, Pullets, Roosters and Turkeys // Toxins. 2015. Pp. 4706–4729. DOI: 10.3390/toxins7114706.
18. Pravila provedeniya rabot s ispol'zovaniem eksperimental'nykh zhivotnykh: Prilozhenie k prikazu Ministerstva zdra-voookhraneniya SSSR No. 775 ot 12.03.1977 [Rules for the work using experimental animals: Supplement to the order of the Ministry of Health of the USSR No. 775 of 03.12.1977] // Konsortsium kodeks. Elektronnyy fond pravovoy i normativno-tekhnicheskoy dokumentatsii. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456016716>. (In Russian.)

Authors' information:

Natalia V. Mardaryeva¹, candidate of biological sciences, associate professor of the department of biotechnology and agricultural processing, ORCID 0000-0001-7863-7245, AuthorID 377861; +7 927 841-12-21, volga480@yandex.ru

Maya G. Terentyeva¹, candidate of biological sciences, associate professor of the department of biotechnology and agricultural processing, ORCID 0000-0001-5767-6720, AuthorID 899208

Gennadiy A. Larionov¹, doctor of biological sciences, professor, department of biotechnology and agricultural processing, ORCID 0000-0001-6414-5995, AuthorID 774230

¹ Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia