

Гистоультраструктура икроножной мышцы при физической нагрузке

Исаев А.Б.¹

¹Кафедра анатомии человека и медицинской терминологии. Азербайджанский медицинский университет. Баку. Азербайджан

Дата публикации: май 2019

*Адреса для переписки: Адрес: AZ 1106, г.Баку, ул. Э. Бабаева, дом 18, кв.41; E mail: agasamedisayev@mail.ru

Цель исследования. Исследование состоит в изучении гистоулеструктуры икроножной мышцы зрелых взрослых крыс (1,3,5 месяца) при длительной умеренной физической нагрузке.

Материал и методы. Эксперимент проводился на 30 мужских колей, неизвестных по признаку пола. Гистологические, электронно-микроскопические и морфометрические методы исследования используются для изучения гистологического строения мышцы.

Заключение. Результаты гистологических исследований показали увеличение кровеносных сосудов и агрессии крови, увеличение эозинофилии и агрегации элементов крови. Электронно-микроскопические исследования показали увеличение числа и размеров митохондрий, расширение протоков саркоплазматического ретикулума и рост микропиноцитоза в эндотелии капилляров. Согласно результатам морфометрического исследования, доля митохондрий, митохондрий с длиной более 3 саркомеров и элементов саркоплазматического ретикулума является увеличением относительного снижения доли миофибрилл в едином объеме саркоплазмы.

Результат. Полученные данные свидетельствуют о том, что физическая нагрузка умеренного режима вызывает компенсаторные механизмы адаптации в скелетных мышцах.

Ключевые слова: длительная физическая нагрузка, икроножная мышца, морфометрия, гистоультраструктура

Адаптация организма реализуется сложной интеграцией разнообразных функций. Было бы вполне справедливо отметить при этом деятельность скелетной мышечной ткани. В связи с этим рост заболевания опорно-двигательного аппарата, а также сопровождающие их осложнения по-прежнему занимают большое место в медицинской практике [1,2,7,8]. С этой точки зрения изучение структурно-функциональных особенностей скелетной

мышечной ткани в норме и в условиях физической нагрузки различного режима актуален и по сегодняшний день. К сожалению, имеющийся на сегодняшний день литературный материал по этой проблеме хоть и богат, но лишен обобщающего элемента. Возрастной аспект почти не изучен, хотя, вне всякого сомнения, адаптивные реакции в первую очередь зависят главным образом от этого фактора, ибо каждый возрастной период

характеризуется различным уровнем приспособления к физической нагрузке [3,8,10].

Учитывая вышесказанное можно сделать вывод, что изучение морфофункциональных особенностей скелетной мышечной ткани при различных режимах физической нагрузки позволяет детально оценить гистоультраструктурные изменения, имеющие как адаптивный, так и патологический характер.

Цель исследования – изучить степень изменения гистоультраструктуры икроножной мышцы крыс зрелого возраста (11-18 месяцев, масса 250,0-300,0 гр.) в условиях умеренной физической нагрузки.

Материал и методы исследования
Эксперимент выполнен на 30 белых беспородных крысах-самцах зрелого возраста. Для возрастной периодизации животных применялась классификация В.И. Западнюка [5].

Во время эксперимента крыс принуждали к плаванию в высоком сосуде, температура воды в сосуде была – 31-33 °С. При этом продолжительность эксперимента была 1,3,5 месяцев (плавание 2 раза в неделю по 1,5-2 часа). После окончания эксперимента животных вынули из сосуда и перевели к обычным условиям вивария.

Животные забивали внутрибрюшной инъекцией раствора гексонала (300мг/кг) с учетом правил обращения с животными на следующий день после окончания эксперимента, чтобы избежать стрессорного воздействия, вызванного экспериментом.

Икроножная мышца изучалась гистологическими, электрономикроскопическими и морфометрическими методиками.

Для выявления гистологических особенностей икроножной мышцы под влиянием умеренной физической нагрузки в ходе работы приготовленные серийные срезы окрашивались гематоксилином и эозином, пикрофуксином по Ван Гизону.

С целью изучения электронной микроскопии кусочки икроножной мышцы фиксировали в 2,5% растворе глутаральдегида на фосфатном буфере (рН 7,34), затем дофиксировали в 1% растворе четырехоксида осмия (рН 7,4). Материал обезжировали и заливали в смесь эпон-аралдита. Срезы изготавливались на ультрамикротоме типа LKB-IV и REICHERT Om-U3. Просмотр и фотографирование материала проводили на электронном микроскопе Tesla BS 500, при ускоряющем напряжении прибора 70 кВ.

Для объективной характеристики полученных данных проведен ультраструктурной стереометрический анализ параметров мионов икроножной мышцы с помощью прибора для стереометрических исследований «Структура», разработанного ЦКТ АМН СССР. При этом измерение исследуемых структур производили на негативах при увеличении 3000-4000. Такое увеличение позволяет с одной стороны достаточно хорошо изучить тонкую структуру внутриклеточных органелл, с другой стороны дает возможность точного представления топографического взаимоотношения различных клеточных элементов.

Для определения наличия статистических различий между сравниваемыми вариационными рядами использовали двухвыборочный тест Стьюдента (t-критерий). Далее для проверки и

уточнения полученных результатов был использован непараметрический критерий – U-критерий Уилкоксона (Манна-Уитни) [6].

Результаты исследования.

Исследованиями установлено, что у животных зрелого возраста при умеренной физической нагрузке через один месяц наблюдается хорошо выраженная поперечная исчерченность, повышение эозинофилии отдельных мышечных волокон.

Результаты электронной микроскопии показали утолщение миофибрилл, скопление зерен гликогена вокруг митохондрий, в капиллярах стаз и агрегация эритроцитов.

При умеренной физической нагрузке в течение трёх месяцев отмечается увеличение эозинофилии, сосуды расширены и полнокровны.

Электронно-микроскопическими исследованиями выявлены расширение каналов СПР, очаги чрезмерного сокращения миофибрилл, увеличение количества рибосом и скопление их вокруг ядра, дезориентация крист митохондрий.

После 5 месяцев умеренной физической нагрузки у животных зрелого возраста отмечено увеличение количество мышечных волокон крупного размера, повышения эозинофилии.

На электроннограммах саркоплазма мышечных волокон богата рибосомами, мышечные волокна содержат много митохондрии с плотно-упакованными кистами.

Результаты количественного анализа ультраструктуры икроножной мышцы показывают, что в динамике умеренной физической нагрузки у животных отмечается незначительное уменьшение массы миофибрилл. Так, процент объема миофибрилл в

произвольном единичном объеме саркоплазмы в норме составляет $46,73 \pm 0,916\%$, в конце эксперимента – $45,73 \pm 0,71\%$, $44,72 \pm 0,92\%$ и $43,25 \pm 1,2\%$ соответственно длительности эксперимента в 1, 3 и 5 месяцев. На фоне уменьшения сокращающейся массы наблюдается стойкая гипертрофия энергообразующих структур. Об этом свидетельствует явное увеличение процента объема митохондрий в произвольном единичном объеме саркоплазмы (табл.). Установлено, что процент объема митохондрий по сравнению с контролем увеличиваясь, достигает значения $42,00 \pm 0,834\%$ при $p < 0,001$. Процент «гигантских» митохондрий длиной свыше длины трех саркомеров увеличивается в 9,5 раза с уровнем вероятности $p < 0,001$ и в среднем составляет $7,6 \pm 0,23\%$ по сравнению с контрольным значением. Соответственно, отмечается повышение соотношения объемов митохондрий и миофибрилл ($0,497 \pm 0,049\%$ – в норме и $0,9 \pm 0,08\%$ при умеренной физической нагрузке, испытываемой животными в течение 1 месяца).

Таблица

Количественные показатели органелл и кровеносных капилляров икроножной мышцы зрелых крыс при умеренной физической нагрузке разной продолжительности (%)

С увеличением длительности воздействия умеренной физической нагрузки, отмеченные показатели несколько уменьшаются ($41,00 \pm 0,834\%$ и $39,23 \pm 0,9\%$ – процент объема митохондрий; $8,6 \pm 0,86\%$ и $8,2 \pm 0,88\%$ – процент объема крупных митохондрий соответственно 3-му и 5-му месяцам воздействия).

Относительно процентов объемов элементов СПР можно заключить, что

площадь, занимаемая этими структурами, стабильно возрастает одновременно с усилением энергетического потенциала мионов икроножной мышцы на протяжении трехмесячной длительности умеренной физической нагрузки. В дальнейшем этот показатель несколько уменьшается, но остается выше контрольных данных. Так, в результате исследования выявлено, что

процент объема элементов СПР составляет $0,5 \pm 0,04\%$ в норме, $3,5 \pm 0,88\%$, $3,7 \pm 0,09\%$ и $3,2 \pm 0,23\%$ соответственно длительности эксперимента.

NN п/п	Параметры	Контроль n=12	Умеренная физическая нагрузка		
			1 месяц, n=12	3 месяца, n=12	5 месяц, n=12
1	Процент объема миофибрилл в произвольном единичном объеме саркоплазмы	46,73±0,916	45,73±0,71**	44,72± 0,92**	43,25± 1,2**
2	Процент объема митохондрий в произвольном единичном объеме саркоплазмы	23,23±0,632	42,00±0,834*	41,00± 0,834*	39,23± 0,9*
3	Митохондрии длиной свыше 3-х саркомеров в процентах к общему числу митохондрий в срезе	0,8±0,05	7,6±0,23*	8,6±0,86*	8,2±0,88*
4	Соотношение митохондрии/миофибриллы	0,497±0,049	0,9± 0,08*	0,916±0,08*	0,912±0,088*
5	Процент объема саркоплазматического ретикулума в произвольном единичном объеме саркоплазмы	0,5±0,04	3,5± 0,28*	3,7±0,09*	3,2±0,23*

Примечание: 1) n – число наблюдений; 2) * – $p < 0,001$, ** – $p > 0,05$ по сравнению контрольной группой

Обсуждение.

Исследованиями установлено, что умеренная физическая нагрузка, смоделированная плаванием 2 раза в неделю по 1,5-2 часа в течение 1 месяцев, приводит к

отчетливо выраженным структурным изменениям в икроножной мышце крыс зрелого возраста. Менее выраженная картина выявлена при длительной физической нагрузке плаванием в течение 3-5 месяцев у животных этой же группы. Так как, у крыс зрелого возраста в ответ на умеренную

продолжительную физическую нагрузку происходит реорганизация структуры и перестройка метаболизма, необходимые для компенсации повышенной функциональной активности икроножной мышцы. В условиях данной физической нагрузки у животных обнаруживается умеренное увеличение размера мышечных волокон. Подобное изменение мышечных волокон у животных зрелого возраста отмечают также [7,11]. Судя по полученным результатам, такое воздействие индуцирует диффузное селективное повреждение митохондрий, схожее с картиной, которая проявляется при т.н. “гипоксии нагрузки”. Интересен также факт появления межмиофибриллярной, по-видимому, специализированной, популяции мелких осмиофильных митохондрий, способствующей формированию комплекса адаптации к гипоксии нагрузки. Одновременно с увеличением числа и размера митохондрий, происходило утолщение миофибрилл, каналцы СПР были расширены. Подобные данные были получены и другими авторами [9]. В эндотелиальных клетках капилляров наблюдалось увеличение количества микропиноцитозных везикул, что являлось свидетельством усиленного трансэндотелиального переноса [3,4,10].

Заключение.

Таким образом, результаты исследования еще раз доказывают, что изучения изменений скелетной мышцы при длительной умеренной физической нагрузки имеет не только теоретических, но и практических значений для клинической медицины. Полученные данные имеют практическую значимость и определяют структурные и функциональные

возможности икроножной мышцы в условиях физической нагрузки.

Источники финансирования: нет.

Столкновение интересов: нет.

Библиография

1. Агеева Н.С., Ямщиков Н.В., Кругляков П.П. Анализ экспериментальных ультраструктурных изменений скелетной мышечной ткани в эмбриональном гистогенезе // Морфологические Ведомости, Москва, 2008,1-2; 6-8
2. Балькин М. В., Генинг М.Р., Виноградов С.Н. Морфо-функциональные изменения в организме у лиц с повышенной массой тела при комбинированном воздействии нормобарической гипоксии и физических нагрузок // Физиол. человека, 2004, 30(2); 67-75
3. Гелашвили О.А. Некоторые результаты морфометрии формирующегося и зрелого гемомикроциркуляторного русла скелетных мышц человека // Морфологические Ведомости, Москва, 2008,1-2; 32-33
4. Гомоюнова С.Л., Юхимец С.Н., Чемидронов С.Н, Лосев И.И. Исследование состояния компонентов микроциркуляторных модулей скелетных мышц белых крыс в условиях посттравматической регенерации // Морфологические Ведомости, Москва, 2008, 1-2; 36-38
5. Западнюк В.И. К вопросу о возрастной периодизации лабораторных животных // Геронтология и гериатрия, Киев, 1971, с.433-438
6. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая Школа, 1990, 352с.
7. Хорошков Ю.А., Одинцова Н.А. Структурно-функциональная организация фибриллярных элементов соединительной ткани в скелетной мышце / Материалы докладов VIII конгресса Международной Ассоциации Морфологов. Орел, 2006 // Морфология, 2006, 129 (4); 132
8. Шадлинский В.Б., Исаев А.Б., Цагарели З.Г., Гогиашвили Л.Е. Динамика морфо-функциональных изменений икроножной мышцы крыс при хронической физической нагрузке //

Морфологические Ведомости, Москва, 2008, 1-2; 127-129

9. Joyner M.J. Skeletal and cardiac muscle blood flow // Exerc. Sport Sci. Rec, USA, 2005, 33(1); 1-2

10. Ochala J., Frontera W., Dorer D. et al. Single skeletal muscle fiber elastic and contractile characteristics in young and older men. // J.

Gerontol., A Biol. Sci., Med. Sci., USA, 2007, 62(4); 375-381

11. Rosa E., Silva A., Ihara S. et al. Habitual exercise program protects murine intestinal, skeletal and cardiac muscles against aging (In Process Citation) // J. Apple Physiol., USA, 2005, 99(4); 1569-1575

RESUME

Hystoultrastructure of the gastrocnemius muscle during physical load

Isayev A.B.

Human Anatomy and Medical Terminology Department. Azerbaijan Medical University. Baku. Azerbaijan

Purpose of the investigation. The research consists of studying the histoultrastructure of gastrocnemius muscle of mature adult rats (1.3.5 months), during the long-term moderate physical load.

Material and methods. The experiment was conducted on 30 male rats unknown to the sex line. Histological, electron-microscopic and morphometric examination methods are used to study the histological structure of the muscle.

Conclusion. The results of histological researches showed an increase in blood vessels and blood aggression, increased eosinophilia and aggregation of blood elements. Electron microscopic examinations showed an increase in the number and size of mitochondria, the expansion of sarcoplasmic reticulum ducts and the growth of micropinocytosis in capillary endothelium. According to the results of morphometric examination, the proportion of mitochondria, mitochondria with a length of more than 3 sarcomers and sarcoplasmic reticulum elements is increasing of the relative decline in the share of miofibrils in the single volume of sarcoplasm.

Result. The findings suggest that the physical load of moderate mode causes compensatory adaptation mechanisms in the skeletal muscles.

Key words: long-term physical load, gastrocnemius muscle, morphometry, histoultrastructure