

Мяделец О. Д., Лебедева Е. И., Кичигина Т. Н., Грушин В. Н.

**ПРЕПОДАВАНИЕ РАЗДЕЛА «ГИСТОФИЗИОЛОГИЯ
ПОПЕРЕЧНОПОЛОСАТОЙ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ» НА КАФЕДРЕ
ГИСТОЛОГИИ, ЦИТОЛОГИИ И ЭМБРИОЛОГИИ ВИТЕБСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

*Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский
университет, Республика Беларусь*

Одной из сложных для понимания студентами тем гистологии является тема «Мышечные ткани». На протяжении многих лет преподавания предмета сотрудники кафедры постоянно сталкивались с проблемой усвоения таких понятий, как тканевые элементы этих тканей (прежде всего, скелетной и висцеральной поперечнополосатой мышечной тканей); миофибрилла; саркомер. Даже хорошие студенты, несмотря на постоянные наставления на лекциях, лабораторных занятиях, консультациях часто в своих ответах на итоговых занятиях и экзаменах с завидным постоянством указывают в одних случаях, что тканевым элементом этой ткани является миофибрилла, в других — что таковым является саркомер. Отсюда происходит непонимание более сложных вопросов функциональной морфологии мышечных тканей. На наш взгляд, причиной такого сумбура является крайне низкая подготовка будущих студентов в школе. Поэтому в университете приходится исправлять неправильно усвоенные бывшими учениками азы строения мышечных тканей, и прежде всего скелетной мышечной ткани, от понимания строения и механизма сокращения которой в последующем

гистологи отталкиваются в преподавании строения и сокращения других видов мышечных тканей.

Поэтому на кафедре гистологии, цитологии и эмбриологии Витебского медицинского университета разработаны принципы подведения студентов 1 курса к правильному пониманию функциональной морфологии скелетной мышечной и других мышечных тканей. Осуществление этих принципов позволяет добиваться определенного успеха. Уже на первом занятии (Введение в гистологию. Гистологическая и микроскопическая техника) студенты узнают о трех основных тканевых элементах: клетках, внеклеточном матриксе (межклеточном веществе) и симпласте. На этом же занятии студентам сообщается, что симпласты образуются в результате слияния малодифференцированных клеток-предшественников и наиболее интересны как тканевые элементы скелетной мышечной ткани. На занятии студенты впервые микроскопируют три препарата: «Животная клетка», «Клетки и межклеточное вещество. Эластический хрящ» и «Симпласт. Поперечнополосатая мышечная ткань языка». Эти же препараты студенты изучают и на занятии по цитологии «Цитология. Строение плазмолеммы и цитоплазмы». На этом занятии закрепляются представления о тканевых элементах, из которых основным являются клетки, а остальные — их производными. Подчеркивается, что принципиально симпласты не отличаются от клеток вообще и от многоядерных клеток в частности, т.е. состоят из оболочки, цитоплазмы (саркоплазмы) и ядер. На занятии «Введение в общую гистологию» более подробно обсуждаются тканевые элементы как важные составные части тканей, и здесь также обращается внимание на симпласт. Приводятся в качестве примера симпластотрофобласт и миосимпласт скелетной мышечной ткани. Студентам напоминает, что в этой ткани симпласт является одним из тканевых элементов. Более подробно раскрывается строение миосимпласта.

Таким образом, к моменту изучения раздела «Мышечные ткани» студенты уже приучены к тому, что одним из тканевых элементов поперечнополосатой скелетной и висцеральной мышечных тканей являются клетки и симпласт, формирующие мышечное волокно, иногда называемое мионом. Поэтому в лекции на лабораторном занятии, посвященных этим тканям, обсуждение их функциональной морфологии студентам предлагается вспомнить тканевые элементы поперечнополосатой мышечной ткани. Далее следует напоминание, что симпласт в принципе можно назвать многоядерной клеткой, главные составные части которой — оболочка, цитоплазма и ядра. Подробно освещается состав и особенности сарколеммы: указывается, что она состоит из базальной мембраны и плазмолеммы симпласта, что отличает ее от плазмолеммы клетки. Обращается внимание на два вида образований, формируемых плазмолеммой: Т-трубочки и углубления для миосателлитоцитов. Обсуждая состав саркоплазмы, подчеркиваются особенности содержащихся в ней органелл. При этом подробно разбираются саркоплазматический ретикулум (СПР) и миофибриллы. Рассматривая строение функции СПР, выделяются L- и T-цистерны, попутно — триады. Строение миофибрилл нам представляется удобнее рассматривать в той последовательности, в какой происходило накопление сведений о них с использованием различных методов исследования.

1. Световая микроскопия:

а) стандартная световая микроскопия позволила выявить поперечную исчерченность, обусловленную наличием в миофибриллах темных и светлых дисков. При этом в светлых дисках обнаруживается интенсивно окрашенная линия –Z-линия (ранее она называлась T-линия от греч. telos — край; имеется в виду край теломера). Название этой линии происходит от французского слова zigzag, поскольку в электронном микроскопе она имеет зигзагообразную форму. Расстояние между соседними Z-линиями называется саркомером, буквально — это наименьшая часть миофибриллы, ее структурно-функциональный элемент. В темном диске при стандартной световой микроскопии определяется светлая полоса H, а в ней иногда можно обнаружить темную M-линию. Таким образом, уже на уровне стандартной световой микроскопии мы вводим для студентов новые гистологические термины: саркомер, светлый и темный диски, Z-линия, H-полоса, M-линия. Другие термины (A- и I-диски, миофиламенты) на этом уровне световой микроскопии использовать пока неправомерно.

б) следующим этапом изучения миофибриллы стало использование поляризационного светового микроскопа. Он позволил установить наличие двойного лучепреломления у темного диска, что указывало на какую-то особенную закономерность в ориентации структур в этом диске, и отсутствие такого лучепреломления в светлом диске. В результате появились два новых термина: светлый — I-диск, т. е. изотропный, с отсутствием двойного лучепреломления, и темный, A-диск, т. е. анизотропный, с двойным лучепреломлением.

2. Электронная микроскопия позволила расшифровать многие светомикроскопические феномены в миофибрилле. Во-первых, эта микроскопия позволила объяснить состав I- и A-дисков. I-диски состоят из однородных структур — тонких нитей, названных тонкими миофиламентами. Такая однородность в строении и обуславливает отсутствие двойного лучепреломления I-диска. A-диск состоит из толстых нитей — толстых миофиламентов. Однако с краев в этот диск внедряются тонкие миофиламенты из I-диска. Наличие в этих участках структур, различных по строению, и обуславливает двойное лучепреломление A-диска. Та область A-диска, в которой находятся только толстые миофиламенты, выглядит светлой. Это H-полоска. Темная срединная линия в ней (мезофрагма) — это место соединения воедино всех толстых миофиламентов. Объясняем студентам, что на данном уровне разбора учебного материала еще неправомерно, как это они часто делают, употреблять термины «миозиновые филаменты» и «актиновые филаменты». Электронная микроскопия позволила определить морфологические изменения в саркомере сокращенной миофибриллы. В нем происходит уменьшение размеров I-дисков и H-полоски, в которую более глубоко, чем в расслабленной миофибрилле, заходят тонкие миофибриллы. Еще один электронномикроскопический феномен — появление поперечных мостиков между тонкими и толстыми миофиламентами. Далее в обсуждение вводятся рассуждения о химическом составе тонких и толстых миофиламентов. Тонкие миофиламенты состоят из глобулярного белка актина, уже хорошо известного студентам из раздела «Цитология». Этот белок (G-актин, от лат. globulus — шарик), полимеризуясь, формирует нить (f-актин, от лат. fibrilla — волоконец, ниточка). Две таких нити

формируют двойную спираль — основу тонкого филамента. По основному белку, образующему тонкий филамент, тонкий филамент стал называться актиновым миофиламентом. В состав его входят также другие белки: тропомиозин и тропонины. Тропомиозин, как и актин, состоит из двух спирально закрученных нитей и располагается в бороздках, имеющих между двумя спирально закрученными молекулами F-актина в актиновом филаменте. Поскольку таких бороздок две, то и две нити тропомиозина. На тропомиозине находятся тропониновые комплексы, состоящие из тропонина С (для связывания ионов кальция), тропонина I (ингибирующего активный центр на актиновом миофиламенте) и тропонина Т, связывающего тропониновый комплекс с тропомиозином. Толстые миофиламенты состоят из белка миозина и поэтому называются миозиновыми. Молекула миозина имеет форму клюшки и состоит из головки (тяжелый меромиозин) и хвостика (легкий меромиозин). В молекуле имеются два шарнирных участка, в которых молекула может сгибаться. Множество молекул миозина агрегируют, образуя стержень толстого миофиламента. В нем головки миозина выступают за его пределы.

Механизм сокращения миофибрилл объясняется моделью скольжения нитей Хью Хаксли. Согласно этой модели, толстые миофиламенты перемещаются вдоль тонких, втягивая последние в пространства между толстыми миофиламентами. При этом головки миозина последовательно присоединяются к активным центрам тонких миофиламентов. Сначала происходит сгибание миозина в одном шарнирном участке без затраты энергии, и головка миозина присоединяется к актиновой миофиламенте благодаря адгезивным свойствам. Сгибание в другом шарнирном участке требует энергии АТФ. Это сгибание в отличие от первого ведет к скольжению миозинового филамента вдоль актинового. Для повторения этого акта опять необходима энергия АТФ, за счет которой происходит отсоединение миозиновых головок от актиновых филаментов и возвращение их в исходное состояние. Далее идет повторение указанных процессов. Иницируют сокращение миофибрилл ионы кальция, которые под влиянием нервного импульса высвобождаются из саркоплазматического ретикулума и, связываясь с тропонином С, открывают активные центры на актиновом филаменте. С этими центрами связываются головки миозина, и далее начинается процесс сокращения.

Излагая материал в указанной последовательности, удастся добиться правильных представлений у студентов о гистофизиологии поперечнополосатой мышечной ткани. Этому помогает также демонстрация подробных презентаций.

Myadelets O. D., Lebedeva E. I., Kichigina T. N., Grushin V. N.

Teaching section «Histophysiology of cross striated muscle tissue» in department of histology, cytology and embryology of the Vitebsk State Medical University

Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Belarus

Pedagogical approaches in teaching section «Muscle tissue» as used in the Department of Histology, Cytology and Embryology Vitebsk Medical University are discussed.

Key words: muscle tissue, teaching.