Доклады Академии наук СССР
1955. Том 100, № 5

ЦИТОЛОГИЯ

А. А. МАНИНА

ДЕГЕНЕРАЦИЯ МЫШЕЧНЫХ ЯДЕР В ТКАНЕВЫХ КУЛЬТУРАХ

(Представлено академиком Н. Н. Аничковым 12 X 1954)

В последнее время появился ряд работ, в которых описываются новообразования ядер из саркоплазмы при регенерации мышечной ткани. Ф. С. Балакин (1), изучая процессы регенерации травмированных мышц у млекопитающих, указывает, что на 2—3 день количество мышечных ядер увеличивается, но при этом ни митозов, ни амитозов не наблюдается*. Он считает, что в этих случаях происходит новообразование ядер из саркоплазмы. Аналогичные данные приводит Э. З. Юсфина (3), которая также изучала регенерацию мышечной ткани у млекопитающих. Она отмечает, что наблюдаемые увеличения количества ядер нельзя отнести целиком за счет их размножения и высказывает предположение о том, что ядра образуются заново из живого вещества — саркоплазмы.

Более детально этот вопрос описывает А. Н. Студитский (4), производивший исследования на цыплятах и крысах. По его данным, после ряда травмирований мышц (уколы) и последующего прокола одной кожи развивались деструктивные процессы, после которых начиналась регенерация мышц. При этом наблюдалось образование небольших округлых хроматиновых шаров, которые затем превращаются в ядра. А. Н. Студитский отвергает возможность дегенеративной природы хроматиновых шаров. Однако его соображения представляются недостаточно убедительными, так как при регенерации мышечной ткани постоянно наблюдается процесс некробиоза ядер миосимпластов. Дегенерация мышечных ядер в различных условиях (физиологическая и репаративная регенерация) подробно описаны рядом исследователей. Эти данные наводят на мысль, что А. Н. Студитский в своих наблюдениях мог иметь дело с дегенерирующими ядрами. К этому предположению нас приводит наблюдение за ростом и микробиозом отдельных миосимпластов в тканевых культурах.

В настоящей работе, проведенной методом тканевых культур, изучалось развитие и рост мускулатуры бедра 9—12-дневных куриных зародышей. Культивирование производилось по методу висячей капли в смеси плазмы кролика и куриного эмбрионального экстракта. Культуры пересевались без вырезания через 3—4 дня в течение месячного срока и более. Наблюдения производились как прижизненно, так и на фиксированных препаратах. Особое внимание было уделено изучению роста и развития мышечной ткани методом цейтраферной микрокиносъемки. Последний метод с особенной наглядностью дает возможность

* Хотя в предыдущей работе (2), изучая регенерацию мышечной ткани у млекопитающих, он указывал на наличие амитозов.

проследить изменения, происходящие в миобластах и в образующихся миосимпластах. Микрокиносъемка культур производилась в сроки от 2 до 45 суток эксплантации.

Не описывая весь процесс роста и дифференцировки скелетной мускулатуры в тканевых культурах, что уже сделано было подробно Н. Г. Хлопиным ([5]), укажем, что на ранних стадиях развития (4—5 день культивирования) в миосимпластах образуется большое количество крупных, округлой или овальной формы ядер. Они расположены преимущественно в расширенной концевой части миосимпласта. При дальнейшем росте и дифференцировке миосимпластов в мышечную трубочку ядра располагаются в осевой части миосимпласта, принимая уже несколько вытянутую форму. На этой стадии развития размножение ядер происходит преимущественно амитотически, хотя наблюдаются и случаи кариокинетического деления. В конечных этапах развития и дифференцировки культуры образуются хаотически расположенные мышечные волокна.

На различных стадиях культивирования, одновременно с ростом миосимпластов и их дифференцировкой в мышечные волокна, иногда протекают и процессы дегенерации. При этом особенно отчетливо проявляется роль макрофагов, которые скопляются в участках дегенерирующей ткани и фагоцитируют ее. Однако дегенерация миосимпластов может проходить и без участия макрофагов. Так, образующиеся крупные, атипические миосимпласты с большим количеством ядер, которые описала В. И. Теодорович ([6]), подвергаются дегенерации преимущественно путем лизиса. Наблюдая за отдельными миосимпластами в течение нескольких дней, нам удалось проследить процессы роста, развития, а в некоторых случаях и дегенерацию их. Дегенерация одного описываемого миосимпласта, начавшаяся с изменения ядер, продолжалась 5 час. и целиком была заснята на кинопленке, что позволило проследить весь процесс в динамике. Ниже приводятся фотографии, снятые с отдельных кадров кинофильма, иллюстрирующие этот процесс.

Крупный миосимпласт (см. рис. 1 *А*), напоминающий собой мышечные почки, образующиеся при регенерации, в центральной части содержит большое количество пузыревидных ядер. Обращают на себя внимание различные размеры их. Наряду с крупными встречаются более мелкие ядра. Как можно проследить в кинофильме, амитозов здесь почти нет, хотя иногда наблюдается деление ядрышка и даже возникновение перетяжки ядра, но до окончательного деления процесс не доходит.

Затем среди массы ядер, в которых особенно четко выделяется крупное ядрышко, появляется первое дегенерирующее ядро (рис. 1 *Б*). Окружающая ядро саркоплазма становится гомогенной, более светлой, благодаря чему ядро оказывается четко контурированным. Вначале ядро набухает, затем начинает сжиматься (пикноз), образуя вокруг ядрышка узкое кольцо, и вместе с ядрышком представляет собой общую темную массу, которая по своему виду сильно напоминает хроматиновые шары, описанные А. Н. Студитским.

Затем дегенерирует второе ядро, расположенное в конце миосимпласта (рис. 1 *В*). Протоплазма всего миосимпласта в это время еще сохраняет обычную структуру. Следующим в этот процесс включается третье ядро, значительно меньшее по размеру, дегенерация и полное разрушение которого проходят быстрее первых двух. Остальные ядра (рис. 1 *В*) в это время набухают, увеличиваются в размерах, становятся четко контурированными, представляя собой сходные картины с ростом развивающихся молодых ядер.

Затем все ядра миосимпласта постепенно также пикнотизируются, превращаясь в плотные более или менее однородные комки (рис. 1 *Г*, *Д*, *Е*)

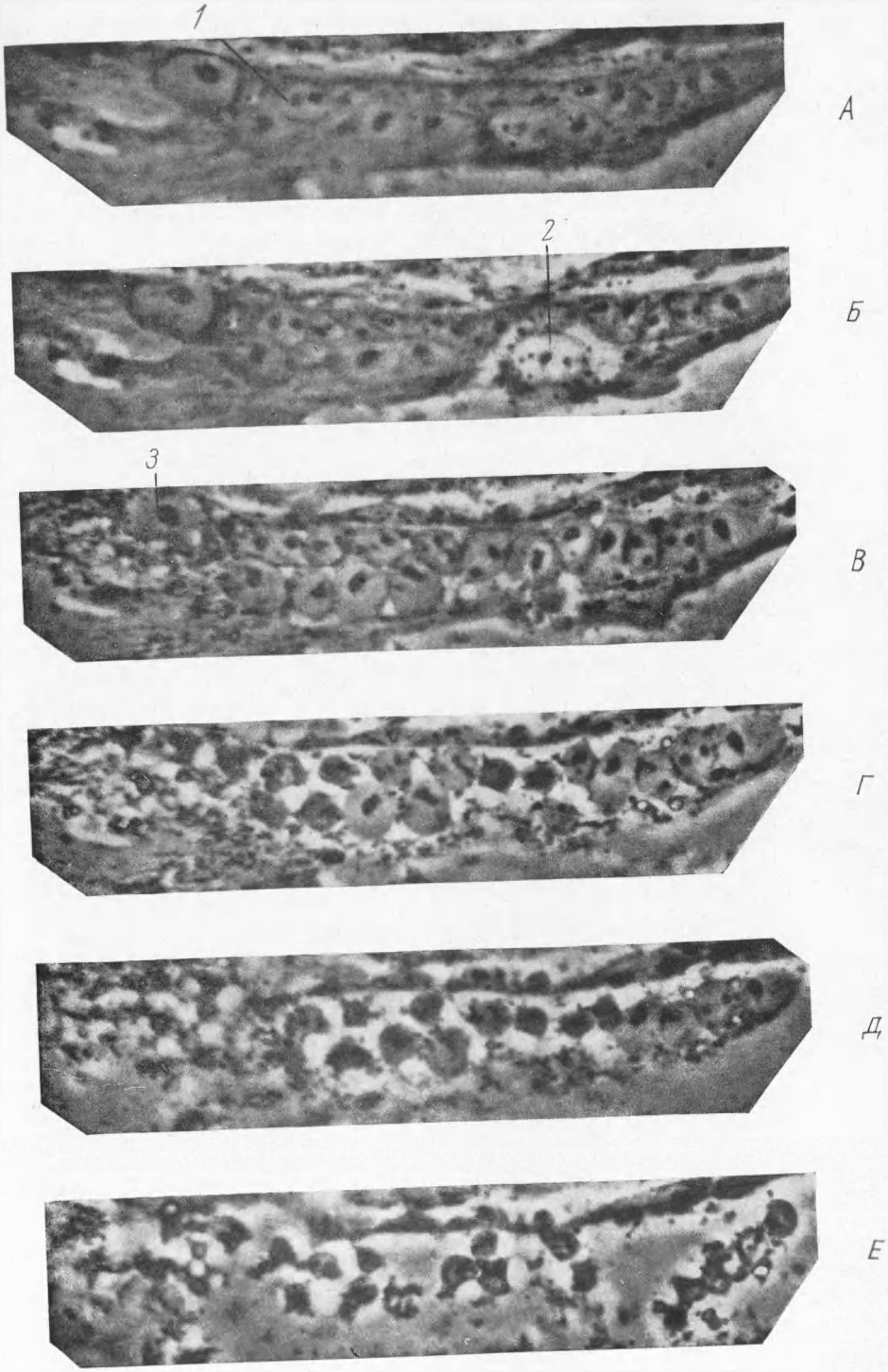


Рис. 1. *А* — растущий миосимпласт; начальная стадия амитоза ядра (*1*); *Б* — дегенерация первого ядра (*2*); *В* — начало дегенерации второго ядра (*3*), остальные ядра набухают; *Г*, *Д*, *Е* — последовательные стадии дегенерации миосимпласта

Одновременно с дегенерацией ядер эти процессы протекают и в саркоплазме миосимпластов. Протоплазма постепенно теряет структуру, становится гомогенной, а затем наступает резкое разжижение ее. Аналогичные картины, но только в отдельных ядрах наблюдаются в ряде других миосимпластов, которые, однако, дальше претерпевают прогрессивное развитие. Характерно, что в этом участке культуры, где идет необратимый процесс дегенерации миосимпласта, макрофагов нет и весь процесс совершается путем лизиса, что позволяет отчетливо проследить все картины изменений, наблюдаемых в ядрах.

Таким образом, изучение методом цейтраферной микрокиносъемки * позволяет воспроизвести весь процесс развития мышечной ткани в культурах и изучить процесс дегенерации, наблюдая его на одном и том же миосимпласте и одних и тех же ядрах в течение длительного времени. В этом случае полностью исключается возможность произвольно расположить отдельные картины дегенерации, что может иметь место при изучении фиксированных гистологических препаратов.

Наши наблюдения дают основания предполагать, что описанные А. Н. Студитским хроматиновые шары и процессы новообразования ядер представляют собой процесс дегенерации, изученный на фиксированных гистологических препаратах и расположенный в обратном порядке.

На основании вышеприведенных картин дегенерации ядер миосимпластов и сопоставления их с данными Студитского, Балакина, Юсфиной, описавших развитие ядер из неклеточного живого вещества при регенерации мышечной ткани, можно полагать, что в настоящее время нет убедительных данных, доказывающих новообразование ядер из саркоплазмы.

Что же касается мелких ядер, описанных Балакиным, Юсфиной и Студитским, то, по нашим наблюдениям, они представляют собой результат амитозов или фрагментации ядер.

Институт экспериментальной медицины
Академии медицинских наук СССР

Поступило
19 IX 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Ф. С. Балакин, Усп. совр. биол., **33**, в. 1, 143 (1952). [2] Ф. С. Балакин, Тр. V Всесоюзн. съезда анат., гист. и эмбр., 1951, стр. 541. [3] Э. З. Юсфина, Сборн. Новые данные по проблеме развития клеточных и неклеточных форм живого вещества, М., 1954, стр. 123—128. [4] А. Н. Студитский, Арх. анат., гист. и эмбр., **30**, № 4, 10 (1953). [5] Н. Г. Хлопин, там же, **23**, № 1—2, 7 (1940). [6] В. И. Теодорович, там же, **30**, № 3, 12 (1953).

* Приношу сердечную благодарность В. Д. Быстрову за проведение микрокиносъемки.