

И. И. ИВАНОВ и Б. С. КАСАВИНА

**СРАВНИТЕЛЬНО БИОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ
КОНТРАКТИЛЬНЫХ БЕЛКОВ ПОПЕРЕЧНОПОЛОСАТЫХ МЫШЦ
НА РАЗЛИЧНЫХ СТУПЕНЯХ ФИЛО- И ОНТОГЕНЕЗА**

(Представлено академиком Л. А. Орбели 7 II 1948)

В одной из ранее опубликованных работ И. И. Ивановым, Б. С. Касавиной и Л. Д. Фоменко⁽¹⁾ была показана возможность соединения актина и миозина, выделенных из мышц животных различных видов, с образованием типичного вязкого актомиозина. Эти данные открыли путь для дальнейшего сравнительно-биохимического исследования контрактильных белков мышц на различных ступенях фило- и онтогенеза. Б. С. Касавина и А. И. Балясная⁽²⁾ в нашей лаборатории и Rózsa⁽³⁾ в лаборатории Сент-Джорджи показали возможность перекрестного соединения актина и миозина, выделенных из поперечнополосатых и сердечной мышц.

И. И. Ивановым и Е. Г. Киселевой⁽⁴⁾ было установлено, что реакция соединения актина с миозином не ограничена рамками не только определенного вида, но даже и класса животных. В другой работе⁽⁵⁾ эти же авторы показали, что при экстракции раствором Вебера измельченных мышц желудка млекопитающих и птиц (голубя) получают белки, лишь более или менее приближающиеся по своим свойствам к актомиозину поперечнополосатых мышц. Эти данные позволили им⁽⁵⁾ высказать предположение, что белковые экстракты из гладких мышц представляют неоднородные смеси, в которых белки актомиозинового комплекса присутствуют лишь в относительно незначительном количестве, и что белки, подобные актомиозину, содержатся лишь в волокнах, способных к нетонической сократительной реакции.

В данной работе мы приводим наблюдения над контрактильными белками соматических мышц на различных ступенях развития организма, подтверждающие последнее предположение. Нами были исследованы контрактильные белки мышц эмбрионов и новорожденных животных различных видов (морские свинки, крысята и мышата).

Как оказалось (методику работы см. ^(6, 1, 5)), из измельченных мышц новорожденных крысят и мышат (*m. quadriceps* и *m. gastrocnemius*) раствором Вебера извлекаются белки, резко отличающиеся по ряду свойств, по крайней мере в количественном отношении, от растворов актомиозина поперечнополосатых мышц взрослых животных.

Так например, относительная вязкость растворов мышечных белков новорожденных мышат и крысят снижается при добавлении АТФ лишь незначительно (от 0 до 10%). При выдувании этих белковых растворов в воду нити или вовсе не получаются или, если получаются, то не сокращаются в присутствии АТФ (иногда отмечается только некоторое их потемнение). Наконец, экстрагированные из мышечной ткани новорожденных мышат и крысят (*m. quadriceps* и *m. gastrocnemius*) белки не соединяются с актином.

Все эти факты говорят о том, что в мышцах новорожденных крысят и мышат протеины актомиозинового комплекса присутствуют лишь в относительно очень незначительном количестве. Основная масса белка в мышцах эмбрионов и новорожденных животных представлена каким-то другим — инертным, т. е. недиссоциирующим и несокращающимся в присутствии АТФ, протеином. Белок этот хуже экстрагируется и раствором Вебера.

Весьма интересно, с другой стороны, что из мышц морских свинок уже в первые дни постнатальной и даже в последний период эмбриональной жизни легко удается получать характерный для мышц взрослых животных контрактильный белок — актомиозин.

Это видовое своеобразие белков новорожденных животных проявляется и в форме различной реакции на АТФ срезов мышц, приготовленных по методу Сент-Джорджи (6) на замораживающем микро-томе, или отдельных мышечных волокон, вымоченных в течение 1—3 суток в дистиллированной воде.

Так, вымоченные в воде срезы или волокна мышц задних конечностей новорожденных мышат и крысят (1-й день постнатальной жизни) не обнаруживают или почти не обнаруживают сокращения в растворе

Сент-Джорджи (0,05 М КСl и 0,001 М MgCl₂) при добавлении АТФ. Волокна же или срезы мышц новорожденных морских свинок в этих же условиях энергично сокращаются.

Для нас остается только неясным, почему в некоторых редких случаях при добавлении АТФ сокращение отдельных волокон, выделенных из мышц задних конечностей новорожденных крысят и мышат, также имело место. Возможно, что в мышцах новорожденных крысят и мышат имеются уже отдельные, способные к сокращению участки более развитой ткани.

Некоторые относящиеся сюда

цифровые данные приведены в табл. 1.

Приведенные данные не оставляют сомнения в том, что:

1) В мышцах новорожденных крысят и мышат и в мускулатуре эмбрионов морских свинок, лишенных еще волосяного покрова, белки актомиозинового комплекса присутствуют лишь в очень незначительном количестве.

2) Типичный контрактильный белок поперечнополосатых мышц — актомиозин (так же как и миозин) появляется и накапливается в мышцах, очевидно, лишь на определенной ступени эмбрионального или постнатального развития животного.

3) Поскольку, по литературным данным (7, 8), в процессе развития нервно-мышечного прибора в эмбриональном и постнатальном периоде жизни животного тоническая сократительная реакция с течением времени заменяется нетонической, можно думать, что изменение состава белков мышц у ряда животных в последние дни эмбриональной и первые дни постнатальной жизни связано с постепенным развитием волокон, способных к тетанической реакции.

Особенно интересно сопоставить наши данные о своеобразии белков, входящих в состав мускулатуры задних конечностей новорож-

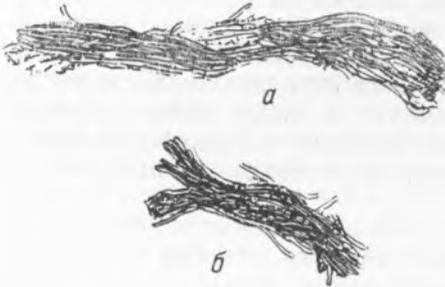


Рис. 1. Сокращение вымоченных в дистиллированной воде мышечных волокон морской свинки (4-й день постнатальной жизни) в присутствии АТФ: а — до прибавления АТФ, б — после прибавления АТФ. Волокна в растворе Сент-Джорджи (0,05 М КСl и 0,001 М MgCl₂)

Таблица 1

Животные	Мышцы	Число дней, прошедших с момента рождения	Снижение относительной вязкости актомиозина при добавлении АТФ в %	Сокращения актомиозина при добавлении АТФ в %	Сокращение срезов мышц, вымоченных в дистиллир. воде, при добавлении АТФ в %	Соединение контрактного белка с актином поперечнополосатых мышц	Примечание
Крысята	m. quadriceps, m. gastriceps	1	Не снижается или снижается очень незначительно (до 10%)	Не сокращаются	Не сокращаются *	Не соединяется	Белки как короткой, так и длительной экстракции
То же	То же	2	0—12	То же	То же *	То же	
»	»	3	14—17	»	Отдельные участки обнаружили признаки сокращения	»	
»	»	8	27—46	—	—	—	
»	»	14	45	49—67	Сокращаются	—	
»	»	17	55	60—61	То же	—	
»	»	35	57	49—67	»	—	
»	»	0	0	0	»	Не соединяется	
Морские свинки	Мышцы конечностей	Эмбрионы не установленного возраста (лишенные волосяного покрова)					Как и у взрослых крыс, даже при короткой экстракции получался вязкий актомиозин
То же	То же	1	60	60—63	Сокращаются	Соединяется	
»	»	4	77	55,5—62	Резкое сокращение (рис. 1)	То же	
Мышата	m. quadriceps, m. gastriceps	1	0—6	Не сокращаются	Не сокращаются **	Не соединяется	
То же	То же	2	—	То же	То же **	То же	
»	»	9	14	»	—	—	
»	»	15	56	58—66	Резко сокращаются	Соединяется	

* Только в отдельных препаратах наблюдалось более слабое сокращение (см. текст).

** В отдельных препаратах наблюдались слабые признаки сокращения.

денных крысят и мышат, и о близости мышечных белков новорожденных морских свинок к типичному актомиозину с чисто физиологическими наблюдениями А. Т. Худорожевой, согласно которым⁽⁸⁾ только у новорожденных морских свинок, но не у новорожденных крысят, крольчат и щенят можно получить в первый же день после рождения явления оптимума и пессимума на изменения как частоты, так и интенсивности раздражения. Другими словами, только мышцы новорожденных морских свинок обладают ясно выраженной тетанической сократительной реакцией, в то время как соответствующие мышцы новорожденных крысят и крольчат (*m. gastrocnemius* и *m. quadriceps*) отличаются тоническим типом сокращения. Таким образом, повидимому, имеется некоторый параллелизм между типом сократительной реакции мышцы и содержанием в ней миозина и актомиозина.

Интересно, что из мышц насекомых (мышцы ножек черного таракана), обладающих ярко выраженной поперечной исчерченностью и способностью к весьма быстрым сокращениям, легко удается извлечь типичный актомиозин, резко снижающий свою вязкость в присутствии АТФ в растворе Вебера. При более низких концентрациях ионов К и Mg этот актомиозин при добавлении аденозинтрифосфата сокращается. Миозин короткой экстракции из мышц ножек тараканов может быть соединен с кроличьим актином с образованием более вязкого актомиозина. Дальнейшие исследования в этом направлении нами продолжаются.

И Московский медицинский институт

Поступило
26 I 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. И. Иванов, Б. С. Касавина и Л. Д. Фоменко, Биохимия, 12, в. 6, 497 (1947). ² Б. С. Касавина и А. И. Балясная, Бюлл. эксп. биол. и мед., 24, 146 (1947). ³ Rózsa (цитировано по Szent-Györgyi, Chemistry of Muscular Contraction, N. Y., 1947). ⁴ И. И. Иванов и Е. Г. Киселева, Бюлл. эксп. биол. и мед., 25, в. 1 (1948). ⁵ И. И. Иванов и Е. Г. Киселева, ДАН, 60, № 1 (1948). ⁶ А. Сент-Джорджи, О мышечной деятельности, М., 1947. ⁷ Л. А. Орбели, Лекции по физиологии нервной системы, 1938, стр. 215. ⁸ А. Т. Худорожева, Физиолог. журн. СССР, 23, 637 (1947).