

УДК 616—003.96—001.8—091.612.172.014

В. Б. ПОТАПОВА, Н. М. ОГАНЕСЯН, М. А. ВАРОСЯН, А. Б. ЗАХАРЯН,
Л. Г. БУДАГЯН, М. О. НИКОГОСОВА, А. А. БАБАЯН, К. Т. ТИГРАНЯН

УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МИОКАРДИАЛЬНЫХ КЛЕТОК В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА К ВЫСОТНОЙ ГИПОКСИИ

В последние годы выяснено, что адаптация к высотной гипоксии является эффективным фактором профилактики некоторых сердечно-сосудистых заболеваний [2—4]. Показано, что пребывание в условиях гипоксии приводит к развитию устойчивости миокарда к повторным гемодинамическим перегрузкам вследствие повышения силы сокращений, увеличения коронарного кровотока и усиления метаболизма сердечной мышцы. Однако структурные основы этих процессов до последнего времени остаются малоизученными. Задача настоящего сообщения—определить характер тонких изменений в миокардиальных клетках левого желудочка сердца в процессе адаптации животного к высотной гипоксии.

Материал и методы исследования. Опыты проводились на кроликах породы «Шиншилла» весом 2—2,5 кг. Животные были распределены на 4 группы: I группа—животные, находящиеся на высоте 1000 м (г. Ереван); II группа—животные, находившиеся в течение 9—12 месяцев на высоте 2000 м (Нор-Амберд); III группа—животные, находившиеся в течение 2 месяцев на высоте 3250 м (гор. Арагац); IV группа—животные, длительно находившиеся на высоте 2000 м, а затем переведенные на высоту 1000 м для изучения обратного развития адаптационных изменений.

Электронномикроскопическому исследованию подвергнут миокард левого желудочка от 2—3 кроликов каждой группы. Бьющееся сердце извлекали из грудной клетки наркотизированного животного и помещали в мелкоколотый лед для быстрой остановки. Кусочки миокарда фиксировали в 1% растворе четырехоксида осмия, обезживали в спиртах и заливали смесью эпон и аралдита. Ультратонкие срезы после двойного контрастирования просматривали в электронном микроскопе УЭМВ-100Б.

Результаты исследования. Миокард животных, находившихся на высоте 1000 м над уровнем моря (I группа), характеризуется нормальной структурой кардиомиоцитов. В центрально расположенном ядре на фоне равномерно распределенного хроматина выявляется компактное ядрышко. Цитоплазма плотно упакована органоидами. Элементы сократительной системы (миофибриллы, митохондрии, ретикулум) сохраняют типичное пространственное расположение и структурную целостность.

У животных, находившихся на высоте 2000 м над уровнем моря (II группа), отмечаются отчетливые изменения миокардиальных клеток. В ядерной оболочке появляются широкие поры, увеличиваются размеры ядрышек. В саркоплазме уменьшается количество гликогена. В области пластинчатого комплекса появляются лизосомы. Для митохондрий характерно дугообразное или концентрическое расположение

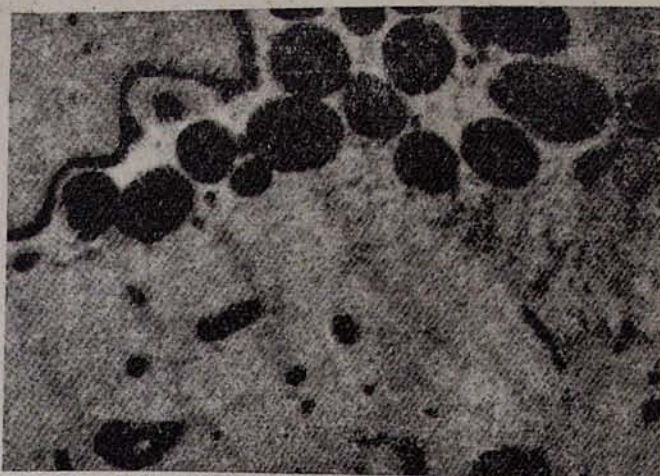


Рис. 1. Активное ядро с многочисленными порами в оболочке. Плотные митохондрии в околоядерной области. Ув. $\times 15000$.

крист с увеличением их длины. Нередко обнаруживаются делящиеся и почкующиеся формы митохондрий. Набухшие формы их не встречаются. Вблизи митохондрий располагаются жировые капли. В миофибриллах можно наблюдать отдельные участки лизиса филаментов. Канальцы ретикулула несколько расширены.

У животных, находившихся на высоте 3250 м над уровнем моря (III группа), ядра кардиомиоцитов приобретают неровные контуры, в оболочке увеличивается количество открытых пор. Часто встречается крупное ядрышко (рис. 1). В митохондриях на фоне изменений, отмеченных в предыдущей группе, возникают очаги кристаллиза и растворение матрикса. Во многих кардиомиоцитах встречаются группы лизосом. Гликоген исчезает. Миофибриллы отличаются вариабельностью диаметров. Появляются отдельные очень широкие миофибриллы с расположенными в их толще небольшими группами митохондрий и элементов ретикулула (рис. 2). В ряде миоцитов отмечаются дистрофические изменения, охватывающие большую или меньшую часть клетки и проявляющиеся преимущественно деструкцией миофибрилл. Иногда наблюдается их пересокращение, однако чаще встречается избирательное растворение J-дисков (рис. 3). Литическое повреждение миофибрилл сопровождается смещением митохондрий и ретикулула.

У животных, переведенных с высоты 3250 м на высоту 1000 м над уровнем моря (IV группа), ядра миокардиальных клеток имеют более ровные очертания, в оболочке видны единичные поры. Для митохондрий характерны небольшие размеры и плотная упаковка крист, имеющих иногда дугообразную форму. Реже встречаются митохондрии с рыхлым расположением крист и светлым матриксом.



Рис. 2. Гипертрофия миофибрилл. Ув. $\times 10000$.

В миофибриллах довольно часто обнаруживаются участки пересокращения. Ретикулум слегка расширен. В саркоплазме среди органелл



Рис. 3. Литическое повреждение миофибрилл. Ув. $\times 15000$.

наблюдаются жировые капли, небольшое скопление гранул гликогена, единичные плотные лизосомы.

Обсуждение. Проведенное исследование показало, что в процессе адаптации к гипоксии в клетках сократительного миокарда происходят структурные изменения. По сравнению с контролем (I группа) на высоте 2000 м в миокардиоцитах уменьшается или исчезает гликоген. Аналогичная картина имеет место и у животных, адаптированных к высоте 3250 м. Усиленный распад гликогена указывает на более полную мобилизацию энергетических возможностей клетки, в частности, на усиление гликолитического пути [6].

Для животных II и III групп характерно также и увеличение в миокардиоцитах количества лизосом. В различных участках клетки можно видеть как формирующиеся, так и сформированные лизосомы. Морфологическая неоднородность последних отражает различные стадии их метаболизма [1]. Отмеченные изменения, свидетельствующие об усиленном обмене веществ в миокардиоцитах, связаны с повышенной нагрузкой на миокард в условиях гипоксии.

Структурное обеспечение гиперфункции осуществляется путем гиперплазии клеточных органелл, развивающейся на основе активизации биосинтетических процессов в ядре и цитоплазме. Показано, что длительная адаптация к условиям среднего высокогорья сопровождается гипертрофией как правого, так и левого желудочка [5]. В наших наблюдениях гиперпластический процесс в миокардиоцитах характеризуется появлением делящихся и почкующихся форм митохондрий, увеличением длины и плотности расположения в них крист. Отмечается неравномерное утолщение миофибрилл с вкраплением в наиболее широкие из них митохондрий и канальцев ретикулула.

По возвращении адаптированных животных на исходную высоту (1000 м) заметно снижается активность ядер в миокардиальных клетках, уменьшаются размеры ядрышек, выявляются лишь единичные поры в ядерной оболочке.

Таким образом, при длительном пребывании животных в условиях гипоксии в клетках сократительного миокарда левого желудочка развиваются изменения, свидетельствующие об усилении в них обменных процессов. Усиленный метаболизм сопровождается активизацией синтетического аппарата миокардиоцитов и развитием гиперпластических процессов в структурах, обеспечивающих сократительную функцию.

Институт кардиологии им. Л. А. Оганесяна МЗ Арм. ССР,

Институт физики Госкомитета по использованию
атомной энергии

Поступило 6/VI 1978 г.

ՊՈՏԱՊՈՂԱՎ Վ. Բ., ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ Ե. Մ., ՎԱՐՈՍՅԱՆ Մ. Ա., ԶԱՔԱՐՅԱՆ Ա. Բ.,
ԲՈՒԿԱՎՅԱՆ Լ. Գ., ՆԻՎՈՂՈՍՈՂԱՎ Մ. Հ., ԲԱԲԱՅԱՆ Ա. Ա., ՏԻԳՐԱՆՅԱՆ Կ. Գ.

ՕՐԳԱՆԻԶՄԻ ԲԱՐՁՐ ՀԻՊՕԿՍԻԱՅԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻՆ ՀԱՐՄԱՐՎԵԼՈՒ
ՊՐՈՑԵՍՈՒՄ ՄՐՏԱՄՎԱՆԻ ՐՋԻՋՆԵՐԻ ԿՐԱՄ ՈՒՆՏՐԱՍՏՐՈՒԿՏՈՒՐԱԼ
ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Ցույց է տրված կենդանիների բարձր հիպոկսիայի պայմաններին հարմարվելու պրոցեսում կարգի միջոցների կրճատվող ապրոկտորանների հիպերպլազիան և մետաբոլիզմի ուժեղացումը:

V. B. POTAPOVA, N. M. HOVANESSIAN, M. A. VAROSSIAN, A. B. ZAKHARIAN,
Z. J. BOUDAGHIAN, M. O. NIKOGHOSOVA, A. A. BABAYAN, K. G. TIGRANIAN

ULTRASTRUCTURAL CHANGES OF MYOCARDIAL CELLS DURING
THE PERIOD OF ADAPTATION TO HIGH HYPOXIA

Summary

It was revealed increase of metabolism and hyperplasia of contraction structures in cardiomyocytes during the adaptation of animals to condition of high hypoxia.

ЛИТЕРАТУРА

1. Втюрин Б. В., Орлов Г. Н. Арх. патол., 4, 8—17, 1971. 2. Жапаров Б. Ж., Миррахимов М. М. Бюлл. эксп. биол. и мед., 1977, 7, 109—112. 3. Меерсон Ф. З. Кардиология, 1973, 13. 4. Меерсон Ф. З. Адаптация сердца к большой нагрузке и сердечная недостаточность, 1975. 5. Миррахимов М. М. Сердечно-сосудистая система в условиях высокогорья. Медицина, Л., 1968. 6. Цагарели З. Г. Автореф. докт. дисс., Тбилиси, 1970.