ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ, ԱՐՅԱՆ ՇՐՋԱՆԱՌՈՒԹՅՈՒՆ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР, КРОВООБРАЩЕНИЕ
XII, № 4, 1979

УДК 612.13:616.132.007.271:616- 003.96—001.8—092.9

Н. М. ОГАНЕСЯН, М. А. ВАРОСЯН, А. Б. ЗАХАРЯН, И. Г. БАГРАМЯН,
А. Г. БАБАЯН, К. Т. ТИГРАНЯН

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕМОДИНАМИКИ У ЖИВОТНЫХ С СУЖЕНИЕМ АОРТЫ, ПОДВЕРГШИХСЯ АДАПТАЦИИ К ВЫСОТНОЙ ГИПОКСИИ

Проблема адаптации к высотной гипоксии в последнее десятилетие приобрела важное значение для кардиологии в связи с возможностью ее использования для профилактики ряда сердечно-сосудистых заболеваний [1—5, 7—15], однако механизм действия гипоксии на систему кровообращения до сих пор недостаточно изучен.

В связи с этим большой интерес представляет исследование влияния предварительной адаптации организма к умеренной высотной гипоксии на компенсаторные возможности и резистентность сердечно-сосудистой системы к острой гемодинамической перегрузке.

Нами изучены показатели гемодинамики у животных, адаптированных к высотной гипоксии, а также находящихся в условиях компенсаторной гиперфункции после сужения восходящей аорты.

Материал и методы исследования. Опыты проведены на 220 кроликах породы «Шиншилла» весом 2—2,5 кг., которые были распределены на 4 группы.

I группу составили 70 кроликов, подвергшихся длительной адаптации к высоте 1000 м над уровнем моря (г. Ереван). II группу составили 60 кроликов, подвергшихся длительной адаптации в течение 9—12 месяцев к высоте 2000 м над уровнем моря (станция Нор-Амберд). III группу составили 60 кроликов, в течение 2 месяцев адаптированных к высоте 3250 м над уровнем моря (станция Арагац). IV группу составили 30 кроликов, длительно адаптированных к высоте 2000 м и переведенных на высоту 1000 м для изучения процессов обратного развития гемодинамических изменений.

Первые 3 группы животных были разделены на контрольную и опытную подгруппы. В опытную подгруппу вошло 45 животных, которым после длительной адаптации к высотной гипоксии было произведено сужение восходящей аорты по методике Ф. З. Меерсона (1960) на 70% от исходного диаметра.

Обследование животных проводили через 2, 7, 30 суток после операции.

Изучение показателей центральной гемодинамики проводили с помощью радиокардиографии по методу Г. А. Малова (1966). При расшифровке радиокардиограмм определяли: объем циркулирующей крови (ОЦК), минутный и ударный объемы сердца (МОС, УО), коэффициент эффективности циркуляции (КЭЦ).

Для оценки эффективности коронарного кровообращения проводили радиоизотопное определение миокардиального кровотока (МК) по методике Kety S. (1949) в модификации Н. М. Оганесяна (1970) и вычисляли кровоток в мг/мин/100 г ткани [17, 18, 20].

Сердца всех животных после забивки были подвергнуты макроскопическому исследованию с определением размеров и веса сердца и вычислением сердечного индекса (СИ) [6, 19, 21].

Результаты исследований. Данные макроскопического изучения миокарда подопытных кроликов показывают, что у животных, адаптированных к высоте, отмечается определенная зависимость степени гипертрофии от уровня высотной гипоксии. Так, у контрольных животных I группы сердечный индекс составил 0,0022±0,0001 (100%), у контрольных животных II группы он увеличился на 40%, а у III—на 63%. В то же время у животных, подвергшихся сужению аорты, острая гемодинамическая перегрузка не приводила к соответствующему нарастанию гипертрофии в зависимости от уровня высотной гипоксии. Полученные данные подтверждались при анализе электрокардиограмм.

Таким образом, при адаптации животных к высотной гипоксии отмечается увеличение мощности миокардиальных клеток, на фоне которых стенозирование аорты не приводит к дальнейшей гипертрофии.

Проведенные нами исследования показали, что под влиянием адаптации животных к высотной гипоксии у них наблюдаются различные изменения общей и сердечной гемодинамики, выраженность которых также находится в прямой зависимости от степени высотной гипоксии.

Данные, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о том, что под влиянием длительного пребывания животных на различных высотах отмечается статистически достоверное повышение сердечного выброса на 15% (2000 м) и 49% (3250 м) по сравнению с группой животных, адаптированных к высоте 1000 м (г. Ереван).

При этом ОЦК у контрольных животных I и II групп был почти одинаков, а у животных III группы на 12% больше, КЭЦ также нарастал в зависимости от высоты: на высоте 2000 м он увеличивался на 22%, а на 3250 м—на 33%. Аналогичные изменения наблюдались со стороны миокардиального кровотока, который у животных II группы увеличился на 21,3%, а у животных III группы—на 33,7%.

Таким образом, все показатели гемодинамики находились в прямой зависимости от уровня высотной гипоксии.

Исходя из положения о развитии тренированности сердечно-сосудистой системы под влиянием адаптации к высотной гипоксии, представляло большой интерес выяснить, как меняется реакция системы кровообращения и кровоснабжения сердечной мышцы после создания дополнительной гемодинамической перегрузки у животных, адаптированных к высоте. С этой целью у части животных каждой группы было создано сужение восходящей части аорты. Оказалось, что в I группе животных под влиянием систолической перегрузки отмечалось значительное увеличение сердечного выброса: через 2 дня на 20%, через 7—на 21,2%, через 30—на 14,4%. У животных II группы через 2—7 дней МОС увеличивался только на 8,6%, а через 30—всего на 2%, и у животных III группы это увеличение было еще менее выраженным: через 2 дня на 6,7%, а через 7—на 5,2%. Аналогичные изменения наблюдались и со стороны ударного объема.

Таблица 1

Изменение гемодинамических показателей у кроликов до и после сужения восходящей аорты на разных высотах

Группы животных	Сроки исследования	МОС, мл/мин/мг	ОЦК, мл/кг	УО, мл/уд/кг	КЭЦ	МК, мл/мин/100 г
I 1000 м над уровнем моря (г. ЕРЕВАН)	контроль	179±5,6	107±3,1	0,7±0,025	1,67±0,03	65±3,2
	через 2 дня после сужения аорты	215±7,8 <0,01	152±8,8 <0,02	0,82±0,08 <0,01	1,41±0,04 <0,01	119±4,1 <0,01
	через 7 дней	217±8,7 <0,01	157±7,8 <0,02	0,87±0,03 <0,01	1,38±0,045 <0,01	121±5,1 <0,01
	через 30 дней	205±8,2 <0,01	140±9,2 <0,002	0,83±0,02 <0,02	1,46±0,035 <0,002	91±5,1 <0,01
II 2000 м над уровнем моря (НОР-АМБЕРД)	контроль	209±8,5	102±7,5	0,74±0,03	2,04±0,04	79±2,8
	через 2 дня после сужения аорты	227±10,2 >0,05	126±6,8 >0,05	0,79±0,025 >0,05	1,80±0,045 >0,05	98±3,1 <0,001
	через 7 дней	227±11,0 >0,05	129±7,1 >0,05	0,80±0,02 >0,05	1,80±0,040 >0,05	97±3,3 <0,002
	через 30 дней	205±8,5 >0,5	106±4,6 >0,5	0,77±0,03 >0,5	1,98±0,035 >0,5	76±3,0 >0,5
III 3250 м над уровнем моря (АРАГАЦ)	контроль	268±13	120±5,5	0,9±0,3	2,23±0,045	87±6,1
	через 2 дня после сужения аорты	286,±5,5 >0,05	136±6,4 >0,05	0,92±0,025 >0,5	2,10±0,05 >0,5	98±6,6 >0,05
	через 7 дней	282±10 >2,05	138±8,7 >0,05	0,93±0,02 >0,5	2,04±0,05 >0,5	96±6,5 >0,05
IV	Обратное развитие	176±9,1 <0,05	101±4,6 >0,5	0,71±0,03 >0,25	1,64±0,03 >0,5	63±2,2 <0,01

ОЦК у всех групп животных [1—3] в аварийной стадии также увеличивался по сравнению с контролем. Но если у животных I группы это увеличение составило 42—47%, то во II—23,5—26,4%, а в III—только 13—15%, т. е. у животных, адаптированных к высотной гипоксии, под влиянием дополнительной гемодинамической перегрузки, радиокардиографические показатели увеличиваются в значительно меньшей степени, чем у неадаптированных. Подтверждением этого положения является и динамика интегрального показателя гемодинамики (КЭЦ): если в I группе животных через 2 дня после операции он снизился на 18,4%, то во II—на 13,3%, а в III группе—на 6,1%. Через 7 дней эти показатели соответственно составили 21; 13,3 и 9,3%.

Зная, что величина тканевого кровотока миокарда находится в прямой зависимости от коронарного кровообращения и систолической перегрузки желудочков сердца, следовало ожидать увеличение миокардиального кровотока у животных, подвергшихся сужению аорты, незави-

симо от их исходного состояния. Однако полученные нами данные показали, что если у животных I группы в стадии острой гемодинамической перегрузки миокардиальный кровоток через 2 дня после создания порока увеличивался почти вдвое (83%), то во II группе он возрастал на 24%, а в III—всего на 12%. То же самое отмечалось и через 7 дней; кровоток увеличивался соответственно на 86; 22,7 и 10,3%.

Через 30 дней после создания стеноза аорты у адаптированных животных все исследованные гемодинамические показатели почти достигали нормального уровня, в то время как у неадаптированных они оставались измененными.

В IV группе животных, у которых исследовались процессы реадаптации после переброски животных с высоты 2000 м на уровень 1000 м (г. Ереван), отмечалось постоянное восстановление всех кардиографических показателей, которые через 3 месяца почти не отличались от нормальных (табл. 1).

В целом на основании имеющихся литературных и наших данных можно сделать заключение, что адаптация к высотной гипоксии влечет за собой гипертрофию миокарда с увеличением мощности миокардиальных клеток, мобилизацией функции кровообращения в виде увеличения сердечного выброса, миокардиального кровотока и других показателей общей гемодинамики.

В то же время у животных, подвергшихся сужению аорты, дополнительная, острая гемодинамическая перегрузка не приводит к соответствующему нарастанию гипертрофии миокарда и показателей гемодинамики в зависимости от уровня высотной гипоксии.

Результаты наших предварительных исследований свидетельствуют о том, что адаптация к высотной гипоксии действительно является эффективным фактором профилактики экспериментальной недостаточности миокарда.

Полученные нами результаты в опытах на животных дают основание для клинико-физиологического изучения возможности использования предварительной адаптации к высотной гипоксии для профилактики некоторых заболеваний системы кровообращения.

Институт кардиологии им. Л. А. Оганесяна МЗ Арм. ССР,
Институт физики Госкомитета по использованию
атомной энергии

Поступило 19/VI 1978 г.

ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ Ն. Մ., ՎԱՐՈՍՅԱՆ Մ. Հ., ՋԱՔԱՐՅԱՆ Հ. Բ.,
ԲԱՂՐԱՄՅԱՆ Ի. Գ., ԲԱԲԱՅԱՆ Ա. Հ., ՏԻԳՐԱՆՅԱՆ Կ. Տ.

ԲԱՐՁՐՈՒՆՔԱՅԻՆ ՀԻՊՈՔՍԻԱՅԻՆ ԱԴԱՊՏԱՑԻԱՅԻ ԵՆԹԱՐԿՎԱԾ ԱՈՐՏԱՅԻ ՆԵՂԱՑՈՒՄՈՎ ԿԵՆԴԱՆԻՆԵՐԻ ՀԵՄՈԴԻՆԱՄԻԿԱՅԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ամփոփում

Աշխատանքը նվիրված է տարբեր աստիճանի բարձունքային հիպոքսիայի ազդեցությանը աորտայի նեղացմամբ ճագարների հեմոդինամիկայի և սրտամկանի միկրոցիրկուլյացիայի ցուցանիշների փոփոխության վրա։

ԳՐԱԴԱՐԱՆ
ԱԿԱԴԵՄԻԱ

N. M. HOVANE-SIAN, M. A. VAROSSIN., H. B. ZAKARIAN., I. G. BAGHRAMIAN, A. H. BABAYAN., K. T. TIGRANIAN

HEMODYNAMIC CHANGES IN ANIMALS WITH AORTIC OCCLUSION FOLLOWING ADAPTATION TO HIGH-ALTITUDE HYPOXIA

Summary

The effect of adaptation to different levels of high-altitude hypoxia on the main hemodynamic parameters and myocardial microcirculation in rabbits is analyzed in the article.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Акопян С. А., Акопян Н. С.* Биол. ж. Армении, 1968, 8, 81. 2. *Барбашова З. И.* и др. Физиол. ж. СССР, 1967, 2, 199. 3. *Барбашова З. И.* и др. Космич. биология, 1969, 4, 6. 4. *Васильев П. В., Углова Н. Н.* В кн.: «Проблемы космич. биологии», 1967, 7, 215. 5. *Ван-Лир Э., Стикней К.* Гипоксия. Медицина, М., 1967. 6. *Ильин Г. И.* Вопр. медхимии, 1956, 8, 97. 7. *Малов Г. А.* Мед. радиология, 1966, 2, 33. 8. *Меерсон Ф. З.* Кардиология, 1973, 13. 9. *Меерсон Ф. З.* Адаптация сердца к большой нагрузке и сердечная недостаточность, 1975. 10. *Меерсон Ф. З.* Компенсаторная гиперфункция и недостаточность сердца. М., 1960. 11. *Миррахимов М. М.* Сердечно-сосудистая система в условиях высокогорья. Медицина. Л., - 1968. 12. *Миррахимов М. М.* Болезни сердца и горы. Фрунзе, 1971. 13. *Оганесян Н. М.* Автореферат, 1970. 14. *Русик В. Я.* В кн.: «Вопросы физиологии труда и спорта». Ярославль, 1968, 48. 15. *Сиротин Н. И.* Пат. физиол., 1964, 5, 12. 16. *Kelly S. S.* Amer. H. J., 38, 321, 1949. 17. *Lassen N. A.* Intern. Hohous. of : torguy syostland, Stockholm, 1967, 136—145. 18. *Sullram I. M., Warren I. et al.* Circul., 1965, 32, 4, 2, 11—204. 19. *Urbanova* D. 1973, 112, 45, *Widimsky I. et al* Cas. Lek. ces., 1389—1393. 20. *Weglicki W. et al* Am. J, Physiol., 1969, 216, 5, 1219—1225. 21. *Widimski I., Urbanova D. et al.* Cardiovasc. Res., 1973, 7, 6, 798—808