

ВЛИЯНИЕ УМЕРЕННОЙ ГИПОКСИИ И ФИЗИЧЕСКОЙ  
НАГРУЗКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
АКТИВНОСТИ МОЗГА И ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА КРОЛИКОВ

Л. Г. АРУТЮНЯН, М. С. БАРХУДАРЯН, С. П. АРУТЮНЯН

На пятнадцатый день адаптации кроликов к умеренной гипоксии действие физической нагрузки не приводит к напряжению терморегуляции и биоритмики головного мозга. Полученные данные свидетельствуют о приобретении организмом необходимых компенсаторно-приспособительных реакций.

*Ключевые слова:* умеренная гипоксия, физическая нагрузка, биоэлектрическая активность.

Установлено, что при адаптации к высотной гипоксии в горах или к периодическому действию гипоксии в условиях барокамеры возрастает устойчивость организма к чрезвычайным раздражителям [1, 3, 5, 7].

Исследованию функционального состояния центральной нервной системы по показателям изменения биоэлектрической активности головного мозга при действии гипоксии посвящено много работ [1, 2, 8]. Однако динамика биоэлектрической активности головного мозга животных в процессе адаптации к гипоксии и при действии физической нагрузки изучена недостаточно.

Нами ставилась задача изучить состояние биоэлектрической активности коры головного мозга и гипоталамуса у кроликов в динамике адаптации к условиям умеренной гипоксии при действии физической нагрузки.

*Материал и методика.* Опыты проводились на 12 кроликах. Умеренная гипоксия создавалась в барокамере снижением барометрического давления до величин, соответствующих высоте 2500 м над ур. м. Продолжительность пребывания в этих условиях составляла 2 ч. Исследования проводились на 1, 5, 10, 15-ые дни адаптации. В качестве функциональной пробы была использована физическая нагрузка, которая предъявлялась кроликам в опытные дни до подъема на высоту и на 120-й минуте пребывания на высоте.

Вживление электродов в гипоталамус, а именно в переднюю преоптическую зону (АРМ) и в заднее гипоталамическое ядро (ННР), осуществлялось по координатам атласа Фифкова и Маршала [10]. Кортиковые потенциалы регистрировались из сенсорной, зрительной коры при помощи серебряных электродов, а подкорковые—из АРМ и ННР константановыми электродами. Регистрация биоэлектрической активности велась до действия гипоксии, после физической нагрузки, затем на высоте на 30, 60, 90-й и 120-й минуте пребывания и при физической нагрузке на высоте. По окончании эксперимента локализация электродов уточнялась гистологически.

Температура тела кроликов измерялась ректально до начала эксперимента, после действия физической нагрузки и в конце эксперимента электротермометром типа ТПЭМ-1.

*Результаты и обсуждение.* Анализ фоновой активности головного мозга кроликов показал, что электрокортикограмма 1-го дня характеризовалась потенциалами двух типов. В сенсорной и зрительной области коры, а также в заднем гипоталамусе доминирующими были волны с частотой 4—5 кол./сек и амплитудой 75—150 мкв. В переднем гипоталамусе преобладала медленная (2—3 кол./сек) высоковольтная (150—250 мкв) активность. Наши данные совпадают с результатами других авторов [3, 9, 11], изучавших спонтанную электрическую активность гипоталамуса у кроликов и обнаруживших, что в переднем гипоталамусе преобладают медленные волны, а в заднем—низковольтная быстрая активность.

Температура тела кроликов находилась в пределах  $38-38,8^{\circ}$  и в среднем составляла  $38,3 \pm 0,08^{\circ}$ .

При исследовании ЭЭГ на 5-й день на исходном фоне у всех кроликов прослеживалась та или иная степень ирритации биоэлектрической активности. Возросла частота биопотенциалов в переднем и амплитуда—в заднем гипоталамусе. Температура тела кроликов была такой же, как и в 1-й день.

В последующие дни гипоксического воздействия (10-й день) в изучаемых отделах головного мозга наблюдалась следующая картина: в АРМ доминировали волны с частотой 5—6, 4 кол./сек, амплитудой 100—150 мкв, в ННР, зрительной и сенсорной коре с частотой 4—6 кол./сек, амплитудой 100—200 мкв.

На 15-й день, также как и на 10-й, отмечались частые колебания в АРМ и увеличение амплитуды биопотенциалов в ННР и коре. Они составляли соответственно 5—6 кол./сек с амплитудой 100—150 мкв и 4—6 кол./сек с амплитудой 100—200 мкв.

Температура тела опытных кроликов в динамике хронического воздействия умеренной гипоксии достоверно понижалась. Так, если в 1-й день исследования она в среднем составляла  $38,3 \pm 0,08^{\circ}$ , то на 15-й день она достоверно понижалась до  $37,9 \pm 0,09^{\circ}$  ( $P < 0,001$ ).

Таким образом, можно сказать, что возрастание и стабилизация общего уровня биоэлектрической активности головного мозга как в коре, так и в подкорковых образованиях, достоверное понижение температуры тела к 15-му дню опыта свидетельствуют о приспособительных реакциях организма и установлении нового уровня гомеостазиса корково-подкорковых взаимоотношений.

Механизм усиления активации коры и подкорки связан, по-видимому, с возбуждающим влиянием умеренной гипоксии на нейроны гипоталамуса, в результате чего наблюдается усиление восходящего афферентного разряда гипоталамуса на нейроны коры.

У контрольных животных в течение пятнадцати дней особых изме-

нений в биоэлектрической активности мозга не наблюдалось. Характерным для них является состояние спокойного бодрствования.

Интерес представляло выявление реакций, наступающих при выполнении мышечной работы. Ниже приводим экспериментальные данные, полученные при воздействии физической нагрузки до подъема кроликов на высоту на 1, 5, 10 и 15-ые дни.

В обычных условиях атмосферного давления физическая нагрузка вызывала у кроликов реакцию активации, выражающуюся на электроэнцефалограмме в учащении биоэлектрических колебаний в коре и подкорке (8—9 кол./сек.). Однако особо заметное учащение ритма наблюдалось в переднем гипоталамусе. Реакцию активации на ЭЭГ у кроликов при действии физической нагрузки мы склонны объяснить усилением поступающей проприорецептивной афферентной импульсации к нейронам восходящей активизирующей системы ретикулярной формации среднего мозга и гипоталамуса. Это подтверждается экспериментами [6].

Температура тела кроликов при действии физической нагрузки достоверно повышалась в среднем на  $0,3^{\circ}$  ( $P < 0,01$ ). На 5-й и 10-й дни действие физической нагрузки приводило в основном к уменьшению амплитуды биопотенциалов в преоптической зоне до 50—100 мкв и некоторому учащению ритма, — достигающего в отдельных случаях до 6—7 кол./сек.

Поскольку на 15-й день фоновых исследований нами был выведен сдвиг биоэлектрической активности головного мозга кроликов в сторону быстрых колебаний, а именно в АРМ и ННР ритм в основном был равен 5—6 кол./сек, а амплитуда—100—150 мкв, на этом фоне действие физической нагрузки привело к незначительному учащению ритма до 6,6 кол./сек и уменьшению амплитуды до 75 мкв.

Следовательно, можно отметить, что по сравнению с исходными фоновыми данными биоэлектрической активности мозга на 15-й день адаптации физическая нагрузка не вызывала особых изменений. В пользу этого свидетельствует и температурная реакция. Если температура тела кроликов после действия физической нагрузки в 1-й день исследования повышалась на  $0,3^{\circ}$  ( $P < 0,01$ ), на 10-й день адаптации в этих же условиях опыта она понижалась на  $0,4^{\circ}$  ( $P < 0,05$ ). На 15-й день исследования, когда исходная температура тела была пониженной и составляла  $37,9^{\circ}$ , действие физической нагрузки не приводило ни к каким изменениям и температура оставалась на том же уровне— $37,9^{\circ}$ .

Таким образом, действие физической нагрузки не вызывало у адаптированных кроликов заметных сдвигов в ЭЭГ и терморегуляции, что свидетельствует о повышении устойчивости последних к действию дополнительных факторов.

Для того, чтобы проследить, как изменяется реактивность организма в процессе приспособления животных к умеренной гипоксии,

дальнейшее исследование проводилось при двухчасовой экспозиции на высоте 2500 м, а также при действии физической нагрузки в этих условиях.

Можно отметить, что в первый день при 30-минутном пребывании кроликов на высоте 2500 м на ЭЭГ в основном выражена тета-активность со сравнительно высокой амплитудой.

На 60, 90, 120-й минутах пребывания кроликов на высоте в исследуемых отделах коры головного мозга и субкортикальных структурах на ЭЭГ регистрировалась полиморфная картина. Наряду с ритмом 1,5—3 кол./сек, амплитудой 100—250 мкв, отмечалась и тета-активность с частотой 4—5 кол./сек.

Действие физической нагрузки на высоте в 1-й день исследования приводило к подавлению биоэлектрической активности в исследуемых структурах головного мозга, выражающемуся в основном в уменьшении частоты биопотенциалов до 2—3 кол./сек с амплитудой 100—150 мкв. Температура тела кроликов понижалась в среднем на  $0,1^{\circ}$  ( $P < 0,05$ ).

На 5-й день адаптации кроликов при записи биопотенциалов мозга как на 30-й минуте пребывания на высоте, так и при двухчасовой экспозиции в ЭЭГ преобладала полиморфность. Действие физической нагрузки на высоте в этот период исследований приводило в основном к высокоамплитудной активности во всех исследуемых зонах головного мозга. Температура тела кроликов при этом повышалась в среднем на  $0,8^{\circ}$  ( $P < 0,05$ ): если до воздействия температура тела была равна  $38,4 \pm 0,22^{\circ}$ , то после него —  $39,2 \pm 0,33^{\circ}$ .

У адаптированных кроликов на 10-й и особенно на 15-й день отсутствовала реакция активации, а на 60, 90, 120-й мин имело место состояние спокойного бодрствования в АРМ и зрительной коре в первую очередь, затем в ННР и сенсорной коре.

Изучение действия сочетанного влияния умеренной гипоксии и физической нагрузки в динамике адаптации кроликов свидетельствует о лучшей приспособляемости адаптированного организма к действию физического фактора, а именно на 15-й день адаптации кроликов действие физической нагрузки не приводило к активации биоритмики изученных отделов мозга, наоборот, колебание частоты биопотенциалов находилось в пределах 2,4—3,8 кол./сек, амплитуда равнялась 75—150 мкв (рис.). До подъема кроликов на высоту температура тела на 15-й день составляла  $37,9^{\circ}$ , после сочетанного влияния умеренной гипоксии и физической нагрузки она равнялась  $37,8^{\circ}$  ( $P < 0,05$ ).

Изложенные данные позволяют предположить, что в процессе приспособления кроликов к умеренной гипоксии наблюдается адаптация центральных структур, поддерживающих гомеостаз возбудимости мозга, следствием чего является менее выраженная активация коры и подкорки при сочетанном действии умеренной гипоксии и физической нагрузки. В пользу этого говорит температура тела кроликов на 15-й день. Физическая нагрузка в условиях умеренной гипоксии в этот пе-

риод исследования не приводила почти ни к каким отклонениям от исходной температуры.

Изучая динамику изменения электроэнцефалографических показателей, температуры тела у адаптированных кроликов при действии

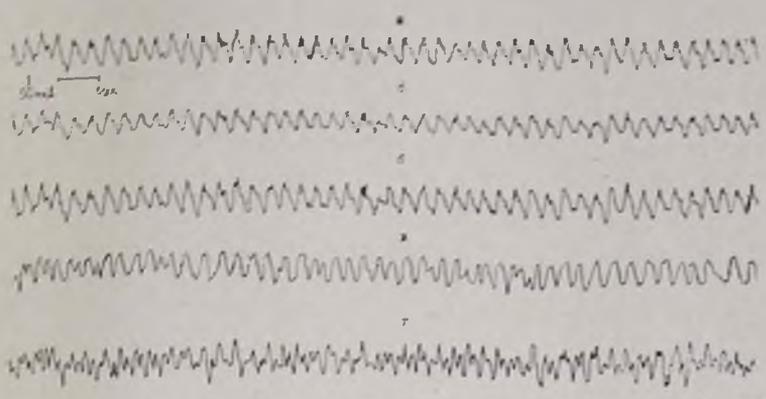


Рис. Влияние физической нагрузки на ЭЭГ кроликов в условиях умеренной гипоксии на 15-й день: а) сенсорная область коры головного мозга, б) передний гипоталамус—АРМ, в) зрительная область коры, г) задний гипоталамус—НПР, д) ...

физической нагрузки и умеренной гипоксии, мы пришли к выводу, что отсутствие четко выраженных изменений температуры тела и ЭЭГ кроликов на 15-й день исследований связано с развитием приспособительных механизмов вследствие изменений функций центральной нервной системы.

Армянский НИИ общей гигиены и профзаболеваний  
им. Н. Б. Акопяна

Поступило 8.VII 1980 г.

**ՉՊԲԱՎՈՐ ՀԻՊՈՔՍԻԱՅԻ ԵՎ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԾԱՆՐԱՐՆԵՆԳԱՑՈՒԹՅԱՆ ԱՂԵՆՑՈՒԹՅՈՒՆԵՐ ԸՍԳՎՐՆԵՐԻ ՊԼԵՆՈՒԼԵՂԻ ԿԵՆՍԱՄԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՄԱՐՄՆԻ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ՎՐԱ**

Լ. Գ. ՀԱՐՈՒՅՈՒՆԻԱՆ, Մ. Ս. ԲԱՐԿՄԱՐԻԱՆ, Ս. Պ. ՀԱՐՈՒՅՈՒՆԻԱՆ

*Չափավոր հիպոքսիայի ազդեցության 15-րդ օրը, ֆիզիկական ծանրաբեռնվածությամբ ազդելիս, ջերմականունավորման և կենսառիթմի լարվածության չի առաջանում, որը վկայում է օրգանիզմի կոդմից ձեռք բերած կոմպենսատոր հարմարողական սեպիցիայի մասին:*

**THE EFFECT OF MILD HYPOXIA AND PHYSICAL LOAD ON THE CHANGES OF BIOELECTRIC ACTIVITY OF BRAIN AND BODY TEMPERATURE OF RABBITS**

L. G. HARUTUNIAN, M. S. BARKHUDARIAN, S. P. HARUTUNIAN

It has been shown that on the 15-th day of rabbit training to moderate hypoxia the effect of physical load doesn't bring to the tension

of heat regulation and biorhythms of brain. Received data testify to acquisition of necessary compensatory accommodative reactions by the organism.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Агаджанян Н. А. Журн. высш. нервн. деятельности. 19, 1, 176, 1971.
2. Асямолова Н. М. III Всесоюз. конф. по авиац. и косм. медицине. 1, 27—29, 1969.
3. Бахлаваджян О. Г. Вегетативная регуляция электрической активности мозга. Л., 1967.
4. Барбашова З. И. Акклиматизация к гипоксии и ее физиологические механизмы. Л., 1960.
5. Егоров П. Е., Агаджанян Н. А. Космич. биол. и медн. 3, 1, 1969.
6. Котляр Б. И., Коложный Л. В. Журн. высш. нервн. деят., 14, 4, 611, 1966.
7. Меерсон Ф. З., Кругликов Р. И., Соломатина Е. С. Пат. физиол. и эксп. терап. 3, 7—15, 1973.
8. Медведев В. М., Загрядский В. П., Сулимо-Самуйло Э. К. Физиол. человека, 4, 5, 820—827, 1978.
9. Тонких А. В. Гипоталамо-гипофизарная область и регуляция физиологических функций организма. М., 1965.
10. Фифков Е., Маршал Дж. В кн.: Буреша Я. и Петрань М. Электрофизиологические методы исследования. М., 1962.
11. Green and Moren. Amer. J. Physiol., 1, 175, 1953.