РЕАКЦИЯ НЕЙРОНОВ ГИПОТАЛАМУСА НА ЛОКАЛЬНУЮ ТЕРМИЧЕСКУЮ СТИМУЛЯЦИЮ РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКОВ КОЖИ

Э. Халилов

Мақолада терининг турли қисмларидаги терморецепторлардан температура сигналлари гипоталамуснинг тана ҳароратини бошқарувчи марказ нейронларига бориши кўрсатилган.

Калит сўзлар: *хароратни сезувчи нейронлар, гипоталамус, терморецепторлар, термонейтрал зона, тери температураси.*

В статье показано, что к термочувствительным нейронам центра терморегуляции в гипоталамусе поступают информации от терморецепторов различных участков кожи.

Ключевые слова: *гипоталамус, терморецепторы, термочувствительные нейроны, термонейтральная зона, температура кожи.*

This article considers thermoreseptors of different areas of skin which gives information to thermosensorial neurons of the centre of the thermoregulation in hypothalamus.

Key words: *hypothalamus, thermoreseptors, thermosensorial neurons, thermoneutral, the temperature of skin.*

В настоящей работе исследованы реакции нейронов гипоталамуса кроликов на локальное изменение температуры в двух различных участках кожи, достаточно далеко отставленных друг от друга, а именно: области спинки носа и боковых (симметричных) участков кожи туловища в поясничной области.

Одновременная регистрация температуры и импульсной активности нейронов производилась с помощью специальной установки [1]. Такая установка давала возможность производить одновременную регистрацию электрической активности нейрона (количество импульсов за определенный интервал времени) и температуры в различных участках тела подопытного животного. Частота импульсации подсчитывалась специальным прибором и каждые 10 секунд отмечалась автоматически на бумажной ленте самопишущего потенциометра. Такая запись изменений частоты импульсации исследуемого нейрона продолжалась в течение всего опыта. Кроме того периодически по ходу опыта импульсация записывалась на магнитофонную ленту и впоследствии обрабатывалась на вычислительной машине. Отдельные образцы нейрограммы регистрировались на киноленте.

Изменения температуры кожи производились с помощью специальных медных термодов. Величина термического раздражения была выбрана из такого расчета, чтобы при охлаждении и нагревании кожи максимально возбуждались холодовые и тепловые кожные терморецепторы. Согласно литературным данным, таковым условиям соответствуют значения температуры кожи $28\text{-}24^0$ (охлаждение) и около $40\text{-}41^o$ (нагревание) [2,3,4,5].

В термонейтральной зоне (в исходном состоянии) температура кожи в области спинки носа у разных животных варьировала от 31° до 33°; температура кожи туловища была несколько выше: $34\text{-}36^o$. Таким образом, обогрев и охлаждение кожи производились на $4\text{-}10^o$ от уровня её в термонейтральной зоне.

Характер термического раздражения был выбран циклический, чтобы иметь возможность оценить закономерность возникновения реакций нейрона при предъявлении повторных тепловых и холодовых раздражений. Цикл термического раздражения был следующим: исходное состояние – холод – тепло – холод – тепло – возврат к исходному состоянию. Продолжительность такого цикла – 30-35 минут. Не каждый нейрон “работал” в течение этого времени, поэтому в дальнейшую обработку вошли нейроны, которые подвергались, если не полному циклу раздражения, то обязательно – обоих контрастных температурных раздражений – холодового и теплового.

У 36 кроликов была исследована импульсная активность 354 нейронов гипоталамуса при повышении и снижении темпертуры двух раздельных участков кожи. Анализ реакций нейронов заднего и переднего гипоталамуса производится отдельно.

В области заднего гипоталамуса на 20 кроликах была изучена импульсная активность 200 нейронов. Из общего количества обследованных нейронов на изменение температуры кожи реагировало 56 нейронов (28%). Реакция нейрона выражалась в статистически достоверном ($P < 0,05$) изменении средней частоты импульсной активности (в сравнении с средней частотой разряда данного нейрона в исходном состоянии).

Для характеристики реакций нейронов на изменение температуры мы использовали принятую в литературе по терморегуляции классификацию. Нейрон определялся как “холодовой” или “холодочувствительный”, если его импульсация в ответ на снижение температуры возрастала, а в ответ на повышение её – соответственно снижалась. Напротив, “тепловой” нейрон (или теплочувствительный) реагировал увеличением частоты разряда в ответ на повышение температуры кожи и уменьшением импульсации – в ответ на ее снижениие.

Температурная информация от терморецепторов кожи поступает в гипоталамус, что не является совершенно новым фактом. В ряде работ на разных животных это установлено [6,7,8,9]; одни в этих работах, как правило, использовали изменение температуры практически всей поверхности кожи, или какого-либо одного участка. В нашей работе исследованы реакции нейронов гипоталамуса кроликов на локальное изменение температуры кожи, далеко отставленных друг от друга.

Характер изменения частоты импульсации нейронов заднего гипоталамуса при контрастных температурных раздражениях приведен в таблице 1.

Таблица 1

Область температурного воздействия	Количество обследованных нейронов	% реагирующих нейронов	Температурное воздействие			
			Охлаждение кожи		Нагревание кожи	
			Характер изменения частоты импульсации			
			Учащение	Урежение	Учащение	Урежение
Область кожи спинки носа	136	32	36	2	3	3
Область кожи туловища	135	32	37	-	-	7

Общее количество обследованных нейронов (271), приведенное в таблице, получается несколько больше, чем было приведено в тексте (200 нейронов). Это происходит оттого, что часть нейронов (71) работала в течение времени, достаточного для того, чтобы обследовать их на термическое раздражение обеих зон кожи – и спинки носа, и области туловища. В таблице они попали соответственно и в 1, и во 2 графу, как разные нейроны.

Как следует из таблицы, количество термочувствительных нейронов в заднем гипоталамусе, реагирующих на термическую стимуляцию таких участков кожи, как область спинки носа и туловища, в процентном отношении одинаково. Однако, согласно приведенным выше определениям тепловых и холодовых нейронов, все нейроны, обнаруженные при температурной стимуляции локальной области туловища, оказались холодовыми (44 нейрона); при температурном раздражении области спинки носа 39 нейронов определены как холодовые и 5 – как “тепловые”.

Представляем осциллограммы одного из “холодовых” нейронов заднего гипоталамуса на рис 1.

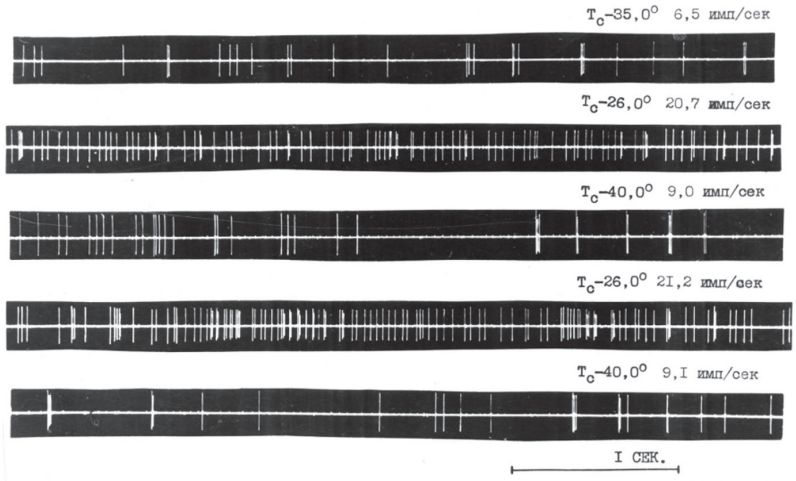

Рис.1. ***Реакция “холодового” нейрона заднего гипоталамуса на локальное изменение температуры кожи боковых участков туловища –Тс***

В исходном состоянии средняя частота импульсной активности этого нейрона была равна 6,5 импульсов в секунду. При снижении температуры кожи в области боковых участков туловища до 25° импульсация возросла до 20,7 имп/сек; при последующем повышении температуры кожи до 40° средняя частота разрядов уменбшалась до 9,0 импульсов в секунду. Аналогичным образом нейрон реагирует и при повторной температурной стимуляции данной области кожи.

Осциллограммы "теплового"нейрона в исходном состоянии и во время температурного раздражения кожи представлены на рис 2.

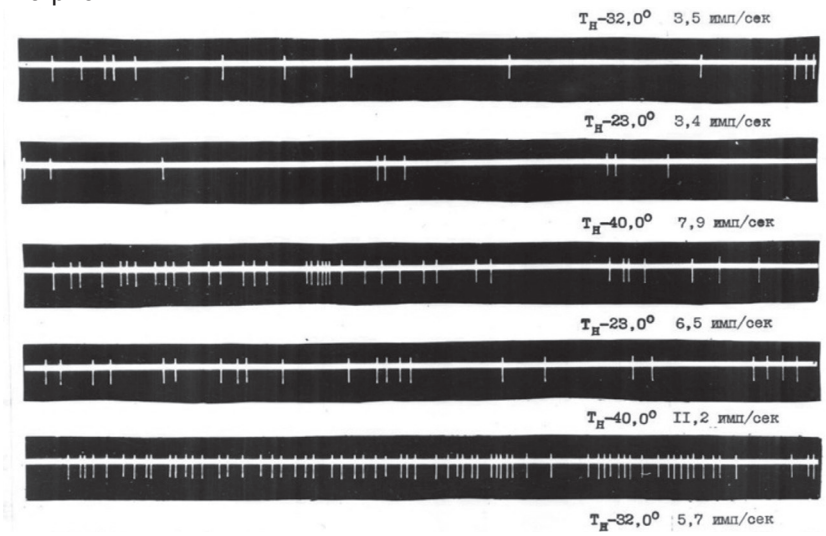

Рис.2. ***Реакция теплового нейрона заднего гипоталамуса на локальное изменение температуры кожи области спинки носа - Тн.***

Как видно из рисунка, на первое снижение температуры кожи спинки носа от 32° до 23° нейрон не изменяет частоту импульсации; на последующее нагревание кожи спинки носа до 40° средняя частота импульсации возрастает от 3,5 до 7,9 импульсов в секунду. На второе снижение температуры кожи импульсация несколько урежается (до 6,5 имп/сек), а повторное повышение температуры кожи спинки носа до 40° вызывает более значительное (чем в случае первой реакции на тепловую стимуляцию) увеличение частоты импульсной активности (до 11,2 имп/сек).

Таким образом, в области заднего гипоталамуса обнаружены нейроны (28%), импульсация которых зависит от изменения температуры кожи. Причем, подавляющее большинство таких нейронов активируется при снижении температуры кожи. Этот вывод является справедливым для обеих стимулируемых кожных зон (области спинки носа и боковых участков туловища).

В другой серии опытов были исследованы нейроны переднего гипоталамуса и перегородки на локальное изменение температуры тех же участков кожи. Всего на 16 кроликах было обследовано 154 нейрона. Из них на температурное раздражение кожи реагировал статистически достоверным изменением средней частоты импульсации 31 нейрон (21%).

Характер изменения частоты импульсации нейронов переднего гипоталамуса при термической стимуляции проанализирован в таблице 2.

Таблица 2

Область температурного воздействия	Количество обследованных нейронов	% реагирующих нейронов	Температурное воздействие			
			Охлаждение кожи		Нагревание кожи	
			Характер изменения частоты импульсации			
			Учащение	Урежение	Учащение	Урежение
Область кожи спинки носа	114	16	12	1	4	1
Область кожи туловища	120	22	18	1	6	1

Как следует из таблицы 2, в процентном отношении количество нейронов в переднем гипоталамусе, реагирующих на термическую стимуляцию локальной области кожи туловища, несколько больше,

чем реагирующих на стимуляцию кожи спинки носа, но эти различия настолько невелики, что нам кажется нецелесообразным делать какие-либо предположения на основании этих данных. Зато из той же таблицы видно, что в переднем гипоталамусе обнаружено значительно больше тепловых нейронов (в сравнении с областью заднего гипоталамуса, таблица 1). При температурной стимуляции кожи области спинки носа в переднем гипоталамусе обнаружено 13 холодовых нейронов и 5 тепловых; при температурной стимуляции кожи области туловища – 19 холодовых и 7 тепловых нейронов.

На рисунке 3 представлены изменения средней частоты импульсации одного из “холодовых” нейронов переднего гипоталамуса и температуры мозга и кожи, зарегистрированных на ленте самопишущего потенциометра.

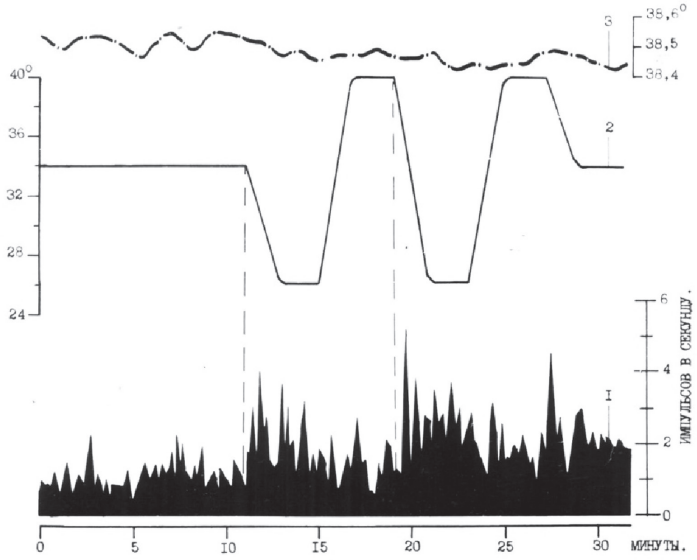

Рис. 3. ***Реакция холодового нейрона переднего гипоталамуса на локальное изменение температуры кожи боковых участков туловища. 1 - реальная запись средней частоты импульсации нейрона; 2 - температура кожи боковых участков туловища; 3 - температура гипоталамуса.***

Как видно из рисунка, в ответ на снижение температуры кожи наблюдается реакция учащения импульсной активности нейрона с последующим понижением ее до исходного уровня при нагревании кожи. Закономерность этой реакции наблюдается и при повторном охлаждении и нагревании кожи.

На следующем рисунке 4 показана реакция теплового нейрона переднего гипоталамуса.

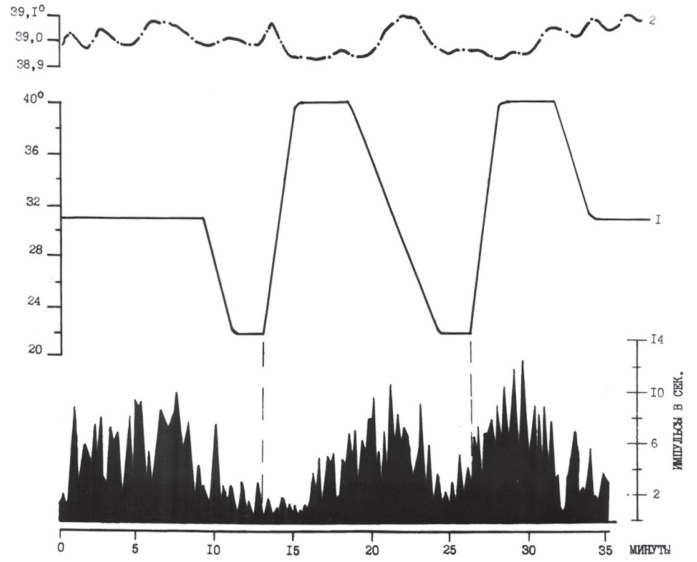

Рис. 4. ***Реакция теплового нейрона переднего гипоталамуса на изменение температуры кожи области спинки носа. 1 - температура кожи области спинки носа; 2 - температура гипоталамуса; внизу - реальная запись средней частоты импульсации нейрона.***

Видно урежение средней частоты импульсной активности нейрона при понижении температуры и учащение её при повышении температуры кожи.

Если количественно термочувствительных нейронов принять за 100%, то в переднем гипоталамусе соотношение холодовых и тепловых нейронов оказывается 73% и 27%; в заднем гипоталамусе – соответственно 94% и 6%. То есть в идентичных условиях опыта (стабильная величина термического воздействия, фиксированное место раздражения и его площадь, наконец, примерно равные выборки обследованных нейронов в обеих областях гипоталамуса) в МПО большее количество нейронов отвечает на тепловую стимуляцию кожи с обеих кожных зон, а в заднем гипоталамусе – соответственно большее количество нейронов реагирует на холодовую стимуляцию. Хотя в целом в обеих зонах преобладают “холодочувствительные” нейроны. Последний факт в общем согласуется с литературными данными, и, видимо, является отражением в центре терморегуляции известного преобладания в коже холодовых терморецепторов. Что же касается первого факта (т.е. того, что в переднем гипоталамусе обнаружено больше тепловых нейронов, чем в заднем гипоталамусе), то он получен впервые. Несмотря на общее мнение, что в коже очень мало тепловых рецепторов, тем не менее в “тепловом” центре в переднем гипоталамусе реакция на их стимуляцию оказывается более интенсивной, чем в заднем гипоталамусе.

Таким образом, в переднем гипоталамусе больше термочувствительных нейронов, получающих информацию от тепловых терморецепторов кожи, в сравнении с задним гипоталамусом. Это подтверждает мнение, что передний гипоталамус является центром “теплоотдачи”, которому наиболее важна информация о нагревании организма, внутреннем или внешнем. Для заднего гипоталамуса, существеннее холодовая импульсация от терморецепторов кожи, поскольку этот центр терморегуляции управляет реакциями, направленными на повышение теплопродукции и сохранение тепла в организме.

Литература:

1. Гехман Б.И., Ильин В.И., Морозов Г.В. Установка для электрофизио -логических и термометрических исследований Физиол. ж. СССР, 1973, т.59, № 7, с. 1130-1133

2. Hensel H., Zotterman Y. Action potentiale of cold fibres and intracutanecus temperature gradient. – J. Neurophysiol., 1951a, v.14, №5, p. 377-385.

3. Hensel H., Zotterman Y. The response of mechanoreceptors to thermal stimulation. J. Physiol. (L.), 1951 b, v.115, №1, p. 16-24.

4. Минут-Сорохтина О.П. Физиология терморецепции. – ИздМедгиз, М.,1972.

5. Iggo A. Temperature discrimination in the skin.- Nature, 1964, v.204, №4957, p.481-483.

6. Дымникова Л.П. Импульсная активность нейронов заднего гипоталамуса при изменении температуры мозга и кожи у ненаркотизированных кроликов. – Нейрофизиология, 1973, т.5, №5 с.490-496,-.

7. Wit A., Wang S. Effect of inoreasing ambient temperature of unit activity in hypothalmic region. – Ped. Procced., 1967, v.26, №1, p. 23-28.

8. Hellon R.F. Interaction between peripheral temperature receptors and central neurones responding to brain temperature. – J. Physiol.(L),1970, v.210, №2,p. 161-162.

9. Дымникова Л.П., Кушаков Д. Взаимодействие центральных и периферических температурных сигналов на термочувствительных нейронах гипоталамуса. – Нейрофизиология, 1976, т.8, №6, с.613-619.

Андижон давлат университети,
2016 йил 2 февралда қабул қилинган
(Тақризчи: проф. Л.М.Саидбаева)