

УДК 612.825+612.826:612.014.42:616—073.65:612.31

К. В. Мирончик, Т. Б. Кулакова

ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ НЕКОТОРЫХ СТРУКТУР ГОЛОВНОГО МОЗГА КОШЕК ПРИ ПИЩЕВОМ ВОЗБУЖДЕНИИ

Получение и прием пищи — многокомпонентный акт, выполнение которого требует согласованного взаимодействия многих систем организма и обеспечивается участием центральных нервных механизмов регуляции, функционально объединенных в понятие пищевого центра. К пищевому центру относят мозговые структуры, расположенные на различных уровнях центральной нервной системы, функционально связанные с рецепторами, которые возбуждаются при приеме пищи. В естественных условиях пищевое поведение включает поиск пищи и добычу ее, сам акт еды и поступление продуктов пищеварения во внутреннюю среду организма. При этом, прежде чем раздражаются рецепторы желудочно-кишечного тракта, возбуждается ряд анализаторов, связанных с пищевым поведением. В первую очередь — это структуры, относящиеся к зрительному, слуховому и двигательному анализаторам.

Состояние различных отделов пищевого центра в связи с приемом пищи изучали, в основном, с помощью метода регистрации электрической активности мозга. Изучение электроэнцефалографических коррелятов реакций поиска пищи и акта еды в отдельных структурах мозга показало, что активация распространяется по мозговым структурам избирательно. Поиск пищи и процесс еды связаны с разными системами мозга и по-разному изменяют электрическую активность различных структур, относящихся к пищевому центру [9, 23, 25, 30]. Структуры, наиболее активные при поиске пищи не активируются при еде и, наоборот, структуры, активирующиеся во время еды, оказываются менее активными при поиске пищи. Кроме того, были выявлены и такие структуры, которые оказываются активными при обеих формах пищевого поведения — и при поиске пищи и при еде [22, 23].

Наряду с электрофизическими характеристиками достаточно чувствительным показателем функциональных состояний различных органов и структур головного мозга, возникающих при действии разнообразных раздражителей, являются изменения их температуры [1—5, 8, 10—12, 14—16, 18, 20, 21, 26, 27, 29].

Исследования температурных реакций головного мозга в ответ на раздражение рецепторов желудочно-кишечного тракта начаты сравнительно недавно [2, 3, 6, 15, 20, 24], результаты их не идентичны, что по-видимому, обусловлено неодинаковыми условиями опытов, индивидуальными и видовыми особенностями подопытных животных.

Настоящая работа является попыткой дать систематизированную характеристику физиологического состояния разных отделов пищевого центра кошки при естественном пищевом возбуждении. Показателем физиологического состояния структур пищевого центра были изменения их температуры, у некоторых животных при этом регистрировали и электрическую активность его структур.

Методика исследований

Исследования проведены в условиях хронического эксперимента на 23 кошках, которым вживляли термодатчики в различные области коры и подкорки. Шести кошкам помимо термодатчиков были вживлены и электроды. Предметом нашего исследования были структуры, активирующиеся в процессе еды. Термодатчики вживляли в зрительную, слуховую, орбитальную и сенсомоторную кору, латеральное (GL) и медиальное (GM) колленчатые тела, вентральное постеромедиальное ядро таламуса (VPM), срединный центр таламуса (SM), латеральный отдел гипоталамуса (HL), вентромедиальный отдел гипоталамуса (HVM). Для контрольных исследований термодатчики были вживлены в структуры, не относящиеся к пищевому центру: задний отдел гипоталамуса (HP) и вентральное постеролатеральное ядро таламуса (VPL).

Термодатчики и электроды вживляли под нембуталовым наркозом (35—40 мг/кг внутривенно) в стереотаксическом приборе по ориентирам топографического атласа [28]. Крепление электродов и термодатчик к черепу осуществлялось с помощью быстротвердеющего пластика по [7]. Электроды изготовляли из нихромовой проволоки диаметром 0,5—0,7 мм в эмалированной изоляции. Термодатчики изготовляли из медного и константанового провода диаметром 0,12 мм, покрытого эмалированной изоляцией. Спай термодатчиков изолировался полистеролом. Исследования проводились в специальной камере со звукоизоляцией.

Температуру мозга измеряли термоэлектрическим методом. В качестве регистрирующих приборов использовались микроамперметры постоянного тока Н-37, в качестве усилителей — фотокомпенсационные микроверберметры типа Ф-18, предназначенные для измерения малых постоянных токов и напряжений. Схема установки предложена [15]. Чувствительность установки составляла $0,001^{\circ}\text{C}$ на 1 мм шкалы. Установка калибровалась методом охлаждения. Скорость движения бумаги — 600 мм/ч.

Биоэлектрическую активность мозга регистрировали с помощью восьмиканальной чернильнопишущего электроэнцефалографа «Риега-8» фирмы Альвар. Локализацию электродов и термодатчиков определяли по микротомным срезам головного мозга, фиксированного 10 % раствором формалина.

Результаты исследований

В состоянии покоя термоэнцефалограмма (ТЭГ) изучаемых структур непостоянна и отличается периодическим колебательным характером. Регистрировались как низкоамплитудные ($0,002$ — $0,01^{\circ}\text{C}$) колебания температуры, так и более высокоамплитудные волны ($0,02$ — $0,05^{\circ}\text{C}$). Аналогичный характер ТЭГ при изучении отдельных областей мозга отмечался многими исследователями [1—5, 10, 12, 15, 28, 27 и др.]. Амплитуда колебаний различна у разных животных. У одного и того же животного в различные опытные дни характер ТЭГ также может быть различным, он в значительной мере определяется физиологическим состоянием животного. При переходе из состояния покоя в состояние деятельности отмечается повышение температуры, при засыпании животного температура, наоборот, понижается.

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) в состоянии покоя характеризовалась наличием смешанных колебаний с участками нерегулярных медленных колебаний средней амплитуды. При активном бодрствовании животных регистрировалась низкоамплитудная высокочастотная активность. При состоянии дремоты в ЭЭГ появлялись «сонные веретена» или активность, близкая к ним.

Кормление животных сопровождалось изменением ТЭГ. В различных структурах мозга регистрировались различные температурные реакции.

Наиболее четкие и в большинстве опытов синхронные изменения температуры отмечались в области корковых и подкорковых отделов зрительного и слухового анализаторов (рис. 1, а, б). В слуховой коре кормление животных в 92 % опытов сопровождалось повышением температуры, в зрительной коре повышение температуры регистрировалось в 73 % опытов. В области медиального колленчатого тела повыше-

ние температуры отмечалось в 73 % опытов, в латеральном коленчатом теле — в 57 % опытов (см. таблицу).

Повышение температуры начиналось во время еды и составляло в среднем $0,008$ — $0,02^{\circ}\text{C}$ в слуховой коре и $0,006$ — $0,01^{\circ}\text{C}$ в зрительной, в коленчатых телах температура повышалась на $0,005$ — $0,015^{\circ}\text{C}$. В единичных опытах повышение температуры начиналось после окончания еды. Отмечаемое повышение температуры не зависело от исходного

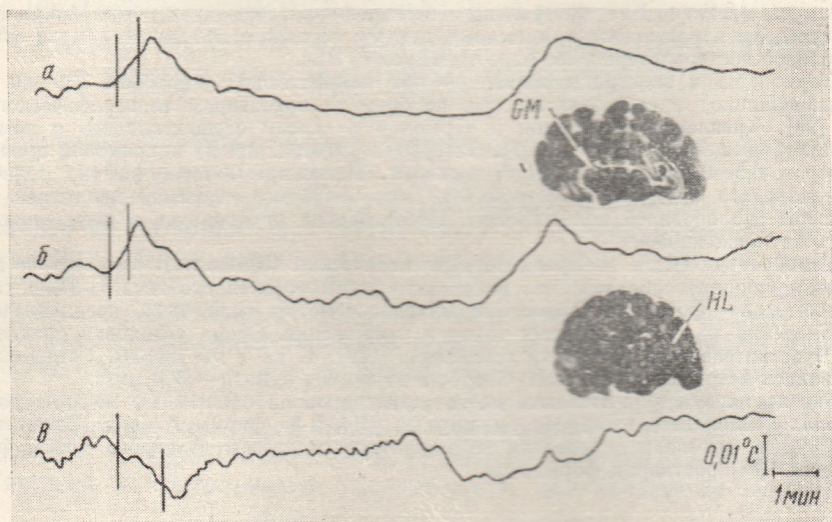


Рис. 1. Изменения температуры в области коркового (а) и подкоркового (б) отделов слухового анализатора кошки № 6, и латерального отдела гипоталамуса (в) кошки № 13 в опыте с кормлением.

Расстояние между вертикальными линиями — начало и конец еды. На фронтальных срезах головного мозга представлена локализация термодатчиков в медиальном коленчатом теле (GM) и латеральном отделе гипоталамуса (HL).

уровня ТЭГ, оно регистрировалось в течение всего времени еды и некоторое время после окончания ее. Общая продолжительность периода повышения температуры находилась в прямой зависимости от продолжительности еды. При длительности еды 20—30 с температура повышалась в течение 1,5—3 мин, а при более длительном кормлении (1—2 мин) нарастание температуры отмечалось на протяжении 3,5—5 мин, затем температура сохранялась на повышенном уровне в течение 1—3 мин и постепенно начинала снижаться, либо повышение температуры сразу сменялось ее снижением к исходному уровню или ниже. Снижение в большинстве опытов (70 %) сменялось вторичным повышением температуры, причем продолжительность и амплитуда этих изменений в различных опытах были непостоянны.

В сенсомоторной коре и вентромедиальных ядрах гипоталамуса преобладающей реакцией на прием пищи также являлось повышение температуры. В сенсомоторной коре оно отмечалось в 55 % опытов, в вентромедиальном отделе гипоталамуса — в 62 % опытов. Температура повышалась на $0,01$ — $0,03^{\circ}\text{C}$. Это повышение длилось 1—2 мин.

В области вентрального постеромедиального ядра таламуса и орбитальной коры при приеме пищи также чаще регистрировалось повышение температуры, однако, в данных структурах эта реакция была выражена менее четко. В вентральном постеромедиальном ядре повышение температуры отмечалось в 46 % опытов, в 28 % опытов сни-

жение температуры, и в 26 % опытов изменения температуры в связи с приемом пищи не регистрировались. В орбитальной коре в 47 % опытов регистрировалось повышение температуры, в 37 % опытов — понижение. В остальных опытах (16 %) изменений температуры при еде не отмечено.

Для латерального отдела гипоталамуса и срединного центра таламуса наиболее частой температурной реакцией на прием пищи было снижение температуры (рис. 1, в). В области латерального гипоталамуса при кормлении в 57 % опытов отмечалось снижение температуры в пределах от 0,003 до 0,027° С, начинающееся либо одновременно с едой, либо после незначительного латентного периода. Только в единичных опытах эта температурная реакция проявлялась в конце еды или после прекращения ее. Изменение температуры, вызванное кратковременной едой (60 с), продолжалось в среднем 1—3 мин. Как и в описанных выше структурах, изменения температуры в латеральном отделе гипоталамуса при удлинении времени кормления были более продолжительными.

Изменения температуры в некоторых структурах головного мозга при приеме пищи

Изучаемые структуры	Количество животных	Количество опытов	Процент опытов		
			с повышением температуры	с понижением температуры	без изменения температуры
Слуховая кора	4	12	92	8	0
Зрительная кора	11	52	73	12	15
Сенсомоторная кора	9	65	55	26	19
Орбитальная кора	4	31	47	37	16
Медиальное коленчатое тело	6	15	73	20	7
Латеральное коленчатое тело	9	44	57	13	30
Срединный центр таламуса	7	39	20	64	16
Вентральное постеромедиальное ядро таламуса	10	57	46	28	26
Латеральный отдел гипоталамуса	16	99	22	57	21
Вентромедиальный отдел гипоталамуса	2	13	62	23	15
Задний отдел гипоталамуса	1	9	22	22	56
Вентральное постеролатеральное ядро таламуса	1	13	38,5	38,5	23

В срединном центре таламуса в 64 % опытов отмечалось снижение температуры в пределах 0,004—0,027° С, которое длилось 1—2,5 мин. Это снижение температуры чаще регистрировалось сразу же после начала еды и только в отдельных опытах отмечалось несколько запоздавшая температурная реакция.

В заднем отделе гипоталамуса и вентральном постеролатеральном ядре таламуса четких изменений температуры не отмечалось. В заднем отделе гипоталамуса в большинстве опытов (56 %) еда не сопровождалась никакими температурными реакциями. После окончания еды

во всех структурах, где регистрировались изменения температуры, она постепенно приближалась к исходному уровню и была колебательного характера.

ТЭГ и ЭЭГ сопоставлялись только до начала и после еды. Во время еды трудно было учесть характер электрической активности, так как наслаивались артефакты, вызванные жеванием.

До еды изменения температуры мозга соответствовали поведенческим реакциям животного (снижение температуры при засыпании

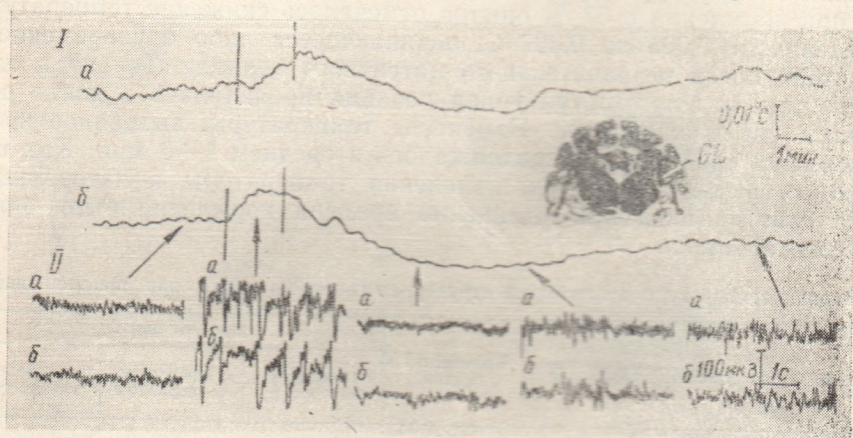


Рис. 2. Изменения температурной (I) и электрической (II) реакции в зрительной коре (a) и латеральном коленчатом теле (б) кошки № 12 в опыте с кормлением.

Расстояние между вертикальными линиями — продолжительность еды. Стрелками показано, каким участкам ТЭГ соответствует зарегистрированная ЭЭГ. На фронтальном срезе головного мозга представлена локализация термодпары и электрода в латеральном коленчатом теле (GL).

животного и повышение ее при возбуждении) и совпадали с картиной биоэлектрической активности мозга, регистрируемой при этих состояниях.

После еды не отмечалось соответствия между ТЭГ и ЭЭГ. Общее состояние животного, его поведенческие реакции находили свое отражение только в изменении характера биоэлектрической активности мозга. Так, например, при дремотном состоянии на ЭЭГ регистрировалась характерная для такого состояния высокоамплитудная активность с медленными волнами, а температура мозга повышалась (рис. 2, a, б).

Обсуждение результатов исследований

Результаты исследований свидетельствуют о том, что прием пищи сопровождается изменениями температуры в определенных структурах мозга.

В сенсомоторной и орбитальной коре, вентромедиальных ядрах гипоталамуса и вентральном постеромедиальном ядре таламуса при этом более частой температурной реакцией было повышение температуры, в латеральном отделе гипоталамуса и срединном центре таламуса — снижение температуры. По литературным данным, все эти структуры относятся к пищевому центру и активируются при естественном акте еды. Однако пищевой центр неоднороден и реакция различных структур, относящихся к нему, может быть не однотипной [23]. Так, по данным ЭЭГ, сенсомоторная кора активируется при поиске пищи, срединный центр таламуса — как при поиске пищи, так и в процессе

еды, остальные структуры активируются при еде. Возможно, разная величина температурных реакций в структурах пищевого центра во время еды обусловлена степенью выраженности отдельных компонентов пищевого поведения у животных во время опытов.

По данным многих авторов, изучающих температуру органов при различных функциональных состояниях, возбуждение характеризуется повышением температуры, а торможение — снижением ее [2, 3, 13, 17, 19 и др.].

Таким образом, повышение температуры в перечисленных структурах мозга можно считать показателем возникновения возбуждения в них при приеме пищи. Понижение температуры отмечалось в срединном центре и латеральном гипоталамусе. Такая температурная реакция в срединном центре таламуса для нас непонятна и пока не имеет объяснения. Снижение температуры в латеральном отделе гипоталамуса (в то время как в вентромедиальном отделе гипоталамуса она повышалась), по-видимому, можно объяснить функциональной неоднородностью разных отделов гипоталамуса.

В латеральном гипоталамусе находится «центр голода», а в вентромедиальном ядре его — «центр насыщения». Между этими центрами существуют реципрокные взаимоотношения. В состоянии голода понижена активность вентромедиального ядра, а в латеральном поле она несколько увеличена, при еде — взаимоотношения обратные. Изменения температуры, регистрируемые в наших опытах, соответствуют функциональному состоянию центров: во время еды возникает торможение в латеральном отделе гипоталамуса, а вентромедиальные ядра его находятся в возбужденном состоянии.

Для контроля регистрировали и температуру заднего отдела гипоталамуса, который не принимает участия в регуляции пищевого поведения. В этих участках мозга не регистрировалось четких изменений температуры при еде (в 56 % опытов температура не изменялась). Не отмечалось закономерных изменений температуры и в вентральном постеролатеральном ядре таламуса, которое не относится к пищевому центру.

Исследовали также температуру структур, относящихся к зрительному и слуховому анализаторам, так как при еде они вовлекаются в возбуждение благодаря действию раздражителей, естественно сопутствующих еде. Повышение температуры, регистрируемое в этих структурах, по-видимому, обусловлено тем, что еда — не только безусловно-рефлекторный акт, но и совокупность натуральных, прочно закрепленных условных рефлексов.

В тех опытах где сопоставлялась температурная и электрическая реакция мозговых структур, однонаправленность этих реакций отмечалась только натошак, после еды направление ТЭГ и ЭЭГ могло не совпадать. Разный характер ТЭГ и ЭЭГ, по-видимому, обусловлен тем, что ЭЭГ отражает общее состояние животного, а ТЭГ — только те локальные процессы, которые возникают в структурах пищевого центра в связи с приемом пищи. Это согласуется с выводом Эллиот и Мелзак [29] о том, что изменения температуры в мозговых структурах отражают локальные изменения в них метаболизма и кровотока.

Выводы

1. Кратковременное кормление животных сопровождается определенными изменениями температуры в структурах пищевого центра.
а) Повышение температуры при кормлении является преобладающей

реакцией для зрительной, слуховой, сенсомоторной и орбитальной коры, для вентромедиальных ядер гипоталамуса, вентрального постеромедиального ядра таламуса, медиального и латерального колленчатого тела. б) Понижение температуры при кормлении является преобладающей реакцией для латерального отдела гипоталамуса и срединного центра таламуса. в) Длительность температурной реакции находится в прямой зависимости от продолжительности еды.

2. В структурах, не относящихся к пищевому центру (задний отдел гипоталамуса, вентральное постеролатеральное ядро таламуса) при кормлении не отмечается закономерных изменений температуры.

K. V. Mironchik, T. B. Kulakova

DYNAMICS OF THE TEMPERATURE AND ELECTRICAL RESPONSES OF CERTAIN BRAIN STRUCTURES DURING ALIMENTARY EXCITEMENT

Summary

In chronic experiments on cats it is shown that their short-time feeding is accompanied by some temperature changes in the digestion centre structures. The temperature increase during feeding is the prevailing response for visual, acoustic, sensorimotor and orbital cortex, for ventro-posterior-medial nucleus of the thalamus, medial and lateral geniculate body. A decrease in temperature is more often registered in the lateral hypothalamus and medial centre of thalamus. The duration of the temperature response depends directly on the feeding duration. No regular temperature changes were observed during feeding in the structures that do not belong to the digestion centre structures.

Department of Normal Physiology,
Medical Institute, Kiev

Список литературы

1. Аникин А. Г. К вопросу о термике коры головного мозга животных.—Докл. АН СССР, 1953, **92**, № 3, с. 561—565.
2. Березовский В. А. Изменения температуры различных участков коры больших полушарий головного мозга собаки как показатель функционального состояния нервной ткани: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Киев, 1962. 22 с.
3. Бучак Н. В. Энергетические показатели некоторых зон коры головного мозга собаки при пищевых условных рефлексах: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Киев, 1971. 26 с.
4. Граменицкий П. М. О нормальных температурных соотношениях в организме и их регуляции: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Л., 1952. 16 с.
5. Груздев К. Д. Методика исследования изменений температуры в коре головного мозга.—Бюл. эксперим. биологии и медицины, 1949, **27**, № 5, с. 343—346.
6. Караев А. И., Джафаров А. И. Изменение температурного режима и электрической активности сенсомоторной области коры мозга при стимуляции интерорецепторов.—Докл. АН АзССР, 1968, **24**, № 6, с. 69—73.
7. Коберник А. П. Варіант методики кріплення електродів у гострому і хронічному експерименті.—Фізіол. журн., АН УРСР, 1964, **10**, № 3, с. 410—411.
8. Ковальзон В. М. Температура мозга.—Журн. высш. нервн. деят., 1969, **19**, № 3, с. 516—524.
9. Котляр Б. И., Калужный Л. В. Уровень возбуждения, его отражение в электроэнцефалограмме и корреляция с поведенческими реакциями у кролика.—Журн. высш. нервн. деят., 1963, **16**, № 4, с. 611—618.
10. Кулакова Т. Б. Температурная и электроэнцефалографическая характеристика зрительной, слуховой и сенсомоторной зон коры головного мозга кролика при различных функциональных состояниях: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Киев, 1969. 19 с.
11. Латаш Л. П., Ковальзон В. М. Температура коры мозга и ее связь с ЭЭГ у белых крыс при свободном поведении.—Нейрофизиология, 1970, **2**, № 6, с. 618—626.
12. Лев А. А. О корреляции изменений температуры и электрической активности коры головного мозга.—Тез. докл. III конф. по вопр. электрофизиологии нервн. системы. К., 1960, с. 238—239.

13. *Луканева А. М.* Изменение условных рефлексов у собак при искусственном извращении нормальной пищевой реакции. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Киев, 1958. 14 с.
14. *Луценко Л. И.* Динамика температурной реакции околоушной слюнной железы собак в процессе развития и углубления дифференцировочного и угасательного торможения. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Киев, 1935. 18 с.
15. *Медведев В. Е.* Роль температуры артериальной крови и мозгового кровотока в температурных реакциях некоторых зон коры больших полушарий. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Киев, 1973. 24 с.
16. *Муратов А. А.* Функциональная и температурная характеристика деятельности органов при глубоком утомлении (на примере деятельности околоушной слюнной железы). Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Киев, 1964. 20 с.
17. *Наливайко Д. Г.* Температурная характеристика процессов утомления и восстановления на примере слюнной железы. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Киев, 1956. 14 с.
18. *Перов М. Ю.* Тепловая активность сенсомоторных зон головного мозга при двигательном условном рефлексе.— Физиол. журн. СССР, 1969, 55, № 4, с. 474—479.
19. *Путилин Н. И.* Изменение температуры внутренних органов как показатель трофического процесса в них: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Киев, 1953. 24 с.
20. *Розин М. И.* Температура коры головного мозга собак в опытах с периодической подачей пищи (условные рефлексы на время).— Журн. высш. нервн. деят., 1967, 17, № 3, с. 563—565.
21. *Семенов Н. В.* Изменения температуры головного мозга и их возникновение в норме и патологии.— Проблемы нейрохирургии, 1955, т. 1, с. 83—92.
22. *Судаков К. В., Фадеев Ю. А.* Особенности восходящей активации коры головного мозга в состоянии физиологического голода и при болевом раздражении.— Физиол. журн. СССР, 1963, 49, № 11, с. 1310—1317.
23. *Шулейкина К. В.* Системная организация пищевого поведения. М., 1971, 280 с.
24. *Удалова Г. П.* Влияние химического раздражения рецепторов тонкого кишечника на электрическую активность гипоталамуса и двигательной области коры больших полушарий у крыс.— Нервная система (Ленинградский университет), 1968, в. 9, с. 103—108.
25. *Anand B. K.* Nervous regulation of food intake.— *Physiol. Rev.*, 1961, 91, N 4, p. 677—709.
26. *Baker M. A., Hayward J. N.* Carotid rate and brain temperature of cat.— *Nature*, 1967, 216, N 1, p. 139—141.
27. *Delgado J. M., Hanai T.* Intracerebral temperatures in free-moving cats.— *Am. J. Physiol.*, 1966, 211, N 3, p. 755—769.
28. *Jasper H., Ajmone-Marsen A.* Stereotaxic atlas of the diencephalon of the cat.— *Canada*, 1954, 105 p.
29. *Mc Elligot J. G., J. Melzack.* Localized thermal changes evoked in the brain by visual and auditory stimulation.— *Exptl. Neurol.*, 1967, 17, p. 293—322.
30. *Sadowski B., Longo V. G.* Electroencephalographic and behavioural correlates of an instrumental reward conditioned response in rabbits.— *EEG. and Clin. Neurophysiol.*, 1962, 14, N 4, p. 465—476.

Кафедра нормальной физиологии
Киевского медицинского института

Поступила в редакцию
10.V 1979 г.