

УДК 612.822.8

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ ЛІМБІЧНИХ УТВОРЕНЬ НА СЕРЦЕВИЙ РИТМ, АРТЕРІАЛЬНИЙ ТИСК І КОРОНАРНИЙ КРОВОСТРУМІНЬ

Ф. П. Ведяєв, Т. К. Раїсов

Кафедра нормальної фізіології Харківського медичного інституту

Як відомо, цілісний поведінковий акт включає широкий спектр складових соматичних і вегетативних компонентів [6, 9, 12—14]. Можна вважати встановленим, що тип поведінкової реакції, його кінцевий пристосувальний ефект зумовлений адекватною, центральною організацією сомато-вегетативних компонентів [6, 7, 15, 24]. Провідна роль у випереджаючому запуску і наступній інтеграції вегетативних реакцій належить лімбіко-ретикулярним і гіпоталамічним системам мозку [1, 7—9, 13, 20]. Вивчення конкретного регулюючого значення лімбічних утворень необхідне в зв'язку з механізмами емоціональної поведінки [5, 10, 20, 23, 26], при якій інтенсивно проявляються глибокі зрушення багатьох параметрів вегетативних функцій [3, 5, 6, 9, 10, 15, 21, 24].

Найбільш реактивною системою, що супроводжує поведінкові реакції, є серцево-судинна система. Виходячи з того, що одним з морфологічних субстратів емоціональних реакцій є лімбічна система мозку, увага багатьох дослідників зосереджена на вивченні серцево-судинних ефектів стимуляції цієї філогенетично стародавньої формації. Більшість подібних досліджень виконані за умов гострого досліду [2, 4, 16—18, 25]. Менше описано хронічних експериментів, проведених за методикою вільної поведінки [7—9, 13, 14]. Проте вивчення системних механізмів організації сомато-вегетативних компонентів, тобто «вегетативного портрета» поведінкового акту найбільш перспективне при поєднанні можливостей хронічного і гострого експериментів. Необхідно відзначити особливу важливість дослідження кількох параметрів фізіологічної системи, оскільки в цілісну реакцію взаємозв'язано і одночасно включається, наприклад, весь апарат кровообігу.

Виходячи із згаданих міркувань, ми досліджували порівняльне значення лімбічних утворень у прояві серцево-дихальних компонентів поведінкових реакцій, а також спряжених з частотою серцевих скорочень гемодинамічних показників, таких як артеріальний тиск і рівень коронарного кровотоку.

Методика досліджень

Досліди проведені на 16 кроликах і 9 кішках за умов гострого і хронічного експериментів. Кожній піддослідній тварині вживляли монополярні константанові електроди (діаметром 200 мк, з кінчиком, вивільненим на 0,5 мм від ізоляції) в лімбічні структури мозку: вентральний і дорсальний гіпокамп, латеральне і центральне ядро мигдалевого комплексу і область перегородки. Крім того, при вивченні коронарного кровотоку вживляли електроди в область дорсального гіпоталамуса. Індиферентний електрод фіксували між періостом і підшкірною фасцією в лобно-носовій частині. Через вживлені електроди проводили електричне подразнення прямокутними імпульсами.

В усіх дослідах параметри стимуляції були постійними: частота 60 гц, тривалість пульсів — 1 мсек, напругу поступово збільшували по 0,5 в до порогового значення, тривалість подразнення 10 сек. При вживленні електродів ми користувались стереотаксичним атласом Фіфської і Маршала [22]. В дослідах реєстрували: електрокардіограму, пневмограму, артеріальний тиск, об'ємну швидкість коронарного кровотоку. Електрокардіограму реєстрували в II стандартному відведенні у хронічних дослідах на кроликах в умовах вільної поведінки. Кров'яний тиск і коронарний кровотік реєстрували в гострому досліді на кішках. Кров'яний тиск вимірювали в сонній артерії ртутним

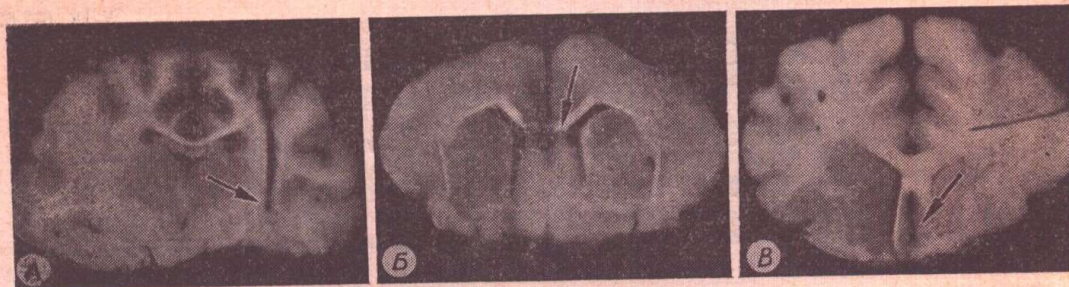


Рис. 1. Мікрофото зрізів мозку (збільшення — лупне).

А — кішка № 4, стрілка — локалізація електрода в центральному ядрі мигдалино-видного комплексу; Б — кролик № 20, латеральне ядро перегородки; В — кішка № 5, дорсальний гіпоталамус.

манометром. Коронарний кровотік визначали за відтіканням крові з коронарного синуса за методикою Морафітца і Цана [25], модифікованою Каверіною [11]. Після закінчення дослідів мозок піддослідних тварин піддавали морфологічному контролю (рис. 1, А, Б, В) з попереднім електролітичним зруйнуванням ділянки мозку на кінчику електрода (постійним струмом 2,5 ма протягом 20 сек).

Результати досліджень

Досліди показали, що електрична стимуляція ядер мигдалини, перегородки, дорсального і вентрального гіпокампа за умов відносно вільної поведінки викликає, в основному, чотири типи поведінкових реакцій: 1) реакції загального насторожування; 2) реакції орієнтувально-дослідницького типу; 3) варіанти агресивно-захисних реакцій; 4) різновидності епілептиформних реакцій. Як правило, реакції насторожування характеризувались найменшою структурною специфічністю, тобто проявлялись при стимуляції більшості лімбічних утворень, або вони проявлялись як початкова фаза інших типів поведінкових реакцій. Агресивно-захисні реакції найчастіше спостерігались при стимуляції ядер мигдалини і перегородки, а також при певних порогах стимуляції — вентрального гіпокампа. Реакції орієнтувально-дослідницького типу або їх компоненти проявлялись при подразненні медіальних ядер таламуса і дорсального гіпокампа.

Нарешті, реакції епілептоформного типу (тонічні, тоніко-клонічні, автоматизми, генералізовані реакції) виникали найчастіше при електричній стимуляції вентрального гіпокампа, центрального ядра мигдалини.

Наші дослідження підтверджують дані інших авторів про те, що найбільш реактивним компонентом поведінкової реакції є серцевий ритм. При пороговій електростимуляції ядер мигдалини (рис. 2, А), перегородки (рис. 2, Б), а також дорсального і вентрального гіпокампа поведінкові реакції супроводжуються чіткими змінами серцевого ритму і частоти дихальних рухів. Серцево-дихальний компонент проявлявся при мінімальних значеннях подразного струму і характеризувався брадикардією, тахікардією, а в деяких дослідах і варіантами аритмій (рис. 2).

При агресивно-захисних реакціях, супроводжуваних зовнішнім проявом «страху», спостерігалось уповільнення серцевих скорочень (вагус-

60 гц, тривалість
вого значення, три-
лились стереотаксич-
лектрокардіограму,
овоструменя. Елек-
х дослідях на кро-
острумінь реестру-
ній артерії ртутним



видного комплексу;
ний гіпоталамус.

ові з коронарного
іною [11]. Після
ічному контролю
мозку на кінчику

гдаліни, пере-
дносно вільної
реакцій: 1) ре-
но-дослідниць-
різновидності
ання характе-
о проявлялись
роявлялись як
но-захисні ре-
даліни і пере-
рального гіпо-
х компоненти
і дорсального

оніко-клонічні,
е при елект-
о ядра миг-

, що найбільш
ритм. При по-
перегородки
а поведінкові
зму і частоти
вся при міні-
а брадикардії
(рис. 2).

овнішнім про-
очень (вагус-

ний ефект), тоді як реакції із зовнішнім виразом «ярості» супроводжу-
вались почастищенням серцевих скорочень (симпатичний ефект). Пока-
зано, що, наприклад, при стимуляції латерального ядра мигдалини пере-
важають серцеві реакції за вагусним типом, тоді як стимуляція базаль-
ного ядра мигдалини викликає зміну серцевого ритму за симпатичним
типом. Ці дані свідчать про те, що лімбічні утворення мають тісні функ-

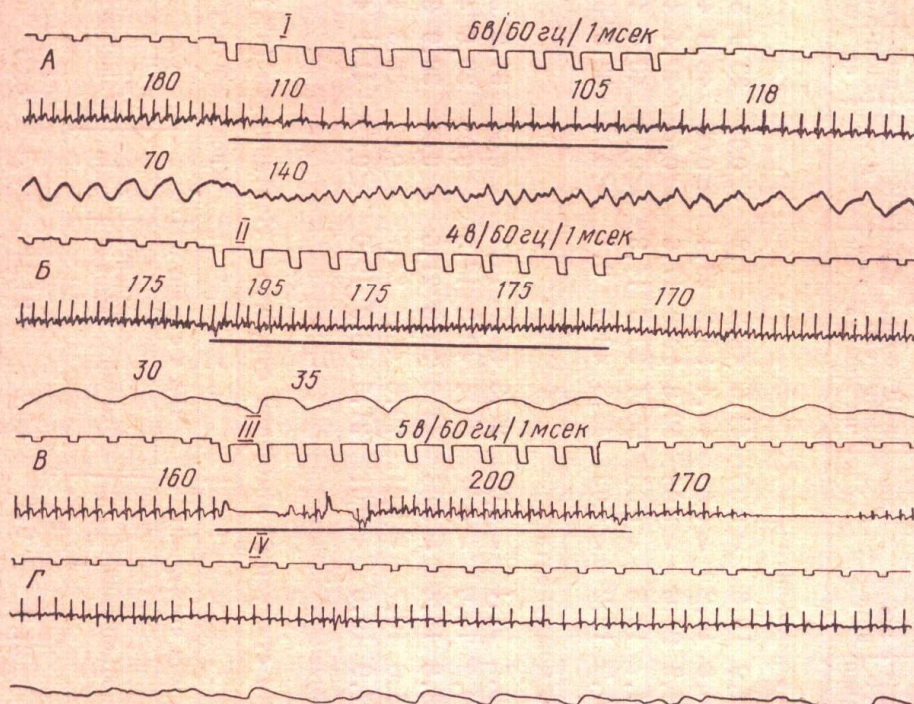


Рис. 2. Типові ефекти стимуляції лімбічних структур.

А — брадикардія при стимуляції вентрального гіпоталамуса; Б — тахікардія на
початку стимуляції центрального ядра мигдалевидного комплексу; В — аритмія
при стимуляції латерального ядра перегородки; Г — аритмія після стимуляції лате-
рального ядра мигдалевидного комплексу. Зверху вниз: ЕКГ, ПГ, пряма лінія —
відмітка подразнення, цифри — частота серцевих скорочень і дихальних рухів.

ціональні відношення з центрами вегетативної нервової системи, а також
про те, що вже в межах лімбічних утворень зумовлено формування сер-
цевої реакції за вагусним або симпатичним типом. Спостережувані в де-
яких дослідях порушення ритму серцевих скорочень (рис. 2, В, Г) в свою
чергу свідчать про глибину впливів лімбічних утворень на фізіологічні
властивості серцевого м'яза.

В нашому дослідженні ми звернули особливу увагу на порівняльне
значення окремих лімбічних утворень в організації серцевого і дихаль-
ного компонентів поведінкових реакцій. Ці дані наведені в табл. 1, з якої
видно, що найбільш «активною» зоною, стимуляція якої, наприклад, ви-
кликає уповільнення серцевих скорочень, є область вентрального гіпо-
кампа (69,6%), потім слідує латеральне ядро мигдалини (61,7%) та
інші лімбічні утворення (перегородка — 57,9%, центральне ядро мигда-
лини — 55,5%, гіпокамп дорсальний — 52,7). Слід відзначити, що зру-
шення в частоті серцевих скорочень були затяжного характеру, тобто
тривали після припинення поведінкової реакції (протягом 10 хв і біль-
ше). Досить часто динаміка ритму серцевих скорочень була двофазного
характеру, що, видимо, зумовлено механізмом саморегуляції серцевої
діяльності. Аналіз динаміки дихального компонента показує, що за час-
отною характеристикою направленість його змін має протилежний

Таблиця 1

Серцево-дихальні ефекти електростимуляції лімбічних утворень

Подразнювана структура Кількість електродів	n	Під час стимуляції				Одразу після стимуляції				Через 5 хв				Через 10 хв			
		пори- днан- ня	поча- сті- шання	без змін	p	пори- днан- ня	поча- сті- шання	без змін	p	пори- днан- ня	поча- сті- шання	без змін	p				
Прояв серцевого компонента																	
Гіпокамп вентральний (11)	56	69,6	19,6	10,8	<0,01	46,5	33,9	19,6	<0,05	44,6	48,2	7,2	<0,05	33,9	53,6	12,5	<0,05
Мигдалина латерального ядра (10)	47	61,7	31,9	6,4	<0,05	34,0	46,8	19,2	<0,05	40,4	36,2	23,4	<0,05	46,8	42,6	10,6	<0,05
Перегорodka латерального ядра (11)	57	57,9	29,8	12,3	<0,05	42,1	33,3	24,6	<0,05	52,6	29,8	17,6	<0,05	40,4	47,3	12,3	<0,05
Мигдалина центрального ядра (10)	56	55,4	28,6	16,0	<0,05	42,8	44,7	12,5	<0,05	55,4	30,3	14,3	<0,05	46,4	44,7	8,9	<0,05
Гіпокамп дорсальний (14)	74	52,7	28,4	18,9	<0,05	37,8	50,0	12,2	<0,05	43,3	48,6	8,1	<0,05	33,8	55,4	10,8	<0,05

Прояв дихального компонента

Мигдалина латерального ядра (10)	66	4,5	84,9	10,6	<0,01	12,1	66,7	21,1	<0,01	27,3	53,0	19,7	<0,05	31,8	39,4	28,8	<0,05
Перегорodka латерального ядра (12)	71	2,8	83,1	14,2	<0,01	23,9	59,2	16,9	<0,01	39,4	42,3	18,3	<0,05	33,8	40,8	25,4	<0,05
Мигдалина центрального ядра (10)	65	10,8	83,1	6,1	<0,01	30,8	53,8	15,4	<0,05	44,6	33,8	21,6	<0,05	38,9	35,4	26,1	<0,05
Гіпокамп дорсального ядра (14)	81	9,9	76,5	13,6	<0,01	34,7	55,6	19,7	<0,01	29,6	45,7	24,7	<0,05	38,3	40,7	21,0	<0,05
Гіпокамп вентральний (11)	56	1,9	69,5	28,6	<0,01	12,5	67,9	19,6	<0,01	21,5	58,9	19,6	<0,05	41,1	44,6	14,3	<0,05

Таблиця 2

Зміна коронарного кровотоку і артеріального тиску при стимуляції лімбічних структур і гіпоталамуса (в %)

Подразнювана структура	n	Коронарний кровоток						Кров'яний тиск					
		Під час стимуляції			Одразу після стимуляції			Під час стимуляції			Одразу після стимуляції		
		зменшення	збільшення	без змін	зменшення	збільшення	без змін	зменшення	збільшення	без змін	зменшення	збільшення	без змін
Перегорodka	33	60,6	30,3	9,1	69,7	21,2	9,1	66,7	24,2	9,1	63,6	21,2	15,2
Гіпокамп (вентральний)	32	59,4	31,2	9,4	78,1	15,6	6,3	50,0	37,5	12,5	75,0	21,9	3,1
Мигдалина (центрального ядра)	32	46,9	46,9	6,2	59,4	31,2	9,4	40,6	40,6	18,8	59,4	25,0	15,6
Гіпоталамус (дорсальна область)	22	13,6	86,4	0	9,1	90,9	0	13,6	86,4	0	18,2	77,3	4,5

характер (тобто почастішання дихальних рухів). З табл. 1 видно, що різні лімбічні утворення нерівнозначні за проявом дихального компонента. На нашу думку, однією з причин різної направленості перебігу цих компонентів є неоднаковий ступінь кортикалізації центральних механізмів регуляції, тобто більша кортикалізація дихального і менша — серцевого компонентів.

Друга серія дослідів проведена на кішках і присвячена вивченню впливу електростимуляції лімбічних утворень на рівень артеріального тиску і коронарного кровоструменя. Навряд чи слід додатково пояснювати важливість дослідження, зокрема лімбічних утворень, на коронарний кровообіг. На нашу думку, проблема «мозок і серце» — це значною мірою проблема «лімбічна система мозку і серця».

Ми вивчали вплив подразнення вентрального гіпокампа, центрального ядра мигдалевидного комплексу, області перегородки і дорсального гіпоталамуса на ці гемодинамічні показники. Досліди показують, що електростимуляція лімбічних утворень спричиняє чіткий вплив на вихідний рівень артеріального тиску і коронарний кровострумін. Артеріальний тиск у більшості дослідів знижувався на 15—20 мм рт. ст. (рис. 3). Це зниження відзначалось під час подразнення та після його припинення. На зниженому рівні артеріальний тиск залишався протягом нетривалого часу і через 30—40 сек відновлювався до вихідного. Ці дані наведені в табл. 2, з якої видно, що під час стимуляції області перегородки відзначається зниження артеріального тиску в 66,7% подразнень, вентрального гіпокампа — 50,0%, центрального ядра мигдалевидного комплексу — 40,6%. Після закінчення стимуляції цей процент зниження кров'яного тиску дещо збільшився. Так, після закінчення подразнення вентрального гіпокампа відзначено зниження кров'яного тиску в 75,0% випадків, в області перегородки — в 63,6%, центрального ядра мигдалевидного комплексу — в 59,4%. З наведених даних видно переважання депресорних впливів, а також те, що лімбічні утворення за ступенем цього впливу можуть бути розташовані в ряд: перегородка, гіпокамп, мигдалина. Крім того, видно, що стимуляція області дорсального гіпоталамуса, як правило, викликає протилежний — пресорний ефект. Характерно, що ці ефекти часто були двофазного характеру.

Об'ємна швидкість коронарного кровоструменя у відповідь на електричну стимуляцію звичайно зменшувалась слідом за зниженням кров'яного тиску на 3,0—4,0 мл/хв і поверталась до вихідного рівня через 3—4 хв або незначно підвищувалась (рис. 3). На табл. 2 наведені зміни коронарного кровоструменя. Як видно з таблиці, найчастішим ефектом під час стимуляції є зменшення коронарного кровоструменя. Подразнення області перегородки викликало зменшення коронарного кровоструменя в 60,6% випадків, вентрального гіпокампа — в 59,4% і центрального ядра мигдалевидного комплексу — в 46,9%. Після закінчення стимуляції вентрального гіпокампа спостерігається зменшення коронарного кровотоку — в 78,1% випадків, області перегородки — в 69,7%, центрального ядра мигдалини — в 50,4%. Слід відзначити, що зменшення коронарного кровоструменя відбувалось паралельно зі зниженням кров'яного тиску, проте в деяких випадках на стабільному фоні кров'яного тиску відбувалось зменшення лише коронарного кровоструменя (рис. 3).

При стимуляції дорсального гіпоталамуса здебільшого ми спостерігали підвищення артеріального тиску та збільшення коронарного кровоструменя. Коронарний кровострумін збільшувався на 5,0—20,0 мл/хв (86,4%), а кров'яний тиск підвищувався на 20—40 мм рт. ст. (86,4%). Через 3—6 хв після закінчення подразнення артеріальний тиск і коронарний кровострумін повертались до вихідного рівня.

Наведені дані показують, що лімбічні утворення спричиняють чіткий модулюючий вплив на всю систему кровообігу. Видимо, це зумовлює оптимальне пристосування вегетативних зрушень до особливостей поведінкових реакцій. Особливої уваги заслуговують дані про вплив

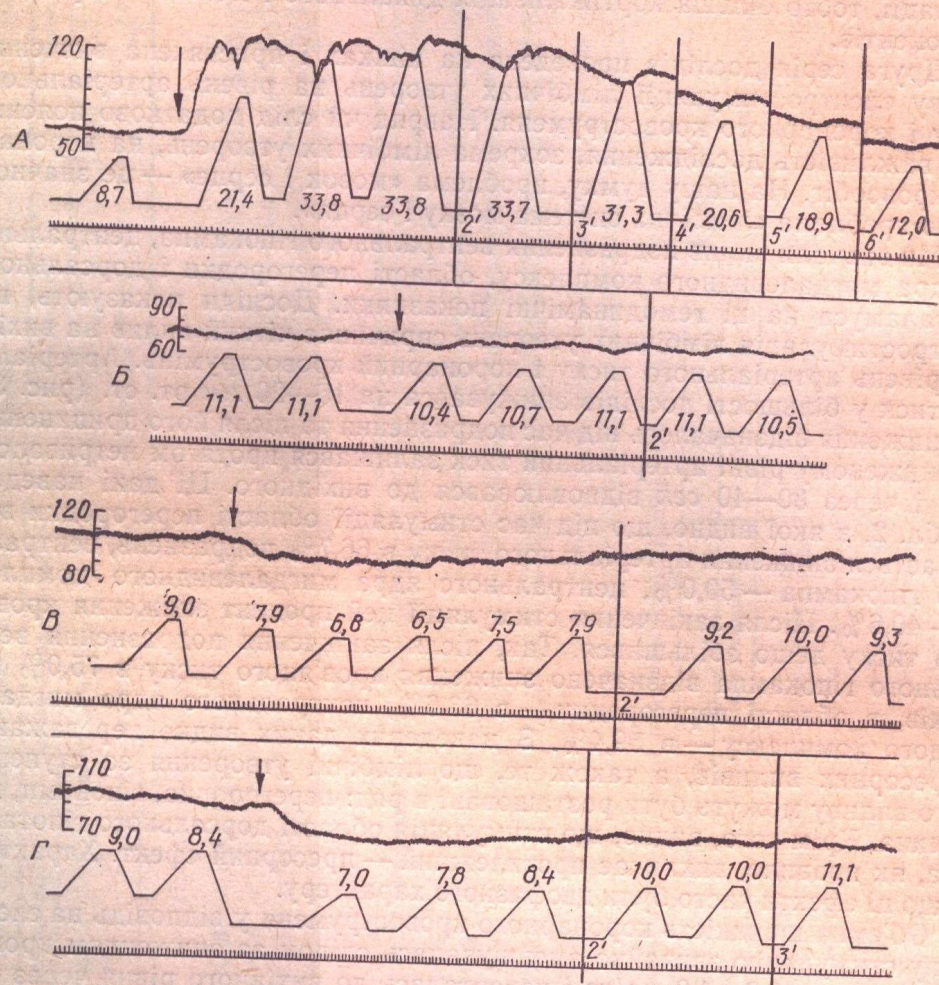


Рис. 3. Зміна коронарного кровотоку і артеріального тиску при стимуляції лімбічних утворень.

А — стимуляція дорсального гіпоталамуса, Б — стимуляція центрального ядра мигдалевого комплексу, В — стимуляція вентрального гіпокампа, Г — стимуляція області перегородки. Зверху вниз: кров'яний тиск, коронарний кровоток, відмітка часу. Цифри — коронарний кровоток у мл/хв, стрілка — момент електростимуляції.

лімбічних утворень на коронарний кровоток, а також на реакції, що характеризуються порушеннями ритму серцевої діяльності. Наші дані в зіставленні з літературними дозволяють конкретизувати реакції серцевосудинної системи при емоційно-стресових станах лімбічного походження.

Висновки

1. Електрична стимуляція лімбічних утворень викликає зрушення серцево-дихальних компонентів поведінкових реакцій. Тип серцево-дихальної реакції (вагусний або симпатичний) зумовлений не тільки ви-

хідним рівнем ритму компонентів, а й структурним фактором, тобто подразнюваним лімбічним утворенням.

2. Локальна електростимуляція лімбічних утворень викликає зміни артеріального тиску за модулюючим типом. Лімбічні утворення нерівнозначні в зумовленні реакцій пресорного або депресорного типу.

3. Локальна електростимуляція лімбічних і гіпоталамічних утворень супроводжується зміною об'ємного коронарного кровоструменя, спряжено зв'язаного зі зрушеннями артеріального тиску.

4. Виникнення аритмій, як результат електростимуляції лімбічних утворень, свідчить про глибокі зрушення фізіологічних властивостей серцевого м'яза.

5. Локальна електростимуляція лімбіко-гіпоталамічних структур супроводжується одночасною зміною ряду параметрів кровообігу, тобто характеризується системною гемодинамічною реакцією.

Література

1. Айрапетьянц Э. Ш., Сотниченко Т. С.— Лимбика, «Наука», 1967.
2. Айрикян Е. А., Гаске О. Д.— Физиол. журн. СССР, 1967, 53, 1, 15.
3. Айрикян Е. А.— В кн.: Физиол. и патол. лимбико-ретикул. системы, М., 1971, 215.
4. Аронова Г. Н.— Коронарное кровообр. и его регуляция, М., «Медицина», 1970.
5. Анохин П. К.— Вестник АМН СССР, 1965, 6, 10.
6. Анохин П. К.— Успехи физиол. наук, 1970, 1, 18.
7. Вальдман А. В.— В кн.: Центр. механизмы вегетат. нервной сист., Ереван, 1969, 107.
8. Ведяев Ф. П.— В кн.: Центр. механизмы вегетат. нервн. сист., Ереван, 1969, 117.
9. Ведяев Ф. П.— Физиол. журн. АН УРСР, 1972, 18, 2, 147.
10. Гельгорн Э., Луфборроу Д. ж.— Эмоции и эмоц. расстройства, М., «Мир», 1966.
11. Каверина Н. В.— Журн. фармакол. и токсикол., 1958, 1, 39.
12. Никитина Г. М.— Журн. высш. нервн. деят., 1965, 15, 4, 712.
13. Никитина Г. М.— Формир. целостной деят. организма в онтогенезе, М., «Медицина», 1971.
14. Попова Л. А.— Физиол. журн. СССР, 1968, 54, 3, 282.
15. Симонов П. В.— Что такое эмоция?, М., «Наука», 1966.
16. Теплов С. И.— Нервная и гормон. регуляция коронарного кровообр., Л., «Медгиз», 1962.
17. Теплов С. Т., Васильева Л. И., Шенгер И. Ф.— Физиол. журн. СССР, 1967, 53, 1, 21.
18. Ткаченко Б. И., Дворецкий Д. П., Овсянников В. И., Самойленко А. В., Красильников В. Г.— Региональные и системные вазомоторные реакции, Л., «Медицина», 1971.
19. Тонких А. В., Ильина А. И., Теплов С. И.— Физиол. журн. СССР, 1962, 68, 842.
20. Черкес В. А.— В кн.: Гагские беседы, Изд. АН ГССР, 1968, 5, 258.
21. Covic M., Antunes-Rodrigues S., O'Flaherty S.— J. Neurophysiol., 1964, 27, 3, 394.
22. Fikova E.— In: J. Bures, M., Petran, S. Zachar «Electrophysiol. Methods in Biol., Prague, 1960, 426.
23. Kluver H., Bucy P. C.— Amer. J. Physiol., 1937, 119, 352.
24. MacLean P.— Psychosom. Med., 1955, 17, 355.
25. Morawitz P.— Zbl. Physiol., 1912, 26, 465.
26. Papez S.— Arch. Neurol. Psychiat., Chicago, 1937, 38, 725.

Надійшла до редакції
16.I 1974 р.

EFFECT OF ELECTROSTIMULATION OF LIMBIC FORMATIONS ON CARDIAC RATE, ARTERIAL PRESSURE AND CORONARY BLOOD FLOW

F. P. Vedyayev, T. K. Raisov

Department of Normal Physiology, Medical Institute, Kharkov

Summary

A comparative role of limbic formation in manifestation of cardiac-respiratory responses, of blood pressure and coronary blood flow was studied in experiments with rabbits and cats. It was established that stimulation of nuclei of the amygdala, septum, ventral and dorsal hippocampus under conditions of free behaviour evokes different variants of the behaviour reactions. These reactions are accompanied by changes in the cardiac and respiratory rhythm. The cardiac component was characterized by bradycardia, tachycardia and arrhythmia variants. Stimulation of the limbic structures evokes mainly a decrease in blood pressure and in coronary blood flow. Stimulation of dorsal hippocampus results in a rise of blood pressure and an increase in the coronary blood flow.