

- Ин-т физиологии им. А. А. Богомольца
АН УССР, Киев

УДК 612.826:612.821.1

Е. В. Гура, В. В. Гаркавенко

68

Для выяснения тракта в тригемических нейронах. Поэтому задачей стимуляцией каронах МЯ и В. раздражение аффе

Опыты выполнены
рия (30 мг/кг в
готовка животного

терии (для из-
течения, размещен-
латерального ва-
е на него был
олны, возникаю-
гассерову ганг-
етодика отведе-
ного нерва описа-
аздражении под-
-альфа волокна,
а волокна. Для
яли часть заты-
обы открыть о-
аздражали пря-
0—120 мкА с п-
яло 250 мкм) н-
и или на 1—3
оявлению мин-
звилине коры т-
ула приводило
ого колебания
писанной ранее
кивали ардуано-
твенное дыхание
ых микроэлектр-
ящего и стиму-
ийных срезах м-
микротоме.

Исследованы в ответ на с тракта. В 43 приводила к ные потенциа вызванных с тракта и пер

Физиол. журн., 1

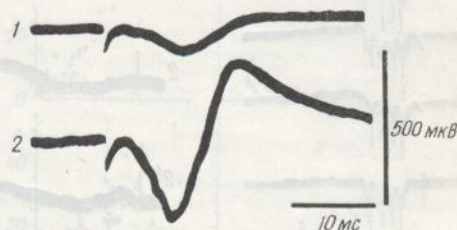
Для выяснения роли каудального ядра спинального тройничного тракта в тригемино-таламической передаче необходимы данные о реакциях нейронов таламуса, возникающих при раздражении этого ядра. Поэтому задачей настоящей работы было изучение ответов, вызванных стимуляцией каудального ядра спинального тройничного тракта в нейронах МЯ и ВПМЯ таламуса и сопоставление их с ответами на раздражение афферентных волокон тройничного нерва.

Методика

Опыты выполнены на кошках массой 2—3,5 кг, наркотизированных тиопенталом натрия (30 мг/кг внутривенно) и альфа-хлоралозой (40 мг/кг внутривенно). Подготовка животного к эксперименту включала трахеотомию, катетеризацию бедренной

Рис. 1. Вызванные потенциалы, зарегистрированные в коронарной извилине коры головного мозга, при раздражении каудального ядра спинального тройничного тракта стимулами различной силы:

1 — 30 мкА; 2 — 90 мкА.



артерии (для измерения артериального кровяного давления) и подкожной вены предплечья, размещение биполярных стимулирующих электродов на пульпе ипси- и контралатерального верхних клыков, препарирование подглазничного нерва и накладывание на него биполярного стимулирующего электрода. Для отведения афферентной волны, возникающей при стимуляции подглазничного нерва, в волокнах, подходящих к гассерову ганглию, удаляли затылочную часть правого полушария головного мозга. Методика отведения афферентной волны и определения порогов стимуляции подглазничного нерва описана в опубликованных ранее работах [3, 4], где показано, что при раздражении подглазничного нерва силой 1—4 порога возбуждались низкочастотные А-альфа волокна, а при увеличении силы до 9 порога активировались также А-дельта волокна. Для доступа к каудальному ядру спинального тройничного тракта удаляли часть затылочной кости и первого позвонка, затем отсасывали мозжечок так, чтобы открыть область задвижки. Каудальное ядро спинального тройничного тракта раздражали прямоугольными толчками тока длительностью 0,1—0,2 мс, амплитудой 80—120 мкА с помощью моно- или биполярных (межэлектродное расстояние составляло 250 мкм) нихромовых электродов, которые вводили в ядро на уровне задвижки или на 1—3 мм каудальнее. Амплитуду стимулирующих импульсов подбирали по появлению минимального положительного колебания, которое отводили в коронарной извилине коры левого полушария головного мозга (рис. 1, 1). Увеличение силы стимула приводило к увеличению амплитуды положительного и появлению отрицательного колебания (рис. 1, 2). Доступ к ядрам таламуса осуществляли по методике, описанной ранее [1]. Во время отведения активности нейронов животных обезживали ардуаном (0,01 мг/кг), введенным внутривенно, и переводили на искусственное дыхание. Электрические потенциалы нейронов отводили с помощью стеклянных микроэлектродов, заполненных раствором NaCl (4 моль/л). Локализацию отводящего и стимулирующих электродов определяли по коагуляционным меткам на серийных срезах мозга толщиной 100 мкм, которые изготавливали на замораживающем микротоме.

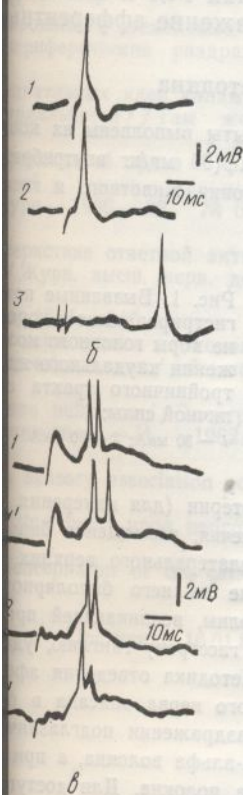
Результаты

Исследованы реакции 56 нейронов ВПМЯ и 82 нейронов МЯ таламуса в ответ на стимуляцию каудального ядра спинального тройничного тракта. В 43 нейронах ВПМЯ и в 78 нейронах МЯ такая стимуляция приводила к появлению ответов, которые представляли собой одиночные потенциалы действия или их серию. Число импульсов в ответах, вызванных стимуляцией каудального ядра спинального тройничного тракта и периферических афферентных волокон тройничного нерва, в

Сравнение значений латентного периода ответов, вызванных стимуляцией каудального ядра спинального тройничного тракта и различных волокон тройничного нерва в одном и том же нейроне показало следующее. Латентный период ответов большинства нейронов ВПМЯ и МЯ таламуса при стимуляции каудального ядра спинального тройничного тракта был меньшим, чем при стимуляции периферических афферентных волокон тройничного нерва, и что между значениями их латентных периодов ответа существует прямая корреляция (см. рис. 4). Однако при стимуляции того же ядра спинального тройничного тракта латентный период ответов 10 нейронов ВПМЯ и 15 нейронов МЯ был большим, чем при стимуляции низкопороговых афферентных волокон подглазничного нерва. По шесть нейронов обоих ядер имели одинаковые значения латентного периода ответов на такую стимуляцию. По одному нейрону в ВПМЯ и МЯ таламуса отвечали на раздражение каудального ядра спинального

Полученные ре
МЯ таламуса п
ного тракта по
рассматриваютс
дает импульсац
ядра таламуса.

овпадало (рис. 2, 3).
ием каудального ядра
Я составлял 2—29 мс
с. 4, а, 2). Различия
таламуса, вызванных



муса, вызванные стиму-

е) групп нейронов МЯ

2, 2' — на стимуляцию под-

ничного тракта на

ов, вызванных сти-

о тракта и различ-

нейронов ВПМЯ и

ниального тройнич-

иферических аффе-

значениями их ла-

яция (см. рис. 4).

ального тройнич-

нейронов ВПМЯ

стимуляции низ-

ого нерва. По

чения латентного

ейрону в ВПМЯ и

ядра спинального

тройничного тракта с большим латентным периодом, чем на раздражение контралатеральной пульпы зуба. Стимуляция каудального ядра спинального тройничного тракта вызывала ответы 22 нейронов ВПМЯ, которые активировались стимуляцией низкопороговых афферентных волокон тройничного нерва (группа «низкопороговых» нейронов) и 22 нейронов, которые активировались стимуляцией низкопороговых и высокопороговых афферентных волокон тройничного нерва (группа «конвергентных» нейронов) (рис. 2). Нейроны ВПМЯ, которые активировались раздражением высокопороговых афферентных волокон (группа «высокопороговых» нейронов), не отвечали на стимуляцию каудального ядра спинального тройничного тракта. Из 12 нейронов ВПМЯ, не

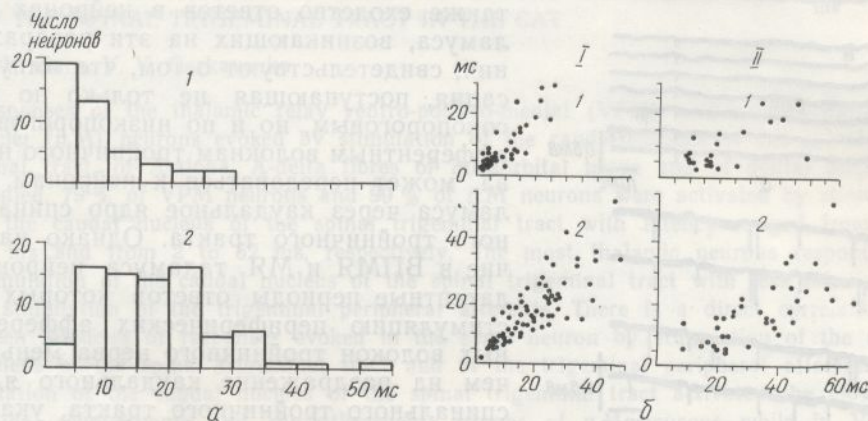


Рис. 4. Анализ значений латентного периода ответов нейронов вентро-постеро-медиального ядра (1) и медиального ядра (2) таламуса:

а — гистограмма распределения значений латентного периода ответов, вызванных раздражением каудального ядра спинального тройничного тракта; б — диаграмма соотношения значений латентного периода ответов, вызванных стимуляцией каудального ядра спинального тройничного тракта и подглазничного нерва силой 3 порога (I), а также каудального ядра спинального тройничного тракта и пульпы зуба (II). Общее число исследованных нейронов составляет 44 (1) и 79 (2).

активировавшихся при стимуляции каудального ядра спинального тройничного тракта, пять были отнесены в группу «низкопороговых» нейронов, четыре — «конвергентных» и два — «высокопороговых».

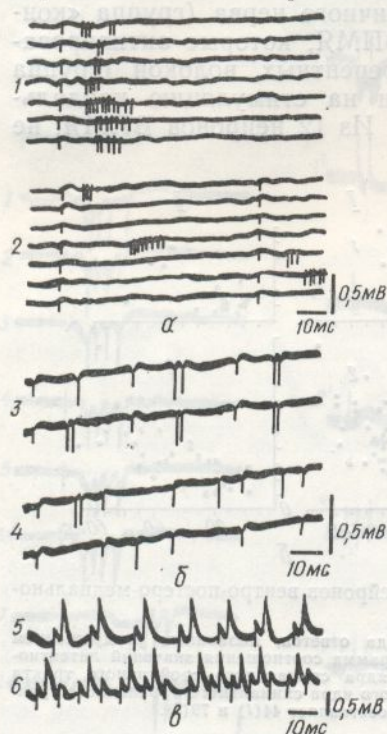
В отличие от нейронов ВПМЯ в нейронах МЯ таламуса стимуляция каудального ядра спинального тройничного тракта приводила к появлению ответов во всех трех группах нейронов: 19 нейронов принадлежали к группе «низкопороговых», 54 нейрона — к группе «конвергентных» и пять нейронов — к группе «высокопороговых» (рис. 3). По способности следовать ритмической стимуляции каудального ядра спинального тройничного тракта ответы различных нейронов в ВПМЯ и МЯ могли существенно отличаться. Ответы нейронов с относительно меньшим латентным периодом (2—13 мс для ВПМЯ и 10—16 мс для МЯ) следовали частоте стимуляции 10—50 с⁻¹ (рис. 5) и 8—10 с⁻¹ соответственно, а нейроны с большими латентными периодами (26—28 мс) следовали частоте стимуляции 2—5 с⁻¹.

В ВПМЯ и МЯ таламуса были зарегистрированы ответы трех аксонов, принадлежащих нейронам каудального ядра спинального тройничного тракта, латентный период ответов которых составлял 3 мс и сохранялся при частоте стимуляции 150—200 с⁻¹ (см. рис. 5).

Обсуждение результатов

Полученные результаты о наличии реакций в нейронах ВПМЯ и МЯ таламуса при стимуляции каудального ядра спинального тройничного тракта показывают, что это ядро, восходящие проекции которого рассматриваются как аналог спино-таламической системы [6], передает импульсацию в релейное ВПМЯ и неспецифические медиальные ядра таламуса. Это согласуется с данными морфологических исследо-

ваний, в которых показаны проекции, направленные из каудального ядра спинального тройничного тракта к ВПМЯ и МЯ таламуса [7, 8, 10, 12, 13, 15, 17, 18]. Обнаруженные нами большие значения латентных периодов ответов нейронов таламуса на стимуляцию различных групп волокон тройничного нерва, чем на стимуляцию каудального ядра спинального тройничного тракта, наличие прямой корреляции



между латентными периодами ответов, вызванных раздражением различных групп волокон периферических афферентов тройничного нерва и каудального ядра спинального тройничного тракта, а также сходство ответов в нейронах таламуса, возникающих на эти раздражения, свидетельствуют о том, что импульсация, поступающая не только по высокопороговому, но и по низкопороговому афферентным волокнам тройничного нерва, может передаваться к нейронам таламуса через каудальное ядро спинального тройничного тракта. Однако наличие в ВПМЯ и МЯ таламуса нейронов, латентные периоды ответов которых на стимуляцию периферических афферентных волокон тройничного нерва меньше, чем на раздражение каудального ядра спинального тройничного тракта, указы-

Рис. 5. Ответы двух нейронов (а, б) и афферентного волокна (в) на стимуляцию каудального ядра спинального тройничного тракта различной частотой:

1 — 10; 2 — 15; 3 — 33; 4 — 40; 5 — 66; 6 — 130 с⁻¹.

вает на то, что часть импульсации, поступающей от низкопороговых и высокопороговых афферентных волокон тройничного нерва, передается в таламус по быстропроводящему восходящему пути, минуя каудальное ядро спинального тройничного тракта. Быстрая передача в таламус импульсов, поступающих из тройничного нерва, может обеспечиваться волокнами «тригеминального лемниска», который начинается в главном тройничном сенсорном ядре и содержит быстропроводящие волокна [14]. Существенное различие значений латентного периода ответов разных нейронов ВПМЯ и МЯ таламуса, а также различие их способности следовать высокой частоте стимуляции каудального ядра спинального тройничного тракта могут быть связаны с большим разбросом значений скорости проведения по восходящим тригеминальным волокнам, начинающимся из этого ядра (1,7—53 м/с) [11], и с передачей импульсов по более сложно организованным путям, например, тригемино-ретикуло-таламическому пути [6].

Сравнение значений латентного периода ответов нейронов ВПМЯ и МЯ таламуса на стимуляцию каудального ядра спинального тройничного тракта показывает, что нейроны МЯ имели более длиннolatентные ответы. Это является характерной особенностью нейронов МЯ, отмеченной при стимуляции периферических афферентных волокон тройничного нерва [1, 2], а также при других видах стимуляции [5], что связано с различной функцией этих структур. На различие функции тригемино-таламических связей с ВПМЯ и МЯ указывает и то, что раздражение каудального ядра спинального тройничного тракта активировало в МЯ таламуса нейроны «низкопороговой», «конвергентной» и «высокопороговой» групп, а в ВПМЯ — только нейроны «низкопороговой» и «конвергентной» групп. Нейроны «высокопороговой» группы

ВПМЯ не от-
тройничного тр-
сы от интерпол-
главного тройн-
понентами сис-
дискриминации
спинального т-
ционной сенсо-

PECULIARITIES
RESPONSES EVO
OF THE SPINAL

E. V. Gura, V. V.

Responses of the
nuclei (n.M) neur-
minal tract, of A
studied. 79 % of
of the caudal nu-
29 ms and from
stimulation of the
to stimulation of
tween latencies of
nucleus of the sp-
mulation of the c-
threshold», «conver-
only the «low-thre-
nucleus of the sp-
from the low- and

A. A. Bogomoletz
of the Ukrainian S

1. Гаркавенко В. ных ядер тал-
нерва // Физиол.
2. Гаркавенко В. постеро-медиа-
кон тройнично-
3. Гуря Е. В., Я. рта кошки ст-
зиология. — 19
4. Лиманский Ю. вызванные ст-
же. — 1977. — 9
5. Серков Ф. Н. 1980. — 260 с.
6. Albe-Fessard. pain sensation
7. Burton H., C. and monkey /
8. Craig A. D., medius in me-
N 3. — P. 443-
9. Hayashi H., S. cleus interpola-
mus, and spin-
Ibid. — 1984. —
10. Hockfield S., projection axo-
Brain Res. — 1
11. Hu J. W., D. trigeminal sub-
noxious and
lis // J. Neuro-
12. Kruger L., S. complex // Pa-
Holland Biome-

ВПМЯ не отвечали на стимуляцию каудального ядра спинального тройничного тракта. Возможно, эта группа нейронов получает импульсы от интерполярного ядра спинального тройничного тракта, а также главного тройничного сенсорного ядра [9, 16], которые являются компонентами системы быстрой передачи импульсов, необходимой для дискриминации и локализации стимула, тогда как каудальное ядро спинального тройничного тракта является частью аффективно-мотивационной сенсорной системы.

PECULIARITIES OF DIFFERENT THALAMIC NUCLEI NEURONS RESPONSES EVOKED BY STIMULATION OF THE CAUDAL NUCLEUS OF THE SPINAL TRIGEMINAL TRACT IN THE CAT

E. V. Gura, V. V. Garkavenko

Responses of the thalamic relay ventro-postero-medial (VPM) and non-specific medial nuclei (n.M) neurons evoked by stimulation of the caudal nucleus of the spinal trigeminal tract, of A-alpha, A-delta fibres of infraorbital nerve and of dental pulp were studied. 79 % of VPM neurons and 90 % of n.M neurons were activated by stimulation of the caudal nucleus of the spinal trigeminal tract with latency ranged from 2 to 29 ms and from 2 to 52 ms, respectively. The most thalamic neurons responded to stimulation of the caudal nucleus of the spinal trigeminal tract with less latency than to stimulation of the trigeminal peripheral afferents. There is a direct correlation between latencies of responses evoked in the same neuron by stimulation of the caudal nucleus of the spinal trigeminal tract and of the trigeminal peripheral afferents. Stimulation of the caudal nucleus of the spinal trigeminal tract activated the «low-threshold», «convergent» and «high-threshold» groups of n.M neurons while in VPM — only the «low-threshold» and the «convergent» groups. These data show that the caudal nucleus of the spinal trigeminal tract participates in the transmission or impulsation from the low- and high-threshold trigeminal peripheral afferents to the thalamic nuclei.

A. A. Bogomoletz Institute of Physiology, Academy of Sciences
of the Ukrainian SSR, Kiev

1. Гаркавенко В. В., Гура Е. В., Лиманский Ю. П. Активация нейронов медиальных ядер таламуса кошки раздражением различных групп волокон тройничного нерва // Физиол. журн. — 1986. — 32, № 4. — С. 392—397.
2. Гаркавенко В. В., Гура Е. В., Лиманский Ю. П. Активация нейронов вентро-постеро-медиального ядра таламуса кошки раздражением различных групп волокон тройничного нерва // Там же. — № 6. — С. 748—752.
3. Гура Е. В., Яхница В. А., Лиманский Ю. П. Торможение рефлексов открывания рта кошки стимуляцией центрального серого вещества и ядер шва // Нейрофизиология. — 1984. — 16, № 3. — С. 374—384.
4. Лиманский Ю. П., Гура Е. В. ВПСП мотонейронов жевательной мышцы кошки, вызванные стимуляцией низкопороговых волокон подглазничного нерва // Там же. — 1977. — 9, № 6. — С. 583—591.
5. Серков Ф. Н., Казаков В. Н. Нейрофизиология таламуса. — Киев: Наук. думка, 1980. — 260 с.
6. Albe-Fessard D., Berkley K. J., Kruger H. J. et al. Diencephalic mechanisms of pain sensation // Brain Res. Rev. — 1985. — 9, N 2. — P. 217—296.
7. Burton H., Craig A. D. Distribution of trigeminothalamic projection cells in cat and monkey // Brain Res. — 1979. — 161, N 3. — P. 515—521.
8. Craig A. D., Burton H. Spinal and medullary lamina I projection to nucleus submedialis in medial thalamus: a possible pain center // J. Neurophysiol. — 1981. — 45, N 3. — P. 443—466.
9. Hayashi H., Sumino R., Sessle B. J. Functional organization of trigeminal subnucleus interpolaris: nociceptive and innocuous afferent inputs, projections to thalamus, and spinal cord and descending modulation from periaqueductal gray // Ibid. — 1984. — 51, N 5. — P. 890—905.
10. Hockfield S., Gobel S. Neurons in and near nucleus caudalis with long ascending projection axons demonstrated by retrograde labeling with horseradish peroxidase // Brain Res. — 1978. — 139, N 1. — P. 333—339.
11. Hu J. W., Dostrovsky J. O., Sessle B. J. Functional properties of neurons in cat trigeminal subnucleus caudalis (medullary dorsal horn). I. Responses to oral-facial noxious and nonnoxious stimuli and projections to thalamus and subnucleus oralis // J. Neurophysiol. — 1981. — 45, N 2. — P. 173—192.
12. Kruger L., Saporta S., Feldman S. G. Axonal transport of the sensory trigeminal complex // Pain in the trigeminal region. — Amsterdam; New York: Elsevier: North-Holland Biomedical press, 1977. — P. 191—201.

13. Matsushita M., Ikeda M., Okado N. The cells of origin of the trigeminothalamic, trigeminospinal and trigeminocerebellar projections in the cat // *Neuroscience*.— 1982.— 7, N 6.— P. 1439—1454.
14. Mizuno N. Projection fibers from main sensory trigeminal nucleus and supratrigeminal region // *J. Comp. Neurol.*— 1970.— 139, N 1.— P. 457—472.
15. Mogami H., Kuroda R., Hayakawa T., Akagi K. Ascending paths from the spinal trigeminal nucleus and its adjacent structure // *Oral Facial Sensory and Motor Mechanisms* / Eds. by R. Dubner, I. Kawamura.— New York: Applton-Century-Croft, 1971.— P. 472—488.
16. Shende M. C., Stewart D. H., King R. B. Projections from the trigeminal nucleus caudalis in the squirrel monkey // *Exp. Neurol.*— 1968.— 20, N 4.— P. 655—670.
17. Shigenaga I., Nakatani Z., Nishimori T. et al. The cells of origin of cat trigeminothalamic projections: especially in the caudal medulla // *Brain Res.*— 1983.— 277, N 1.— P. 201—222.
18. Stewart W. A., King R. B. Fiber projections from the nucleus caudalis of the spinal trigeminal nucleus // *J. Comp. Neurol.*— 1963.— 121, N 2.— P. 442—445.

Ин-т физиологии им. А. А. Богомольца
АН УССР, Киев

Поступила 31.03.86

УДК 612.73:612.13/612.66/67

Содержание циклических нуклеотидов в гладких мышцах сосудов животных разного возраста и влияние на него вазопрессина

И. В. Фролькис

В механизме действия многих гормонов на клетку большое значение придается циклическим нуклеотидам — цАМФ и цГМФ. Участие цАМФ в клеточном метаболизме реализуется двумя путями: активированием протеинфосфокиназ, в результате чего происходит фосфорилирование функционально значимых белков, и влиянием на обмен внутриклеточного кальция [15, 19]. Участие цГМФ в реализации гормональных сигналов только начинают изучать и обсуждать.

По результатам предыдущих работ [4, 9] установлено, что активирующее действие вазопрессина на функциональные свойства гладких мышц (ГМ) сосудов связано с усилением под его воздействием входа ионов натрия в гладкомышечные клетки по тетродотоксинчувствительным натриевым каналам. За последние 5 лет в работах [1, 13] П. Г. Костюка и сотр. показана связь функционирования ионных каналов плазматических мембран с метаболизмом клетки, в частности с зависимым от циклических нуклеотидов фосфорилированием белков этих каналов.

В связи с изложенным выше, цель настоящей работы — определение содержания циклических нуклеотидов в ГМ артерии и вен животных разного возраста и изучение изменений содержания цАМФ и цГМФ под действием вазопрессина.

Методика

Эксперименты проводили на изолированных и освобожденных от адвентициального слоя препаратах ГМ аорты, бедренной артерии, воротной и нижней полой вен зрелых (6—8 мес) и старых (26—28 мес) крыс. Содержание цАМФ и цГМФ определяли методом конкурентного связывания с использованием радиоактивных наборов фирмы «Amersham» (Англия). Радиоактивный счет велся на жидкостном сцинтилляторе фирмы «Nuclear Chicago» (Голландия). В опытах применяли лизин-вазопрессин фирмы «Serva» (ФРГ). Для блокады гуанилатциклазы использовали раствор метиленового синего. Очистку, инкубацию и перфузию препаратов ГМ проводили в стандартном растворе Кребса при температуре 37 °С. Мембранный потенциал регистрировали с помощью внутриклеточных микроэлектродных отведений, сократительные реакции — с помощью механоэлектрического преобразователя.

Результаты и

В первой серии экспериментов в препарате Кребса в растворе Кребса содержание цАМФ и цГМФ в ГМ сосудов крыс мало зависело от возраста. Вместе с тем, в артериях и венах, в которых было больше всего ГМ, содержание цАМФ и цГМФ было выше [5, 8], что свидетельствует о том, что в этих сосудах ГМ играют важную роль в регуляции тонуса. В артериях и венах, в которых было больше всего ГМ, содержание цАМФ и цГМФ было выше [5, 8], что свидетельствует о том, что в этих сосудах ГМ играют важную роль в регуляции тонуса.

Содержание цАМФ и цГМФ в ГМ сосудов крыс достоверно не зависело от возраста. У старых крыс содержание цАМФ и цГМФ в ГМ сосудов было достоверно больше, чем у молодых. Значения цАМФ и цГМФ в ГМ сосудов крыс достоверно не зависели от пола. В артериях и венах, в которых было больше всего ГМ, содержание цАМФ и цГМФ было выше [5, 8], что свидетельствует о том, что в этих сосудах ГМ играют важную роль в регуляции тонуса.

Таким образом, в ГМ сосудов крыс содержание цАМФ и цГМФ достоверно не зависело от возраста, пола и типа сосуда. В артериях и венах, в которых было больше всего ГМ, содержание цАМФ и цГМФ было выше [5, 8], что свидетельствует о том, что в этих сосудах ГМ играют важную роль в регуляции тонуса.

Известно, что в ГМ сосудов крыс содержание цАМФ и цГМФ достоверно не зависело от возраста, пола и типа сосуда. В артериях и венах, в которых было больше всего ГМ, содержание цАМФ и цГМФ было выше [5, 8], что свидетельствует о том, что в этих сосудах ГМ играют важную роль в регуляции тонуса.

В следующей серии экспериментов изучали влияние вазопрессина на содержание цАМФ и цГМФ в ГМ сосудов крыс. Вазопрессин достоверно увеличивал содержание цАМФ и цГМФ в ГМ сосудов крыс. В артериях и венах, в которых было больше всего ГМ, содержание цАМФ и цГМФ было выше [5, 8], что свидетельствует о том, что в этих сосудах ГМ играют важную роль в регуляции тонуса.