

контроля (см. рисунок, А). В то же время при двигательной и смешанной денервации максимальное изменение активности ферментов сохранялось и в поздние сроки после операции (см. рисунок, Б, В).

Выводы

1. Мышцы языка по характеру метаболизма сходны с медленными скелетными мышцами, но превосходят их по активности ферментов энергетического обмена.
2. Чувствительная, двигательная и смешанная денервация мышц языка приводят к аналогичным по направленности изменениям активности ферментов энергетического обмена.
3. Постденервационные метаболические изменения при смешанной и двигательной денервации мышц языка выражены сильнее и более стойкие, чем при деафферентации.

Список литературы

1. Алексахина И. В., Ситнина Н. Ю., Щербатых Л. И. Солюбилизация, очистка и некоторые свойства гексокиназы скелетных мышц крыс.—Биохимия, 1973, 38, № 5, с. 915—921.
2. Ильин В. С., Протасова Т. Н., Титова Г. В., Шаныгина К. И. Биохимические основы нервной трофики.—В кн.: Гомеостаз /Под ред. П. Д. Горизонтова. М.: Медицина, 1981, с. 134—157.
3. Кондрашов С. И. До характеристики функциональных властивостей м'язів языка.—Фізіол. журн., 1955, 1, № 3, с. 64—69.
4. Кочетов Г. А. Практическое руководство по энзимологии.—М.: Высш. школа, 1980.—272 с.
5. Приходькова Е. К. Материалы к физиологии мышц языка.—Врачеб. дело, 1923, № 16/17, с. 389—391.
6. Abderhalden R. Klinische enzymologie. — Stuttgart: Thieme, 1958.—371 S.
7. King T. E. Preparation of succinate dehydrogenase and reconstitution of succinate oxidase.—In: Methods in enzymology. New York, 1967, vol. 10, p. 322—331.
8. Langdon R. G. Glucose-6-phosphate dehydrogenase from erythrocytes.—In: Methods in enzymology. New York, 1966, vol. 9, p. 126—131.
9. Wroblewski F., La Due J. S. Lactic dehydrogenase activity in blood.—Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 1955, 90, N 2, p. 210—215.

Кафедра патологической физиологии
Киевского медицинского института

Поступила в редакцию
01.06.82

УДК 612.822.3[594:612.67

О. А. Мартыненко, Ш. Тотт

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИЙ НЕЙРОНОВ ПРУДОВИКА ОБЫКНОВЕННОГО НА ИНСУЛИН И ВАЗОПРЕССИН

Для выяснения общих закономерностей старения нейронов и особенностей их реакций на гормоны важно проведение исследований в широком эволюционном плане. Интерес в этом направлении могут представлять гигантские нейроны моллюсков [4, 5, 11, 12]. В опытах на теплокровных было показано, что при старении изменяется реакция нервных клеток на действие многих гормонов.

Мы исследовали возрастные особенности электрических реакций нейронов моллюсков на действие вазопрессина и инсулина. Выбор этих гормонов был обусловлен тем, что в литературе имеются данные о возрастных изменениях чувствительности мембраны нейронов млекопитающих к этим гормонам [8], а также о том, что биологически активные вещества, выделяемые у моллюсков нейросекреторными клетками, являются, как правило, пептидами, регулирующими водный и солевой обмен, репродукцию [6, 9]. Эти нейросекреторные клетки обладают чувствительностью к вазопрессину [10]. Сведений о влиянии инсулина на нейросекреторные и не нейросекреторные нейроны моллюсков в литературе нет. В то же время, наличие у моллюсков клеток

эндокринного типа, вырабатывающих инсулиноподобное вещество, подтверждается гистологическими и электронномикроскопическими исследованиями, а также работами по изучению регуляции метаболизма у этих животных [7].

Методика исследований

Работа выполнена на моллюсках (прудовик обыкновенный) двух возрастных групп: взрослые 10—12 мес и старые — 22—24 мес. Критерием возраста служила масса моллюсков, а точное соотношение массы и возраста было выведено Ш. Тоттом на моллюсках, выращиваемых им в лабораторных условиях. Ряд опытов проведено совместно с Ш. Тоттом на этих моллюсках в Институте геронтологии им. Земмельвейса в Будапеште. Окологлоточное кольцо ганглиев выделяли из тела животного и фиксировали капроновой сеткой на восковой подложке в камере объемом 1 мл. Электрическую активность трех идентифицированных нейронов малого парietального ганглия, которые на нейронных картах [1] обозначаются всегда как клетки 1, 2, 3, усиленную катодным повторителем и микроэлектродным усилителем, регистрировали на двухлучевом осциллографе С1-18 с помощью фоторегистратора ФОР. Мембранный потенциал покоя определяли стрелочным прибором. Отведение мембранного потенциала покоя и потенциалов действия осуществляли стеклянными микроэлектродами по общепринятой методике [3].

В опытах использовали лизин-вазопрессин (Sandoz, Швейцария) в концентрациях 10^{-7} — 10^{-10} молей. Вазопрессин добавляли в омывающий препарат раствор Рингера, содержащий NaCl — 50, KCl — 2, CaCl₂ — 4, MgCl₂ — 8; Tris — 10 ммоль, pH — 7,4. Инсулин (СССР) добавляли в концентрации 0,4—4 ед/мл.

Действие исследуемых веществ оценивали по изменению величины мембранного потенциала покоя, порога прямого раздражения (для молчащих нейронов) и частоты спонтанной активности (в случае осциллирующих нейронов). Полученные данные обработаны методом прямых разностей [2].

Результаты исследований

Из литературных данных, в которых описываются электрические характеристики идентифицированных нейронов [1], известно, что первый из изучаемых нами нейронов малого парietального ганглия моллюсков — молчащий, а второй и третий — всегда активные. Величины мембранного потенциала покоя у них одинаковые ($p > 0,05$). Однако существуют определенные различия электрических характеристик этих нейронов у моллюсков разного возраста. Так, у 22—24 мес моллюсков снижается возбудимость нейронов — порог прямого раздражения составляет у них $0,82 \cdot 10^{-9} \pm 0,1$ А по сравнению со взрослыми — $0,55 \cdot 10^{-9} \pm 0,09$ А. Уменьшается с возрастом скорость спада заднего фронта потенциала действия (ПД) — $12,2 \pm 0,4$ мВ/мс у 10—12 мес моллюсков и $9,5 \pm 0,3$ мВ/мс у старых. Следовая гиперполяризация у взрослых прудовиков почти в два раза выше, чем у старых ($p < 0,02$). Не изменяется с возрастом мембранный потенциал покоя ($58,8 \pm 1,1$ и $60,2 \pm 1,8$ мВ), сопротивление мембраны ($2,6 \pm 0,5$ и $3,6 \pm 0,7$ МОм), амплитуда потенциала действия ($89 \pm 3,5$ и $86,7 \pm 1,2$ мВ), скорость нарастания переднего фронта потенциала действия ($13,1 \pm 0,4$ и $14,7 \pm 0,8$ мВ/мс) нейронов прудовика (соответственно для взрослых и старых особей).

Изменение электрических характеристик нейронов моллюсков под влиянием инсулина наблюдается только при концентрации 2,4 ед/мл. Инсулин в такой концентрации приводит к отчетливым сдвигам электрических свойств трех изучаемых нейронов как у взрослых, так и у старых моллюсков. Через 10—15 мин наблюдается достоверный рост мембранного потенциала покоя нейронов: у взрослых на 7 и у старых моллюсков на 8 мВ. Через 30—40 мин на фоне максимальной гиперполяризации в три—шесть раз снижается прямая возбудимость нейронов моллюсков обоих возрастов.

Инсулин оказывает влияние не только на молчащие, но и на спонтанно активные нейроны. Причем, действие инсулина на спонтанную импульсную активность проявляется двухфазно. В первые 3 мин импульсная активность учащается, если же клетка обладает синаптической активностью, то она не только учащается, но могут появиться пики. На 20—25 мин частота следования потенциалов действия уменьшается, а на 30—40 мин даже не во всех клетках можно зарегистрировать импульсную активность — она исчезает.

Таким образом, изменение электрических свойств нейронов малого парietального ганглия под влиянием инсулина были однотипны как у старых, так и у взрослых моллюсков. Эти изменения однонаправлены у животных обеих возрастных групп и со-

стоят в росте пол-
двухфазном измене-
в следующие 10—
исчезновение импу-

Лизин-вазопр-
рактеристики нейр-
взрослых моллюск-
3 мин появляется
ла неактивна. В
следования импул-
ность. Через 15 м-
бранный потенциа-

У старых пр-
сина была достов-
ствия вазопрессин-
раза) возвращался
зации мембраны и
валась более зато
прекращение ее пр-
ние концентрации
ной пачечной акти-

Таким образо-
браны нейронов м-
одно различие в
вие на нейроны м-
менение электричес-
клетках млекопита-
сином и инсулином
прессина позволяет
же касается инсул-
В связи с эти-
на инсулин и ваз-
клеток моллюсков
ется. Можно пред-
сину связано с изм-

1. Жерелова О. М. Моллюсков. Большой с. 89—97.
2. Конунин В. А. биохим. журн.,
3. Костюк П. Г. М.
4. Костюк П. Г. С. В кн.: Проблем
5. Костюк П. Г. Современные п-
думка, 1973, с.
6. Плисецкая Э. М. метаболизма у физиологии, 197
7. Русаков Ю. И. и антисыворотки
8. Танин С. А. В. нейронов спинн-
трия, Киев, 1971
9. Barker J. L., Ifs-
ty in molluscan p-
507.
10. Barker J. L., S. Brain Res., 1976

подтверждается
также работами

стоят в росте поляризации мембраны нейрона, снижении прямой его возбудимости и двухфазном изменении характера спонтанной активности: в первые 3 мин учащение, в следующие 10—15 мин — нормализация, а на 30—40 мин — урежение или полное исчезновение импульсной активности.

Лизин-вазопрессин уже в первые секунды существенно меняет электрические характеристики нейронов моллюсков обоих возрастов. Под влиянием гормона мембрана взрослых моллюсков деполяризуется на 3—7 мВ, а у старых на 6—10 мВ. Через 1—3 мин появляется спонтанная активность, если клетка до воздействия вазопрессина была неактивна. В спонтанно активных нейронах под влиянием вазопрессина частота следования импульсов увеличивается в 1,5—2 раза, может появиться пачечная активность. Через 15 мин активность обычно урежается или вовсе прекращается, а мембранный потенциал покоя еще остается ниже исходного уровня.

х возрастных
служила мас-
Ш. Тоттом на
проведено сов-
Земмельвейса
го и фиксиро-
Электрическую
тлия, которые
ценную катод-
двухлучевом
тенциал покоя
покоя и потен-
принятой ме-

У старых прудовиков степень деполяризации мембраны под влиянием вазопрессина была достоверно выше — 6—10 мВ ($p < 0,05$). У старых моллюсков после действия вазопрессина потенциал мембраны нейронов гораздо медленнее (почти в два раза) возвращался к исходному уровню. Восстановление к исходному уровню поляризации мембраны не сопровождалось появлением спонтанной активности — она оказывалась более заторможенной. Возникновение пачечной активности нейрона, а также прекращение ее происходило у старых моллюсков быстрее, чем у взрослых. Увеличение концентрации гормона до 10^{-7} молей у взрослых особей приводило к характерной пачечной активности, а у старых эта специфическая активность пропадала.

концентраци-
аствор Ринге-
лей, pH — 7,4.

мбранного по-
е) и частоты
е данные об-

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о чувствительности мембраны нейронов моллюсков к инсулину и вазопрессину. Обращает на себя внимание одно различие в действии инсулина и вазопрессина. Вазопрессин оказывает действие на нейроны моллюсков в низких концентрациях, тогда как инсулин вызывает изменение электрических свойств мембраны в высоких концентрациях. Как известно, в клетках млекопитающих существуют специальные рецепторы, реагирующие с вазопрессинем и инсулином. Высокая чувствительность нейронов моллюсков к действию вазопрессина позволяет предположить существование в них специальных рецепторов. Что же касается инсулина, то, вероятно, он оказывает общее мембранотропное действие.

характеристики
ами нейронов
— всегда ак-
($p < 0,05$). Одна-
нейронов у
возбудимость
А по сравне-
спада зад-
моллюсков и
иков почти в
бранный по-
 $\pm 0,5$ и $3,6 \pm$
скорость на-
В/мс) нейро-

В связи с этим представляют интерес возрастные особенности реакций нейронов на инсулин и вазопрессин. По нашим данным, чувствительность мембраны нервных клеток моллюсков к вазопрессину в старости увеличивается, а к инсулину не изменяется. Можно предположить, что это повышение чувствительности клеток к вазопрессину связано с изменениями в рецепторном звене.

Список литературы

1. Жерелова О. М. Электрофизиологическая характеристика гигантских нейронов моллюсков Большого Прудовика. — В кн.: Биофизика живой клетки. Пущино, 1971, с. 89—97.
2. Конунин В. А. Статистическая обработка данных при малом числе опытов. — Укр. биохим. журн., 1975, 47, № 6, с. 776—790.
3. Костюк П. Г. Микроэлектродная техника. — Киев: Наук. думка, 1960. — 128 с.
4. Костюк П. Г. Современные электрофизиологические исследования нервной клетки. — В кн.: Проблемы современной нейрофизиологии. М.; Л.: Наука, 1965, с. 5—36.
5. Костюк П. Г. Механизмы электрической возбудимости нервной клетки. — В кн.: Современные проблемы общей физиологии возбудимых образований. Киев: Наук. думка, 1973, с. 13—18.
6. Плисецкая Э. М., Солтицкая Л. П., Лейбсон Л. Г. Участие инсулина в регуляции метаболизма у морских двухстворчатых моллюсков. — Журн. эволюц. биохимии и физиологии, 1979, 15, № 3, с. 288—294.
7. Русаков Ю. И., Казаков В. К. Получение инсулиноподобного вещества моллюсков и антисыворотки к нему. — Там же, № 6, с. 617—619.
8. Танин С. А. Влияние гормонов, стимулирующих биосинтез белка на поляризацию нейронов спинного мозга у крыс разного возраста. — В кн.: Геронтология и гериатрия. Киев, 1977, с. 90—93.
9. Barker J. L., Ifshin M. S., Gainer H. Studies on bursting pacemaker potential activity in molluscan neurons. III. Effects of hormones. — Brain Res., 1975, 84, N 3, p. 501—507.
10. Barker J. L., Smith T. G. Peptide regulation of neuronal membrane properties. — Brain Res., 1976, 103, N 1, p. 167—171.

лиянием ин-
концентра-
нейронов
ся достовер-
старых мол-
ини в три —
растов.

но активные
ть проявля-
же клетка
ут появить-
ается, а на
ую актив-

онетального
ослых мол-
рупп и со-