

7. Пресман А. С.— Успехи соврем. биол., 1956, 41, 1, 40.
8. Пресман А. С.— Успехи соврем. биол., 1963, 56, 2, 261.
9. Пресман А. С.— Электромагнит. поля и живая природа, М., 1968.
10. Пресман А. С.— Успехи физич. наук, 1965, 82, 2, 263.
11. Файтельберг-Бланк В. Р.— Влияние электромагнит. полей на организм животных, Одесса, 1971, 3.
12. Тягин Н. В.— Клинич. аспекты облуч. СВЧ-диапазона, Л., 1971.
13. Шноль С. Е.— Молекул. биофиз., М., «Наука», 1965, 56.
14. Varber D.— Technical Report University, Michigan School of Publ. Health, April, 1961, 103.
15. Cole K., Curtis H.— J. Gen. Physiol., 1939, 22, 649.
16. England T.— Nature, 1956, 166, 480.

Надійшла до редакції
12.V 1974 р.

УДК 612.677.4.014.42

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МЕМБРАНИ ОДИНИЧНИХ М'ЯЗОВИХ ВОЛОКОН У ТВАРИН РІЗНОГО ВІКУ

О. А. Мартиненко

Лабораторія фізіології Інституту геронтології АМН СРСР, Київ

Для з'ясування механізму вікових змін клітин при старінні істотне значення має вивчення особливостей збудливості окремих клітин та електричних властивостей мембрани одиничних м'язових волокон у тварин різного віку. В літературі є небагато відомостей щодо збудливості м'язів тварин у ранньому онтогенезі [1, 6, 9]; ще менше даних з цього питання у пізньому онтогенезі [2, 8, 12]. Це й визначило мету нашого дослідження — вивчити характер зміни збудливості окремих м'язових волокон з віком та зв'язок цих змін з основними електричними властивостями збудливої клітинної мембрани.

Методика досліджень

Досліди проведені на щурах двох вікових груп — дорослі (10—12 місяців) і старі (24—26 місяців). Для вивчення електричних характеристик м'язових клітин використовувався метод імпульсного аналізу, коли клітинну мембрану м'язового волокна литкового м'яза подразнювали пропусканням прямокутного імпульсу постійного струму різної сили, але однакової тривалості (100 мсек). Застосовані одноканальні мікроелектроди, заповнені 2,5 М розчином KCl з діаметром кінчика менше 1 мк одночасно для відведення електротонічних потенціалів і для подразнення клітини. В зв'язку з цим була використана мостова схема [4].

Кателектротонічні потенціали записували на катодному осцилографі CI-18 с фотореєстрацією ФОРОМ. На підставі величин електротону і сили поляризуючого струму, одержаних експериментальним шляхом, виходячи з теорії кабеля [4], обчислювали вхідний опір мембрани, опір мембрани на одиницю довжини волокна і питомий опір [5]. Діаметр м'язових волокон підраховували під мікроскопом МБІ-3 з допомогою окуляр-мікрометра. Заздалегідь пучок м'язових волокон розщеплювали на окремі волокна під біокулярним мікроскопом МБС-2.

Результати досліджень та їх обговорення

Загальновідоме існування тісного взаємозв'язку між функціональним станом клітини та рядом електричних властивостей клітини — її збудливістю, мембранним потенціалом, опором мембрани. В процесі розвитку тварини відзначається певна динаміка змін мембранного потенціалу м'язових волокон білих щурів. Мембранний потенціал (МП) литкового м'яза щура в день народження становить 1/4 величини МП статевозрілих щурів. В наступні дні після народження МП поступово збільшується аж до 15—20 дня. Після цього періоду МП не змінюється, залишаючись у межах 79—80 мВ. Вимірювання МП у щурів в наступні періоди постембріогенезу виявило високу його стабільність аж до старості.

Визначення порогів прямого подразнення окремих м'язових волокон показало певні відмінності цих величин у дорослих і старих тварин (див. таблицю). У дорослих щурів середня величина порогового подразного струму становила $6,3 \pm 0,14 \cdot 10^{-8}$ а. В окремих випадках у дорослих щурів потенціал дії м'язового волокна виникав у межах від $1,5 \cdot 10^{-8}$ до $12 \cdot 10^{-8}$ а. У старих тварин порогова відповідь м'язового волокна на електричне подразнення найчастіше виникала при силах поляризуючого струму $8,9 \pm 0,14 \cdot 10^{-8}$ а (див. таблицю).

Межі коливань величини деполаризуючого струму були менші, але вищі за абсолютними показниками — від $4,5 \cdot 10^{-8}$ до $13 \cdot 10^{-8}$ а. Збільшення середньої величини порога прямого подразнення у старих щурів зумовлене зменшенням кількості волокон з низьким порогом прямого подразнення.

Отже, при тій самій величині мембранного потенціалу дорослі і старі щури мають різний поріг прямого подразнення м'язового волокна. У старих тварин цей поріг вищий, що може свідчити про зниження у них прямої збудливості.

Вікові зміни мембранного потенціалу (МП), порога прямого подразнення (I), порога критичної деполаризації (ΔV), вхідного опору (R_e), питомого опору (R_m), опору мембрани на одиницю довжини волокна (r_m) литкового м'яза

Вік щурів, місяці	МП, мВ	I, 10^{-8} а	ΔV , мВ	R_e , ком	R_m , ом·см ²	$r_m \cdot 10^4$ ом·см
10—12	$80,2 \pm 2,0$	$6,3 \pm 0,14$	$30,9 \pm 1,0$	390 ± 8	$10866 \pm 578,5$	$36,8 \pm 0,6$
24—26	$80,1 \pm 1,6$	$8,9 \pm 0,14$	$46,7 \pm 0,6$	270 ± 17	$5478 \pm 122,1$	$18,8 \pm 2,0$

Аналіз кателектротонічних потенціалів м'язових волокон дорослих і старих щурів показав, що майже всі кателектротонічні потенціали при однаковій силі поляризуючого струму нижчі у 24—26-місячних. Поява локального збудження, а потім потенціалу дії у дорослих і старих щурів відбувається при різній силі поляризуючого струму і при різному критичному рівні деполаризації. Проведене дослідження показало, що потенціал дії виникав у дорослих щурів при критичному рівні деполаризації, що дорівнює $49,3$ мВ, а у старих — $33,4$ мВ. Чим вищий критичний рівень деполаризації, тим меншу силу повинен мати подразний струм, щоб викликати необхідне зрушення порогового потенціалу ΔV , тим вища збудливість. Зрушення порогового потенціалу у дорослих тварин становило $30,9 \pm 1,0$, а у старих щурів — $46,7 \pm 0,6$ мВ (див. таблицю). Підвищення порога критичної деполаризації у старих щурів також свідчить про те, що у 24—26-місячних щурів слід на більшу величину деполаризувати мембрану, щоб виник поширюваний струм дії.

Підрахування вхідного опору м'язового волокна, питомого опору мембрани і опору мембрани на одиницю довжини волокна у білих щурів показало певні відмінності цих величин залежно від віку тварини. Так, вхідний опір м'язового волокна дорослих щурів у середньому становив 390 ± 8 ком (див. таблицю). У групі щурів цього віку спостерігались досить істотні коливання вхідного опору. У старих щурів розкид цифр був значно менший, і середня величина вхідного опору у них становила 270 ± 17 ком. Отже, вхідний опір м'язового волокна старих тварин значно знижується ($p < 0,02$).

Питомий опір мембрани старих щурів майже в два рази нижчий, ніж у дорослих ($p < 0,001$), у яких він становить $10866 \pm 578,5$ ом·см², а у старих — $5478 \pm 122,1$ ом·см². Нами одержані значні відмінності також у величині опору мембрани на одиницю довжини волокна у тварин різного віку ($p < 0,001$). Так, у 10—12-місячних щурів опір мембрани на одиницю довжини волокна становив $36,8 \pm 0,6 \cdot 10^4$ ом·см, тоді як у старих тварин — $18,8 \pm 2,0 \cdot 10^4$ ом·см.

Отже, у старих тварин на фоні незміненої величини МП м'язових волокон є істотні зміни електричних констант волокна та зміна збудливості. У 24—26-місячних щурів відбувається достовірне ($p < 0,001$) збільшення порога прямого подразнення та збільшення порога критичної деполаризації. Проведене дослідження свідчить про значне зниження опору мембрани м'язового волокна старих тварин. Зменшення опору мембрани з віком свідчить про збільшення провідності мембрани. За даними Новикової [8], вхідний опір у 24-місячних щурів не змінюється щодо 12-місячних, а питомий опір у старих щурів різко підвищується.

Зниження збудливості одиничних м'язових волокон у старості при незмінній величині МП слід, очевидно, пояснити тими зрушеннями в іонній асиметрії, які настають з віком.

Так, при старінні зменшується вміст внутріклітинного К, наростає вміст Na і Cl [7, 13]. В механізмі змін іонної асиметрії при старінні істотне значення мають зрушення в активному транспорті, зв'язані зі зміною генерації енергії в клітині. Певне значення в цьому комплексі змін мають і зрушення в зміні проникності мембрани, показником чого може бути величина її опору.

Останнім часом зібрано багато фактичного матеріалу про зміну реакції клітини при старінні, про ослаблення нервових впливів на тканини [3, 10, 11]. Можна гадати, що певне значення в реакції клітини в старості має зниження порога прямої збудливості м'язового волокна.

Література

1. Анучин А. В.— В сб.: Труды Донецкого мед. ин-та, Донецк, 1958, 1, 11, 272.
2. Верхратский Н. С.— В кн.: «Механизмы старения», К., 1963, 163.
3. Верхратский Н. С.— В сб.: Регуляция функций в различн. возрастн. периоды, К., 1966, 73.
4. Костюк П. Г.— Микроэлектродная техника, К., 1960.
5. Майский В. А.— Электрич. характер. протоплазматич. мембраны мышечн. волокон и нервных клеток при их различн. функц. сост., Автореф. дис., К., 1963.
6. Нарбут В.— Неврол. вестник, 1902, X, 2—3.
7. Новикова А. И.— Физиол. журн. СССР, 1964, 50, 5, 626.
8. Новикова А. И.— Физиол. журн. СССР, 1967, 3, 344.
9. Рябиновская А. М.— Физиол. журн. СССР, 1934, 17, 6, 1314.
10. Фролькис В. В.— В сб.: Современ. вопросы геронтол. и гериатр., Тбилиси, 1965.
11. Фролькис В. В.— В кн.: Труды симпози. «Приспособит. возможн. стареющего организма», К., 1967.
12. Фудель-Осипова С. И.— Физиол. журн. АН УРСР, 1962, 8, 4, 442.
13. Фудель-Осипова С. И., Мартыненко О. А.— Биофизика, 1965, X, 5, 796.
14. Hodgkin A., Rushton W.— Proc. Roy. Soc., ser., B., 1946, 133, 444.

Надійшла до редакції
11.VII 1974 р.

УДК 591.11.3

ДО ПИТАННЯ ПРО ВЗАЄМОДІЮ Кальцію З ГЕПАРИНОМ

В. Д. Романенко, М. І. Коцар

Відділ фізіології водних тварин Інституту гідробіології АН УРСР, Київ

В забезпеченні зсідання крові беруть участь багато речовин, які знаходяться в плазмі, кров'яних тілцях, а також у тканинах. Серед них важлива роль належить іонізованому кальцію, який активує процеси утворення тромбобластину, тромбіну з протромбіну, формування фібрину мономери з фібриногену та його полімеризацію [1, 2, 3, 5].

Відомий також цілий ряд антикоагулянтів, що запобігають утворенню тромбів у судинах. До їх числа належить гепарин і гепариноподібні речовини, а також активатори фібринолізу. За хімічною будовою молекула гепарину є полісахаридом з великою кількістю сульфатних груп, які, як відомо, можуть сприяти утворенню стійких комплексів з двовалентними катіонами.

Ми вивчали кальційзв'язувальні властивості гепарину, а також визначали його вплив на співвідношення зв'язаного і рівноважного кальцію крові риб.

Методика досліджень

Досліди по вивченню кальційзв'язувальних властивостей гепарину проводились з кров'ю риб (білий амур, лящ), а також з розчинами солей кальцію, які містять різні кількості альбуміну і гепарину. Для визначення співвідношення зв'язаної і здатної до дифузії фракцій кальцію в крові був використаний метод проточного діалізу, а також гел'фільтрація на сефадексі G-10 штучно виготовлених розчинів, сироватки і плазми крові риб. Концентрацію кальцію визначали комплексометричним методом на титраторі ТФД-46-2.

Результати досліджень

Як показали одержані результати, загальна концентрація кальцію в крові досліджуваних риб становить 2,5—3,0 ммоль/л. На долю недифундуючих його сполук, визначених проточним діалізом гепаринізованої плазми крові, припадає близько 85—90%, а при діалізі сироватки лише 20%. Як відомо, у людей та більшості теплокровних тварин із загальною концентрації кальцію в крові — 2,5 ммоль/л його недифундуючі сполуки становлять від 40 до 50% [4].