

Про деякі властивості мембрани м'язових волокон щодо іонів рубідію

І. С. Маруа

Лабораторія електрофізіології Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця
Академії наук УРСР, Київ

У 1924 р. Д. С. Воронцов описав явище, відоме у світовій літературі як феномен Воронцова. Це явище полягає в тому, що порушення збудливості і провідності нерва, викликані тими чи іншими факторами, можуть бути усунені анодом або катодом постійного струму. Так, пригнічення збудливості і провідності нерва, спричинене іонами калію, рубідію, цезію та амонію, усувається анодом постійного струму. Порушення провідності і збудливості, викликані іонами лужноземельних металів, ліквідуються катодом постійного струму. Це свідчить про те, що вплив іонів калію, рубідію, цезію та амонію на мембрану нервових волокон схожий. Дія іонів лужноземельних металів на мембрану протилежна.

Результати дослідів Воронцова також свідчать про схожість впливу на клітинну мембрану деяких катіонів та електричного струму. Дія вказаних вище одновалентних катіонів на мембрану подібна до дії катода. Катод, впливаючи на живу речовину клітинної мембрани, може посилювати її збудливість, але при досить великій силі струму він пригнічує збудливість. Це пригнічення зветься катодичною депресією. Іони лужноземельних металів мають властивість знижувати збудливість. Так само діє анод постійного струму.

Досліди Воронцова показують, що у деяких випадках можливо відновити втрачену функцію нерва за допомогою електричного струму.

Погляди Воронцова на роль електричної поляризації мембрани в явищі збудливості, що були ним висловлені близько тридцяти років тому, дістали блискуче підтвердження у сучасних дослідженнях.

Катіони, які впливають на клітинну мембрану як катод, викликають деполяризацію мембрани. Але їх деполяризуюча дія неоднакова. Це пов'язують з тим, що проникність мембрани для цих іонів різна. Найбільш близькі властивості калію та рубідію (Шейнс, 1958).

Доведено, що й іони хлору можуть брати участь в електричних явищах, що відбуваються на мембрані. Так, у 1941 р. Бойль і Конвей описали особливості розподілу іонів калію та хлору між м'язовими волокнами й оточуючим розчином. Вони довели, що мембрана м'язових волокон помірно проникна для іонів хлору. Додавання до розчину Рінгера хлориду калію веде до того, що концентрація калію і хлору всередині м'язових волокон підвищується відповідно до доданої кількості KCl.

За даними Едріана (1960), перебування кравецького м'яза жаби протягом чотирьох годин у розчині Рінгера, до якого додавали 100 мМ KCl, викликало підвищення внутріклітинної концентрації хлору з 3,8

більше підвищити внутріклітинну концентрацію іонів рубідію і хлору. Ми враховували ту обставину, що проникність мембрани для іонів рубідію значно нижча, ніж для калію (Конвей, 1960). У кімнатній температурі таке тривале витримання м'яза приводило до його загибелі. У контрольних дослідках тривале утримання м'яза в умовах низької температури не викликало помітного пошкодження м'яза. Мембранний потенціал спокою майже не змінювався після двох діб перебування м'яза при температурі $+4^{\circ}\text{C}$. Виміри мембранного потенціалу ми проводили тоді, коли розчин з м'язом, вийнятий з холодильника, зігрівався до кімнатної температури.

З холодильника препарат з розчином, до складу якого входив RbCl , переносили в приміщення з кімнатною температурою. Після зігрівання препарату вимірювали мембранний потенціал. Він при цьому дорівнював приблизно -30 мВ . Після цього препарат переносили в сульфатно-сахарозний розчин, який мав такий же осмотичний тиск, як розчин з рубідієм, але не містив рубідію і хлору. В цьому розчині відбувався вихід іонів рубідію і хлору з волокон. Виміри мембранного потенціалу через 10—15 хв. після заміни розчину виявляли електричну поляризацію мембрани зворотного знаку. Мембранний потенціал у цьому випадку приблизно дорівнював $+35\text{ мВ}$. Мембранний потенціал такого напрямку спостерігався протягом трьох годин. За цей час він трохи знижувався.

Потім м'яз переміщували у звичайний розчин Рінгера і ставили в холодильник на 18—19 год. Після цього мембранний потенціал досягав рівня, близького до вихідного; напрямок електричної поляризації мембрани був звичайним. М'яз відзначався доброю збудливістю.

Треба сказати, що ні при деполяризації, викликаній рубідієм, ні при зворотній поляризації збудливості м'яза не було.

Виписка з протоколу дослідів від 20—22 вересня 1961 р.

20.IX, 15 год. 50 хв. Мембранний потенціал спокою через півтори години після відпрепарування м'яза. Окремі виміри в мВ : -85 ; -82 ; -86 ; -87 ; -90 ; -85 ; -88 ; -84 ; -85 ; -88 ; -91 ; -83 .

16 год. 10 хв. М'яз був залишений на 18 годин у холодильнику з температурою $+4^{\circ}\text{C}$ у розчині Рінгера, до якого було додано 100 мМ RbCl .

21.IX, 10 год. 50 хв. М'яз з розчином був перенесений у приміщення з кімнатною температурою.

11 год. 50 хв. Окремі виміри мембранного потенціалу в мВ : -30 ; -30 ; -25 ; -31 ; -30 ; -31 ; -30 ; -32 ; -29 ; -30 ; -28 ; -35 . М'яз не збудливий.

12 год. 00 хв. М'яз був переміщений у сульфатно-сахарозний розчин.

12 год. 15 хв. Окремі виміри мембранного потенціалу в мВ : $+30$; $+40$; $+30$; $+41$; $+45$; $+31$; $+30$; $+43$; $+28$; $+31$; $+32$.

15 год. 15 хв. $+35$; $+30$; $+36$; $+10$; $+30$; $+30$; $+12$; $+28$; $+30$; $+34$; $+30$; $+31$. М'яз не збудливий.

15 год. 30 хв. М'яз був перенесений у звичайний розчин Рінгера і залишений у холодильнику на 19 годин.

22.IX. 10 год. 30 хв. М'яз разом з розчином Рінгера був перенесений у приміщення з кімнатною температурою.

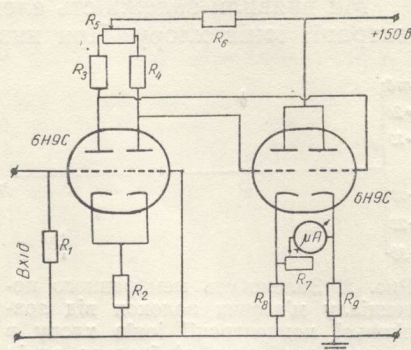


Рис. 1. Схема електричного мілівольтметра.

R_1 — 3 Мом , R_2 — 820 ом , $R_{3,4}$ — 120 ком , R_5 — 47 ком , R_6 — 39 ком , R_7 — 4,7 ком , $R_{8,9}$ — 68 ком . За допомогою змінного опору R_5 встановлюється стрілка мікроамперметра. Опір R_7 дає можливість регулювати чутливість приладу. Приладом можна вимірювати постійну напругу з точністю до 0,5 мВ .

електрична поляризація мембрани залежатиме від зовнішньої концентрації хлору подібно до потенціалу хлорного електрода.

3. Одержані дані, які характеризують проникність мембрани щодо іонів рубідію, підтверджують схожість біологічних властивостей іонів калію і рубідію.

ЛІТЕРАТУРА

- Воронцов Д. С., Русск. физиол. журн., т. VII, 1924; 203, 300, 1924; Гагрские беседы, т. I, Биоэлектрические потенциалы, 1949, с. 149; Физиол. журн. АН УРСР, т. IV, № 1, 1958, с. 3.
- Костюк П. Г., Микроэлектродная техника, Изд-во АН УССР, 1960.
- Магура І. С., Физиол. журн. АН УРСР, т. VII, № 4, 1961, с. 566.
- Пятигорський Б. Я., Физиол. журн. АН УРСР, т. VI, № 5, 1960, с. 691.
- Сорокина З. А., Автореферат канд. дисс., 1961.
- Adrian R. H., J. Physiol., 143, 1958, p. 59; 151, 1960, p. 154.
- Boyle P. S., Conway E. J., J. Physiol., 100, 1941, p. 1.
- Conway E. J., J. Gen. Physiol., 43, N 5, part 2, 1960, p. 17.
- Hodgkin A. L., Horowicz P., J. Physiol., 148, 1959, p. 127.
- Katz B., Arch. Sci. Physiol., 3, 1949, p. 285.
- Lubin M., Schneider P. B., J. Physiol., 138, 1957, p. 140.
- Shanes A., Pharmacol. Rev., 10, 1958, S. 59.
- Sjodin R. A., J. Gen. Physiol., 42, 1959, p. 983.

Надійшла до редакції
12.X 1961 р.

О некоторых свойствах мембраны мышечных волокон относительно ионов рубидия

И. С. Магура

Лаборатория электрофизиологии Института физиологии
им. А. А. Богомольца Академии наук УССР, Киев

Резюме

Изучались свойства клеточной мембраны мышечных волокон в отношении ионов рубидия. Для опытов была использована портняжная мышца лягушки *Rana ridibunda*. О свойствах мембраны мы судили, главным образом, по ее электрической поляризации, которая изучалась с помощью стеклянных микроэлектродов, заполненных 2,5 М раствором KCl.

Создавались условия, при которых внутри мышечных волокон накапливались ионы хлора и рубидия. Эти условия сопровождалась деполаризацией мембраны до -30 мв. При выходе ионов хлора и рубидия из волокон электрическая поляризация мембраны зависела от наружной концентрации хлора. При отсутствии ионов хлора или при достаточно низкой его концентрации в окружающем растворе электрическая поляризация мембраны была обратного знака, т. е. внутренняя поверхность мембраны была заряжена положительно относительно наружной. В отсутствии ионов хлора обратная поляризация достигала величины $+35$ мв.

Это явление мы объясняем тем, что мембрана мышечных волокон более проницаема для ионов хлора, чем для ионов рубидия, выходящих из волокон. Для ионов рубидия, которые заходят в волокна, проницаемость мембраны значительно выше.

Свойства мембраны мышечных волокон относительно ионов калия и рубидия сходны и в этом случае.

On Certain Properties of the Muscle Fibre Membrane in Respect to Rubidium Ions

I. S. Magura

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

Summary

The author studied the cellular membrane of muscle fibres in respect to rubidium ions. The sartorius muscle of *Rana ridibunda* was employed for the experiments. The properties of the membrane were judged, chiefly, by its electrical polarization, which was studied by means of glass micro-electrodes filled with a 2.5 M solution of KCl.

Conditions were set up under which chloride and rubidium ions accumulated within the muscle fibres. These conditions were accompanied by depolarization of the membrane up to -30 mV. On the escape of chloride and rubidium ions from the fibres the electric polarization depended on the external concentration of chloride. In the absence of chloride ions or in the case of a rather low concentration the electrical polarization of the membrane in the surrounding solution was of the opposite sign, i. e. the inner surface of the membrane was charged positively in respect to the outer. In the absence of chloride ions the reverse polarization attained a value of $+35$ mV.

The phenomenon is accounted for by the author by the fact that the muscle fibre membrane is more permeable to chloride ions than to rubidium ions escaping from the fibres. For rubidium ions entering into the fibres the permeability of the membrane is considerably higher.

The properties of the muscle fibre membrane in respect to potassium and rubidium ions are similar.

Вплив рентгенівського проміння на потенціал і збудливість жаби

Лабораторія біофізики
ім. О. О. Богомолець

В раніше опублікованому дослідженні впливу рентгенівського проміння на потенціал і збудливість жаби. В даній статті розглядається вплив рентгенівського проміння на збудливість і потенціал жаби.

Літературні дані свідчать про суперечливі результати досліджень. Кушнер (1) і Литков (2) в дозі 60 р. Фенні (3) і Херве (3) встановили, що рентгенівське проміння воджувалося розвитку живота жаби рентгенівського проміння. Літературу з питань знайти не вдалося. Впливу іонізуючої радіації на теплокровних тваринах (4, 5, 6, 7, 8).

Об'єктом дослідження служив контрольний. Було встановлено, що в умовах опромінення жаби і умови опромінення. Поріг збудливості вище порігу гострих стальних електродів, але прилягали до нього, але не вміщували у водний контрольний й опромінення.

Потенціали дії відводилися з кінчика яких ставилися тримольярним хлористим калієм. Потенціал кінчика електродів. Особливу увагу слід приділяти шкодженню тонкого кінчика зменшенні рухомості самої кінцівки мікроелектрода. В умовах опромінення булавками (краще не металевими) у вигляді спіралі на кінці відбувається по осі електродів при скороченні м'яза.