

Вплив зміни електролітного складу зовнішнього середовища на потенціал спокою опромінених рентгенівським промінням поперечно-смугастих м'язових волокон

В. І. Богомолець

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

Раніше проведені дослідження показали, що при опроміненні рентгенівським промінням ізольованих м'язів спостерігається зниження потенціалів спокою (транс-мембранних потенціалів) волокон [2, 3, 7, 9, 12].

Згодом було встановлено, що внутрішньоволоконна концентрація калію в опромінених м'язах знижується, а натрію, навпаки, підвищується. Такі дані дозволили зробити висновок, що зниження потенціалу спокою при дії вказаного фактора зумовлене зменшенням градієнта концентрації калію на мембрані волокон [2, 8, 9].

Відповідність експериментальної величини потенціалу спокою і величини цього потенціалу, обчислена нами теоретично за формулою Нернста, на основі внутрішньоволоконної концентрації калію в опромінених м'язах, також говорить на користь цього висновку [2].

Однією з причин зміни постійно існуючої іонної асиметрії між волокнами і навколишнім середовищем може бути пригнічення обмінних процесів, які здійснюють іонопереносну функцію саркоплазми. Зокрема, на це вказують деструктивні зміни саркоплазми, які були виявлені в деяких волокнах при морфологічному дослідженні м'язів, опромінених такими дозами рентгенівського проміння, які викликали зміну електропотенціалів [3].

Для підтвердження цього припущення були проведені такі дослідження.

Методика досліджень

Досліди проводили на *m. sartorius* жаби, відпрепарованих від обох лапок. Один з м'язів був піддослідний, другий — контрольний. Опромінення здійснювали у вологій камері апарату РУМ-7 за таких умов: сила струму — 20 *ма*, напруга — 40 *кв*, фільтр — 0,49 *ал*, фокусна відстань — 7,5 *см*, потужність дози — 3 *кр/хв*. Доза опромінення — 162 *кр*.

Після опромінення досліджуваний і контрольний м'язи вміщували в спеціальний станок і досліджували через кожні одну-дві години на протязі десяти годин. Потенціал спокою м'язових волокон відводили за допомогою внутріклітинних мікроелементів [4, 5, 6]. Зовнішнім середовищем був розчин Рінгера такого складу: 116,25 *мМол* Na^+ ; 2,0 *мМол* K^+ ; 1,8 *мМол* Ca^{++} ; 117,1 *мМол* Cl^- і 2,95 *мМол* HCO_3^- на 1 *л* води.

В досліді було використано 15 тварин (30 м'язів). Кожний графік обчислюється з п'яти дослідів; індекси на цих графіках становлять середнє арифметичне 50 вимірів. Загальна кількість відведень потенціалів спокою для всіх серій становила близько 3600.

Перша серія дослідів полягала у визначенні потенціалів спокою у нормальних, не опромінених м'язів, одну групу з яких вміщували в безкалієвий, а другу — в багатий на калій розчин Рінгера (концентрація іонів калію в останньому розчині дорівнювала 10 *мМол/л*). Ідентичності осмотичного тиску досягали збільшенням або зменшенням концентрації іонів натрію.

Результати досліджень

Результати досліджень наведені на рис. 1. Потенціал спокою нормальних м'язових волокон, вміщених у звичайний розчин Рінгера, в усіх дослідіх був однаковий і дорівнював 80—83 *мв*.

При заміні звичайного розчину на безкалієвий потенціал спокою різко підвищувався, досягаючи 100—110 мв, і на протязі дослідів залишався на цьому рівні. Потенціали спокою м'язів, вміщених у розчин Рінгера з підвищеним вмістом іонів калію, виявились зниженими до 50 мв. Описані зміни величини потенціалів спокою повністю збігаються з даними інших авторів і пояснюються в першому випадку збільшенням, а в другому — зменшенням градієнта концентрації калію на мембрані волокон [11].

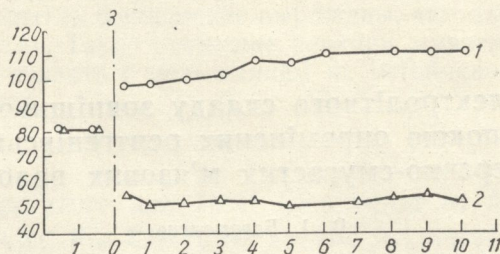


Рис. 1. Залежність величини потенціалів спокою волокон в м'язах, які перебувають в безкалієвому та в багатому на калій середовищі, від часу після препарування.

По вертикалі — величини потенціалів спокою в мв, по горизонталі — час в годинах. 1 — величини потенціалів в м'язах, вміщених в безкалієве середовище, 2 — в розчин Рінгера, багатий на калій (10 мМол/л), 3 — час зміни навколишнього середовища.

В другій серії дослідів вимірювали потенціали спокою опромінених м'язових волокон, одну групу яких вміщували в звичайний розчин Рінгера, а другу — в безкалієвий. Залежність величин потенціалів спокою від часу показана на рис. 2.

До опромінення величина потенціалів спокою всіх м'язів у цій серії дослідів дорівнювала 82—83 мв. Після опромінення дозою 162 кр величина потенціалів від-

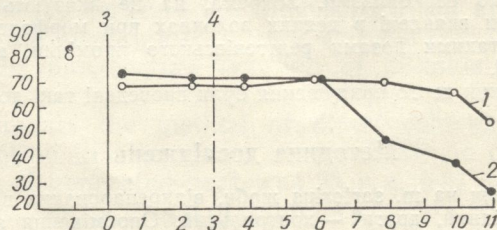


Рис. 2. Залежність величини потенціалів спокою опромінених м'язів від часу їх перебування в звичайному і безкалієвому розчині Рінгера.

1 — величини потенціалів спокою опромінених м'язів, які знаходяться у звичайному розчині Рінгера. 2 — індекси для м'язів, які вміщені в безкалієве середовище, 3 — час опромінення; 4 — час вміщення м'язів в безкалієве середовище (доза — 162 кр). Решта позначень див. рис. 1.

разу знижувалась на 10—15 мв і наприкінці дослідів їх величина на 11-й годині зменшувалась до 52 мв. Після того як досліджувані м'язи були вміщені в безкалієве середовище, величини потенціалів спокою не збільшувались, як це спостерігалось у першій серії дослідів (рис. 1), а залишались на тому ж рівні. Більше того, починаючи з шостої години після опромінення, потенціали спокою опромінених і вміщених у безкалієве середовище м'язів починали знижуватись і на восьмій годині дорівнювали 46 мв, а на 11-й досягали найменшої величини — 25 мв. Отже, потенціали спокою опромінених м'язів, які були вміщені в безкалієвий розчин Рінгера, знижувались наприкінці дослідів значно більше, ніж контрольні опромінені м'язи.

В досліді наступної серії вимірювали потенціали спокою в опромінених м'язах, вміщених у звичайний і багатий на калій розчин Рінгера. Ці дані наведені на рис. 3. Потенціали спокою опромінених м'язів, які знаходяться у звичайному розчині Рінгера, зразу після опромінення знижуються на 15 мв, а потім, на протязі 11 го-

дин, ще на
чин Рінгера,
не зареєструв
При про
ціали спокою
ся значно бі
розчині Рінге
вище призвод
нюється на ві
з часом прояв

Для поясне
спокою. Більшість
спокою зумовлює
і внутрішнім сер
ською рівновагою
ціалів. Проникніс
Але дуже значни
входженню його
лію назовні. Цій
ханізм забезпечує
метаболических про
Ходжкін і І
пов'язаний з акти
калію із зовнішнь
«помпи», тому що
I, навпаки, збільш
ту натрій-виштовх
В опроміненні
ція натрію збільш
утруднюємо вже і
через мембрану. В
виштовхується наз
спокою волокон в т
При вміщенні
сприятливі умови
волокон. Мембранні
На підставі ць
спокою опромінених
з активним перенесе

1. Вміщення оп
значного зниження
коли досліджувані
2. Вміщення оп
ження потенціалу спо
від м'язів, вміщених у

дин, ще на 18 мВ. Потенціали спокою в м'язах, вміщених після опромінення в розчин Рінгера, також знижувались, досягаючи 47 хв. Дальшого зниження потенціалів ми не зареєстрували.

При проведенні дослідів ми натрапили на два основні факти: по-перше, потенціали спокою опромінених м'язів, вміщених в безкалієвий розчин Рінгера, знижуються значно більше, ніж тоді, коли досліджуваний об'єкт знаходиться у звичайному розчині Рінгера, і, по-друге, вміщення опромінених м'язів у багате на калій середовище призводить до зниження потенціалу, рівень якого в процесі дослідів не змінюється на відміну від м'язів, вміщених у звичайний розчин Рінгера, параметр яких з часом проявляє тенденцію до зменшення.

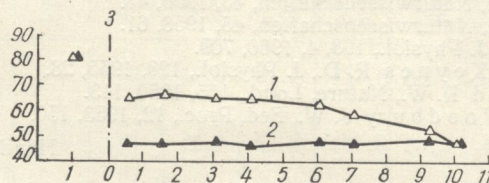


Рис. 3. Залежність величини потенціалів спокою опромінених м'язів від часу їх перебування у звичайному і багатому на калій розчині Рінгера.

1 — величини потенціалів спокою опромінених м'язів, які знаходяться у звичайному розчині Рінгера, 2 — індекси для м'язів, які вміщені в середовище, багате на калій, 3 — час закінчення опромінення і зміни розчину Рінгера на розчин, багатий на калій.

Для пояснення цих явищ наводимо літературні дані про природу потенціалів спокою. Більшість експериментальних даних вказує на те, що величина потенціалів спокою зумовлюється в основному різницею концентрацій іонів калію між зовнішнім і внутрішнім середовищем клітин, яка в нормі визначається модифікованою доннанівською рівновагою і створює на клітинній мембрані трансмембранну різницю потенціалів. Проникність мембрани для іонів калію значно більша, ніж для іонів натрію. Але дуже значний електрохімічний градієнт натрію, створений на мембрані, сприяє входженню його всередину клітин і відповідно послідовному переміщенню іонів калію назовні. Цій тенденції протидіє активний натрій-виштовхуючий механізм. Цей механізм забезпечується енергією обміну речовин і його активність залежить від рівня метаболічних процесів у клітинах.

Ходжкін і Кейнс показали, що активний натрій-виштовхуючий механізм тісно пов'язаний з активним механізмом введення калію всередину клітини. При видаленні калію із зовнішнього розчину утворюються умови для утруднення роботи натрієвої «помпи», тому що відсутність калію сповільнює виштовхування іонів натрію назовні. І, навпаки, збільшення концентрації калію у зовнішньому середовищі полегшує роботу натрій-виштовхуючого механізму [10].

В опромінених м'язах калій виходить з волокон, а внутріволоконна концентрація натрію збільшується. Видаляючи калій із зовнішнього розчину, ми тим самим утруднюємо вже і без того порушений процес активного перенесення іонів натрію через мембрану. В зв'язку з нестачею іонів калію натрій в ще менших кількостях виштовхується назовні, а калій, відповідно, втягується всередину клітин. Потенціал спокою волокон в таких умовах ще більше падає.

При вміщенні опроміненого м'яза в багате на калій середовище утворюються сприятливі умови для виштовхування натрію і транспортування калію всередину волокон. Мембранний потенціал таких волокон знижується в меншій мірі.

На підставі цього можна припустити, що однією з причин зниження потенціалів спокою опромінених м'язів є, мабуть, пригнічення метаболічних процесів, зв'язаних з активним перенесенням іонів через мембрану волокон.

Висновки

1. Вміщення опромінених м'язів у безкалієвий розчин Рінгера призводить до значного зниження потенціалів спокою, значно більшого, ніж це спостерігається, коли досліджуваний об'єкт знаходиться у звичайному розчині Рінгера.

2. Вміщення опромінених м'язів у багате на калій середовище викликає зниження потенціалу спокою, рівень якого на протязі дослідів не змінюється, на відміну від м'язів, вміщених у звичайний розчин Рінгера.

ЛІТЕРАТУРА

1. Богомолец В. І., Четверта конференція молодих вчених Київського відділу т-ва фізіологів і фармакологів і т-ва біохіміків, К., Тези доповідей, 1960.
2. Богомолец В. І., Фізіол. журнал АН УРСР, т. VII, № 2, 1961, с. 214.
3. Богомолец В. І., Изменение электрических потенциалов, концентрации электролитов и структуры поперечнополосатых мышечных волокон после воздействия рентгеновских лучей. Канд. дисс., К., 1963.
4. Костюк П. Г., Биофизика, 2, 4, 1957.
5. Костюк П. Г., Микроэлектродная техника, Киев, 1960.
6. Мещерский Р. М., Методика микроэлектродного исследования, Медгиз, 1960.
7. Bergeder H. D., Naturwissenschaften, 45, 1958, 43.
8. Bergeder H. D., Naturwissenschaften, 45, 1958, 61.
9. Darden E., Am. J. Physiol., 198, 4, 1960, 709.
10. Hodgkin A. L., Keynes R. D., J. Physiol., 128, 1955, 28.
11. Ling G., Gerard R. W., Nature, Lond., 165, 1950, 113.
12. Walker V. N., Woodbury J. W., Fed. Proc., 12, 1953, 150.

Надійшла до редакції
6.I 1964 р.

Вплив порушення симпатичної і парасимпатичної іннервації сім'яників на їх будову і функції

Г. І. Ходоровський

Кафедра нормальної фізіології Чернівецького медичного інституту

Ми не знайшли в літературі експериментальних даних про вплив різних відділів нервової системи на будову і функції сім'яників та їх чутливість до гонадотропних гормонів. Між тим з'ясування цього впливу на різних етапах постнатального розвитку дуже важливе. Тому ми вирішили вивчити вплив видалення пограничних симпатичних стовбурів, перерізання тазових і блукаючих нервів на будову і функції сім'яників та їх чутливість до гонадотропних гормонів.

Дослідження проведені в хронічних експериментах на 144 інфантильних самцях білих щурів віком чотири-п'ять тижнів і вагою 40—62 г.

Симпатичні стовбури видаляли в попереково-крижовому відділі. Для виключення імпульсів, що надходять по парасимпатичних волокнах тазових нервів, перерізували гілки другої і третьої пари крижових нервів. Після цієї операції випорожнення сечового міхура у самців викликали штучним масажем через черевну стінку, а виведення калу — клізмами. Блукаючі нерви перерізували під діафрагмою.

До кожної серії дослідів ставили дві контрольні серії на самцях такого ж віку і ваги: 1) без будь-якого хірургічного втручання і 2) з лапаротомією (самці, у яких після розкриття черевної порожнини механічно доторкувались до тканин в ділянці розміщення відповідного нерва без його пошкодження).

Хоріальний гонадотропін (ХГ) вводили, починаючи з другого дня після операції, на протязі п'яти днів по 10 одиниць щодня. В такій же кількості його вводили самцям без будь-якого пошкодження того чи іншого нерва.

Всі тварини були вбиті на дев'ятий день після операції. При розтині у них вирізали сім'яники, їх придатки, сім'яні пухирці і простату. Органи вимірювали і зважували на торзійній вазі, фіксували в 10%-ному розчині нейтрального формаліну для гістологічного дослідження. Зрізи сім'яників фарбували гематоксиліном і еозинном. Визначали вагу і розміри сім'яників, їх придатків, сім'яних пухирців і простати, а також гістологічну будову сім'яників.

Дані про вплив видалення пограничних симпатичних стовбурів на сім'яники і придаткові залози наведені в табл. 1.

З таблиці видно, що двобічне видалення пограничних симпатичних стовбурів у попереково-крижовому відділі призводить до значного зменшення середніх розмірів (7,3 мм × 5,4 мм) і ваги сім'яників (289 мг) та їх придатків у порівнянні з контролем (10,1 мм × 6,1 мм і 417,8 мг). При цьому зменшується також гормональна функція сім'яників, про яку можна судити за середньою вагою і розмірами сім'яних пухирців і простати.

При мікроскопічному дослідженні сім'яників видно різке зменшення діаметра сім'яних каналців у порівнянні з контролем і помітне розростання міжканальцевої сполучної тканини. Спостерігається руйнування і загибель клітин Сертолі і сім'яного епітелію. В розрощеній сполучній тканині кровоносні судини розширені, місцями спостерігаються крововиливи.

Після видалення пограничних симпатичних стовбурів у попереково-крижовому відділі чутливість інфантильних самців щурів до ХГ виявляється меншою, ніж у кон-

Результати в

Серія дослідів

Втручан

- | | |
|---|--|
| 1 | Без втручання |
| 2 | Лапаротомія |
| 3 | Двобічне видалення пограничних стовбурів |
| 4 | Введення ХГ |
| 5 | Двобічне видалення пограничних стовбурів і введення ХГ |

трольних тварин, і

Гістологічне
сім'яних каналців
тинних шарів сім'я
сім'яниках щурів,
гатель каналців
тозоїдів, то в сім'я
ми, а сперматозоїди
Двобічне перері
сім'яників, ніж вид
Середня вага сім'я
новить тільки 217,4
них самців (409,5 м
тазових нервів при
зменшення ваги і роз

Результати пере

Серія дослідів

Втручання

- | | |
|---|---|
| 1 | Без втручання . . . |
| 2 | Лапаротомія без перерізання тазових нервів . . . |
| 3 | Двобічне перерізання тазових нервів . . . |
| 4 | Введення ХГ . . . |
| 5 | Двобічне перерізання тазових нервів і введення ХГ . . . |