

Про роль нервової системи у підтриманні сталості електролітного складу м'язових волокон

С. І. Фудель-Осипова, І. І. Пархотик

(Київ)

Поверхневий шар протоплазми клітин характеризується особливими біологічними властивостями, завдяки чому забезпечується безперервна взаємодія клітин із зовнішнім середовищем. Цю своєрідну частину протоплазми клітин Д. С. Воронцов [3] назвав «подразнювальним апаратом», що ясно вказує на її властивості швидко і чітко реагувати на будь-яку зміну навколишнього середовища. Цьому утворенню — протоплазматичній мембрані — приділяють тепер велику увагу, вивчають її структурні, фізіологічні, біохімічні властивості, які визначають її здатність до сприймання і виведення різних речовин, а також ті фізико-хімічні закономірності, які забезпечують її природну поляризацію [2, 5, 16, 18 та ін.].

Величина мембранного потенціалу клітини (МП) та його відношення на сталість визначаються тими обмінними процесами, які відбуваються в її протоплазмі. Порушення гліколізу, процесів окислювального фосфорилювання викликає зниження МП [19, 32, 41].

В ранньому онтогенезі при становленні життєвих процесів МП м'язових волокон буває дуже низьким [13, 22, 23]. В м'язових волокнах шурів лише на 16—20-й день постнатального розвитку МП досягає 78,5—90 мВ — величин, які зберігаються постійними аж до старості. При старінні організму, коли перебіг обмінних процесів зазнає значних змін, величина МП знижується [22, 23].

Концентрація іонів калію всередині м'язового волокна, яка в основному визначає величину МП, в період раннього онтогенезу і при старінні організму низька [24]. Отже, ці дані вказують на те, що відсутність або порушення обмінних процесів призводить до зниження концентрації іонів калію в клітині і падіння МП. Оскільки ж у складному організмі теплокровних обмінні процеси підтримуються і регулюються нервовою системою, то цілком природно звернути увагу на участь нервової системи в збереженні сталості концентраційних відношень електролітів у клітині.

Відомо, що остаточне формування нервових елементів у м'язах теплокровних здійснюється після народження [10, 11], а при старінні організму відбувається їх значна деструкція, яка тягне за собою неомов би часткову денервацію м'яза [14, 25]. Отже, відсутність повноцінності іннервації в період раннього онтогенезу і хоч би часткове її порушення в період старіння супроводжується деякою зміною електролітного складу м'яза.

Найбільш повно розкрити роль нервової системи у підтриманні сталості іонного складу м'яза можна шляхом його денервації, що й було виконано рядом авторів [33, 36, 37, 39]. Проте в більшості цих

праць не показав нових елементів значний інтерес періоди його денервації м'яза повністю старінні вже е вважали доцільним тварин.

Досліди були сяців і старих — 3 на відстані 20 мм після денервації н і натрію в м'язі.

Розрахунки і дартний розчин мі лювали за показн запропонованою Д ги, а внутріклітин протилежного боку.

Для гістологі були обрані тому, нервових волокон вершення формува парати, 40 мк за ського-Гросс з на

На десяти літньому склад калію з 71,53 внаслідок зме ся на 14,8% у натрію у цей

На двади максимальне цьому кількіс ннянні з м'язом

Вміст загаль

Час досліджен

До операції

День після опера

праць не показано зв'язок між розвитком дегенерації і регенерації нервових елементів м'яза та його електролітним складом. Тому становило значний інтерес простежити зміни електролітного складу м'яза в різні періоди його денервації, а також з'ясувати, в який період реіннервації м'яза повністю відновлюється його електролітний склад. Оскільки при старінні вже є певне порушення перебігу обмінних процесів, то ми вважали доцільним зіставити реакції на денервацію молодих і старих тварин.

Методика досліджень

Досліди були проведені на щурах двох вікових груп: молодих — віком 12—14 місяців і старих — 32—36 місяців. Сідничний нерв роздавлювали шовковою лігатурою на відстані 20 мм від входження в литковий м'яз. Через 10—20—30—40—70—100 днів після денервації на полум'яному фотометрі типу ППФ УНІІЗ визначали вміст калію і натрію в м'язі.

Розрахунки проводили за методом обмежувачих розчинів. Максимальний стандартний розчин містив 100 мкМ/л KCl і 50 мкМ/л NaCl. Позаклітинний простір обчислювали за показником Na, внутріклітинну концентрацію K визначали за формулою, запропонованою Десмед. Концентрацію K і Na в м'язі виражали в мМ/кг вологої ваги, а внутріклітинну — в мМ/кг води волокна. Контролем служив однойменний м'яз протилежного боку.

Для гістологічного дослідження брали м'язи на 20-й, 40-й і 60-й дні. Ці строки були обрані тому, що вони мали дати досить чітке уявлення про процеси денервації нервових волокон (20-й день), початок активної регенерації (40-й день) і процес завершення формування новоутворених нервових елементів (60-й день). Гістологічні препарати, 40 мк завтовшки, імпрегнували азотнокислим сріблом за методом Більшовського-Гросс з наступним золотінням та пофарбуванням гематоксилін-еозином.

Результати досліджень

На десятий день після денервації з'являються зрушення в електролітному складі м'яза, які виражаються у зниженні вмісту загального калію з 71,53 до 57,42 мМ/кг, тобто на 19,7%, що сталося в основному внаслідок зменшення внутріклітинного калію, показник якого знизився на 14,8% у порівнянні з контролем (табл. 1). Кількість загального натрію у цей же строк денервації збільшилась на 8,2% (табл. 2).

На двадцятий день нейротомії в м'язах молодих щурів сталося максимальне зниження вмісту загального калію — на 27,2%, при цьому кількість внутріклітинного калію зменшилась на 20% у порівнянні з м'язом протилежного боку.

Таблиця 1

Вміст загального і внутріклітинного калію в денерованому м'язі молодих тварин

Час дослідження	Загальний калій		Внутріклітинний калій	
	Контроль	Денервація	Контроль	Денервація
До операції	71,8±1,78	— — — — —	168,8±4,08	— — — — —
День після операції 10	71,5 ±2,53	57,4 ±1,64	168,8±4,16	143,0±2,14
20	71,0 ±2,64	51,68±1,85	167,8±3,54	134,3±1,64
30	71,3 ±1,83	55,6 ±1,39	168,7±7,45	139,7±2,14
40	71,7 ±3,59	59,68±2,94	168,9±4,64	148,6±6,24
70	71,79±1,64	66,0 ±2,65	168,7±5,62	156,6±3,58
100	71,9 ±1,41	68,0 ±2,34	168,3±6,14	163,8±4,34

Кількість же загального натрію продовжувала наростати і на 20-й день стала на 12,5% більше, ніж у нормі, що, можливо, відбувалось також в результаті підвищення показника внутріклітинного натрію (табл. 2). В цей період, як показали гістологічні препарати, більшість нервових волокон була в стані валлерівської дегенерації. Перебіг цього процесу не в усіх волокнах був однаковий, в препаратах зустрічались переважно шванівські гільзи, позбавлені елементів розпаду ос-

Таблиця 2

Вміст загального натрію у денервованому м'язі молодих тварин

Час дослідження	Загальний натрій	
	Контроль	Денервація
До операції	53,0±1,004	-----
День після операції		
10	54,23±1,342	58,72±2,037
20	54,47±1,634	60,98±2,164
30	54,05±1,079	58,39±1,897
40	53,96±1,273	56,06±1,639
70	53,74±2,009	55,29±2,082
100	53,46±2,341	54,48±1,587

новних циліндрів. Моторні бляшки виявлялись позбавленими нервових терміналей і складались із протоплазми і ядер підошви, яких було в півтора-два рази більше, ніж звичайно.

Крім дегенеративних процесів, у цей період вдається виявити в м'язі появу новоутворених нервових волокон. Більшість з них становили тонкі волокна, які розташовувались у шванівських гільзах. Термінальні розгалуження звичайно закінчувались петельками, гудзичками, сіточками, рідше колбочками. Ці закін-

чення прилягали до поверхні моторної бляшки і лише зрідка проникали всередину протоплазми рухової пластинки.

На 30-й день коли слабкі прогресивні процеси реіннервації, виявлені на 20-й день, посилились, намітилась тенденція до нормалізації електролітичного складу м'яза. Тепер кількість загального калію в м'язі збільшилась, а натрію, навпаки, зменшилась, як це можна бачити з табл. 1, 2. Загальна кількість калію у порівнянні з 20-м днем, збільшилась на 5,2%, а внутріклітинного калію — на 2,8%, вміст же загального натрію зменшився на 5,1%.

На 40-й день денервації спостерігається особливо помітне дальше відновлення нормальної концентрації калію і натрію в м'язі. Як загальний вміст калію у м'язі, так і його внутріклітинна концентрація продовжують наростати при відповідному зменшенні вмісту в ньому натрію.

В цей же строк завершується зруйнування травмованих нервових волокон у литковому м'язі, а регенерація аксонів, у порівнянні з попереднім періодом, виявилась більш виразною. Нервові волокна, як правило, розташовуються в шванівських гільзах. Товстих аксонів тепер у всіх тварин більше, ніж у попередній строк. Кількість і розташування ядер у рухових бляшках майже не відрізняються від норми у цей віковий період. Кількість наявних тут кінцевих гілочок, у порівнянні з аналогічними утвореннями в попередній строк, збільшилась, причому багато їх знаходились всередині бляшки.

В процесі розвитку дальшої реіннервації відбувалось і поступове відновлення нормальних концентраційних відношень іонів К і Na. На 70-й і 100-й дні після травми відзначається збільшення загальної кількості калію в м'язі і всередині його волокна, а також зниження вмісту загального натрію, але темп наростання цих змін значно повільніший, ніж у попередні строки.

Вивчене показало, що збільшуються. Кількість строк більш наближається.

Кількість нервових у кінці були довші.

Отже, при тролітного нейротомії контрольних Кількість ж більшую, ніж

Така дія при денервації

У старих терних особамі вміст іонів ніж у молодих 24]. Збільшення ними, не пере

При денервації кож зазнав дих, але змештостання калію (табл. 3 і

тинного калію на 30-й день шалі концент

Процес вався повільно 40-й день після ло відзначили жінні в їх

В гістопріх шурів валлерівське і ме — велик

Вміст заг

Час дослідж

До операції

День після опе

Вивчення нервових елементів м'яза на 60-й день після денервації показало, що нервові волокна, які розпалися, уже майже не зустрічаються. Кількість новоутворених волокон, особливо товстих, у цей строк більша, ніж у попередній, і загальна картина іннервації м'яза наближається до норми.

Кількість моторних бляшок здебільшого відповідає цьому показникові у контрольних тварин, тільки термінальні гілочки деяких з них були довші і тонші (рис. 1).

Отже, паралельно з реіннервацією відбувалось і відновлення електролітного складу, однак треба відзначити, що ще на 100-й день після нейротомії вміст загального калію в м'язі не досягав цієї величини у контрольних тварин на 5,3%, а внутріклітинного калію — на 2,7%. Кількість же загального натрію в м'язі в цей період була лише на 2,1% більшою, ніж у нормі.

Така динаміка змін електролітного складу м'яза молодих тварин при денервації і реіннервації.

У старих щурів реакція на денервацію відзначалась рядом характерних особливостей, на яких слід спинитись. У старих тварин в нормі вміст іонів калію (як загального, так і внутріклітинного) менший, ніж у молодих. Ці типові вікові зміни встановлені рядом авторів [42, 24]. Збільшення ж вмісту загального натрію в м'язах, за нашими даними, не перевищували 3—6%.

При денервації м'язів старих тварин їх електролітний склад також зазнав характерних закономірних змін, які відзначались у молодих, але зменшення вмісту калію в м'язі було менш вираженим, а наростання кількості натрію відбувалось інтенсивніше, ніж у молодих (табл. 3 і 4). Найбільше зниження кількості загального і внутріклітинного калію спостерігалось у них не на 20-й день, як у молодих, а на 30-й день після денервації. В цей же строк відзначалась і найбільша концентрація натрію в м'язі.

Процес зміни електролітного складу м'язів старих тварин відбувався повільніше, ніж у молодих. На відміну від молодих тільки на 40-й день після ушкодження нерва в м'язах старих тварин можна було відзначити наявність відновного процесу, який проявлявся у зниженні в їх складі вмісту натрію і підвищенні кількості калію.

В гістологічних препаратах на 20-й день нейротомії в м'язах старих щурів є багато муміфікованих моторних нервових волокон, валлерівське їх переродження мало чітко виражену своєрідність, а саме — велику кількість фрагментованих волокон і меншу кількість за-

Таблиця 3
Вміст загального і внутріклітинного калію в денерованих м'язах старих щурів

Час дослідження	Загальний калій		Внутріклітинний калій	
	Контроль	Денервація	Контроль	Денервація
До операції	60,8±2,57	— — — — —	152,1±3,64	— — — — —
День після операції 10	60,4 ±1,50	56,1±1,44	151,8±2,84	139,6±2,64
20	60,42±3,0	53,6±1,67	151,6±3,64	131,3±2,60
30	60,3 ±2,64	50,1±2,08	151,6±5,35	125,3±1,98
40	60,1 ±1,38	54,7±2,21	151,2±4,60	128,7±1,67
70	60,2 ±1,28	57,5±2,88	151,2±2,34	136,3±3,56
100	60,1 ±2,03	57,0±1,42	151,0±2,86	144,8±3,08

пустілих шванівських гілз. Процес розпаду мієлінових оболонок не досягав того значного ступеня, який спостерігався у молодих. В рухливих бляшках не зустрічались терміналі, а кількість ядер була майже у півтора рази більша, ніж у молодих.



Рис. 1. Форма нервових закінчень, що регенерували, у молодих тварин на 60-й день після роздавлення сідничного нерва. Мікрофото. Пофарбування — Більшовський-Гросс, золотіння, гематоксилін-еозин. Об. 90, ок. 10. Товщина зрізу 40 мк.



Рис. 2. Форма нервових закінчень, що регенерували, у старих тварин на 60-й день після роздавлення сідничного нерва. Мікрофото. Пофарбування — Більшовський-Гросс, золотіння, гематоксилін-еозин. Об. 90, ок. 10. Товщина зрізу 40 мк.

Наявність регресивних процесів у цей період у старих щурів була виражена значно слабкіше, ніж у молодих, а ознаки явищ подразнення (гіперімпрегнація, потовщення, розволокнення нейрофібрилярного пучка) були у великій кількості.

Таблиця 4

Вміст загального натрію в денервованих м'язах старих щурів

Час дослідження		Загальний натрій	
		Контроль	Денервація
До операції		55,6±1,14	60,2
День після операції	10	55,12±0,98	60,25±0,87
	20	55,26±1,39	63,67±0,89
	30	55,35±1,30	65,27±1,05
	40	55,8 ±0,63	62,28±1,74
	70	56,2 ±1,04	60,75±2,85
	100	56,34±1,64	58,85±2,13

ша, ніж у молодих. Ці терміналі були короткі, товсті, часто з валиковими потовщеннями. Їх кінцеві прилади найчастіше були представлені гудзиками або колечками, а зрідка і малими колбочками. Отже, і тут перші прояви відновлення електrolітного складу збіга-

ються з наяв-

Досить влію і натрію з'явилося на дження нерва норми. Кільк на 8,7%, вну був на 4,5%

В гістоло спостерігаюти мінами. В пр лися, і поро лись. Ознаки їх вакуоліза більший кіль старих щурів дять до їх ск рівняно спові

Тепер не нервованих м ження вміст слідники на кількості кал чи електролі виявили змі нервації збіл

В наших вався, показ виток відно м'яз. Гутман ти відносим ля денерваці зів, у яких ції. В м'яза на 20-й ден вже реестр складу. Не ни в м'язі, а ки часу, як вважати, щ м'яза пов'яз

Відомо, комплекс ст рушення ко лишньому мембрани д ються в ден ня вмісту к никності ме м'язі відзна казників А фосфорного

ються з наявністю чітко вираженого проростання нервових волокон.

Досить виразне відновлення нормальних співвідношень іонів калію і натрію в клітині і навколишньому середовищі у старих щурів з'явилося на 70-80-й день після операції. Через 100 днів після ушкодження нерва електролітний склад їх м'язів ще значно відрізнявся від норми. Кількість загального калію не досягала контрольної величини на 8,7%, внутріклітинного калію — на 4,7%, а вміст загального натрію був на 4,5% більший, ніж в однойменних м'язах протилежного боку.

В гістологічних препаратах старих щурів на 60-й день нейротомії спостерігаються такі ж явища, як і у молодих тварин, з деякими відмінностями. В препаратах ще можна бачити нервові волокна, що розпалися, і порожні шванівські гільзи, які у молодих тварин не виявлялись. Ознаки явищ подразнення, нерівності контурів осьових циліндрів, їх вакуолізації, у протилежність молодим, у старих тварин були в більшій кількості. Кількість цілком оформлених рухових бляшок у старих щурів менша, ніж у молодих, а термінальних гілочок, які входять до їх складу, часто буває невелика (рис. 2). Все це вказує на порівняно сповільнену реіннервацію м'язів старих щурів.

Обговорення результатів досліджень

Тепер нема єдиної точки зору на зміни електролітного складу денервованих м'язів. Різні автори називають різні величини і строки зниження вмісту калію на одиницю ваги денервованого м'яза. Деякі дослідники на 25—28-й день після денервації відзначають зменшення кількості калію на 25% [39] і на 28% [31]. Гарріс і Ніколс [38], вивчаючи електролітний склад м'яза на протязі 35 днів після денервації, не виявили змін у вмісті калію. Загальна ж кількість натрію після денервації збільшується [33, 37 та ін.].

В наших дослідках іонний склад денервованого м'яза чітко змінювався, показуючи в період після денервації відхилення від норми і розвиток відновного процесу в міру проростання нервових волокон у м'яз. Гутман [37] вважає, що зменшення вмісту калію можна пояснити відносним збільшенням сполучної тканини в м'язі на 30-й день після денервації. Це припущення може відповідати дійсності щодо м'язів, у яких з тих чи інших причин не здійснюється процес реіннервації. В м'язах же наших піддослідних тварин, підданих операції, уже на 20-й день виявляються перші ознаки їх реіннервації, а на 30-й день вже рееструються зрушення в напрямі нормалізації електролітного складу. Не можна припустити, що наростання вмісту сполучної тканини в м'язі, а потім її зникнення може відбутися в такі короткі проміжки часу, які пройшли між окремими експериментами. Є всі підстави вважати, що як порушення, так і відновлення електролітного складу м'яза пов'язані із станом його нервової трофіки.

Відомо, що в м'язі, підданому денервації, відбувається складний комплекс структурних, фізіологічних і біохімічних змін [15, 20, 37]. Порушення концентраційних відношень іонів у м'язовому волокні і навколишньому середовищі може залежати як від зміни проникності мембрани до іонів, так і від тих особливостей метаболізму, які розвиваються в денервованих м'язах. Гарріс і Ніколс [38] пояснюють зменшення вмісту калію всередині волокна денервованого м'яза зниженням проникності мембрани м'язових волокон. Поряд з цим у денервованому м'язі відзначається виразне зменшення вмісту глікогену, зниження показників АТФ, АДФ, гексозофосфату [9, 40]. Порушення вуглеводно-фосфорного обміну в нейротомованих м'язах [21, 37] слід пов'язати із

змінюю активності деяких ферментних груп, які беруть участь у процесі фосфорилування [27, 30, 35].

Ми схильні вбачати в характерних особливостях іонних змін у м'язах при виключенні трофічного впливу нервової системи ознаки порушення їх обмінних процесів. До цього нас схиляє і те, що в ранньому і пізньому онтогенезі в м'язах відсутні ті концентраційні відношення іонів, які властиві дорослим індивідуумам [24]. Роль нервової системи в цих випадках цілком переконлива. У більшості тварин і людини остаточне сформування нервових елементів м'яза відбувається після народження [8, 11, 17 та ін.].

Відомо також, що чимало фізіологічних показників нервово-м'язового апарату новонароджених, таких як рефрактерність, хронаксія, формування тетанусу, перебіг обмінних процесів, відрізняються від аналогічних показників у дорослих [1, 12 та ін.].

Рівень іонного градієнта зумовлюється біохімічними процесами, що відбуваються в клітині, а також проникністю її поверхневого протоплазматичного шару. І от, саме ці властивості живої системи, визначувані розвитком нервової системи та її трофічним впливом, в ранньому онтогенезі ще недосить повноцінні.

У пізньому онтогенезі, в міру старіння організму, в зв'язку з загибеллю частини мотонейронів, аксонів і рухових закінчень поступово розвивається часткова деіннервація м'яза [25, 28]. В м'язах старих щурів відзначається зниження вмісту АТФ на 46%, а також зменшення активності гексогенази, внаслідок чого порушуються процеси фосфорилування [34]. Окислювальні процеси у м'язах старих щурів також відбуваються на зниженому рівні [6]. Хоч ще недосить вивчені біохімічні процеси, енергія яких підтримує градієнт іонів, але вже відомо, що блокування окремих ланок обміну речовин у клітині призводить до зміни її життєвих властивостей і падіння або ж цілковитого зникнення її поляризації [41, 19, 32 та ін.]. В ряді експериментів Д. С. Воронцов [4] показав, що проникність протоплазми визначається «не розміром пор, а, головним чином, дією активних апаратів, закладених у поверхневих шарах протоплазми».

Отже, є всі підстави вважати, що порушення метаболізму в м'язах старих тварин, пов'язане з їх певною денервацією, зумовлює і ті особливості в розподілі іонів, які спостерігаються в цьому віці.

Регенерація аксонів ушкодженого нерва настає в перші дні після операції [29, 36 та ін.]. У щурів ріст нервових волокон становить по 2,5 мм на добу [20]. Тривалість проходження регенеруючих аксонів через ділянку ушкодження нервового стовбура не перевищує п'яти днів. Звідси випливає, що при роздавлуванні нерва на віддалі 20 мм від литкового м'яза контакт між більшістю регенеруючих нервових волокон і м'язовими волокнами може встановитися на 30-й день після операції. Оскільки в наших гістологічних препаратах, взятих у молодих тварин, уже на 20-й день відзначаються перші ознаки регенерації, а на 40-й є вже ясна картина цього процесу, то можна цілком обгрунтовано вважати, що спостережувані зрушення в напрямку нормалізації електrolітного складу м'язів на 30-й день після операції зумовлені трофічним впливом нервових елементів, що з'явилися.

Дегенерація нервових елементів у м'язах старих щурів відбувається більш кволо, ніж у молодих, і проростання нових волокон іде повільніше, внаслідок чого весь відновний процес затримується у них, приблизно, на 8—10 днів у порівнянні з молодими тваринами.

Слід вказати, що збільшення кількості натрію і зниження вмісту калію в абсолютних величинах у денервованих м'язах старих щурів

були більш
що у старих
був на 16%
Кількість ж
Слід зважит
слідження, я
процес стар
вався, отже
посилювали
неї явища [

Цим, о
те, що рег
ментів здій
частково і
особливосте

Відновл
складу м'яз
чається в ро
волокон. Чи
ніше відбу
скоріше
іонів калію
середовище
ми. Це доб
перебігу це
старих твар
вації, як це
ніх, познач
концентрац
у м'язі (ри
фіку виднос
складу м'яз
реіннерван

Весь п
складу м'яз
них змін у
нервової с
іонів калію

1. Ар
- 25, 629
2. Бр
3. Во
4. Во
5. Ги
6. Гр
7. За
8. За
- системи, 196
9. Зу
10. Ко
- двигат. аппа
11. Ма
- 1956, 131.
12. Ни
- 1966, 3.
13. Но

були більш вираженими, ніж у молодих тварин. Це пояснюється тим, що у старих щурів ще до денервації вміст загального калію в м'язах був на 16%, а внутріклітинного — на 10% менший, ніж у молодих. Кількість же натрію в м'язах була на 5–6% більша, ніж у молодих. Слід зважити і те, що за період дослідження, який тривав до 100 днів, процес старіння тварин продовжувався, отже, в їх м'язовій тканині посилювались усі характерні для неї явища [26].

Цим, очевидно, пояснюється і те, що регенерація нервових елементів здійснюється у них лише частково і має ряд характерних особливостей [8].

Відновлення електролітного складу м'язів цілком чітко визначається вrostанням в них нервових волокон. Чим швидше та інтенсивніше відбувається цей процес, тим скоріше здійснюється розподіл іонів калію і натрію між клітиною і середовищем, характерний для норми. Це добре видно при порівнянні перебігу цього процесу у молодих і старих тварин. Затримання реіннервації, як це спостерігається у останніх, позначається і на відновленні концентраційних відношень іонів у м'язі (рис. 3). На наведеному графіку видно більш в'ялий розвиток денерваційних змін електролітного складу м'язів старих щурів і значно повільніше його відновлення при реіннервації, у порівнянні з молодими тваринами.

Весь перебіг денерваційних і репараційних змін електролітного складу м'язів молодих щурів і зіставлення його з динамікою аналогічних змін у старих тварин свідчать про значну роль трофічного впливу нервової системи у підтриманні сталості концентраційних відношень іонів калію і натрію в м'язі.

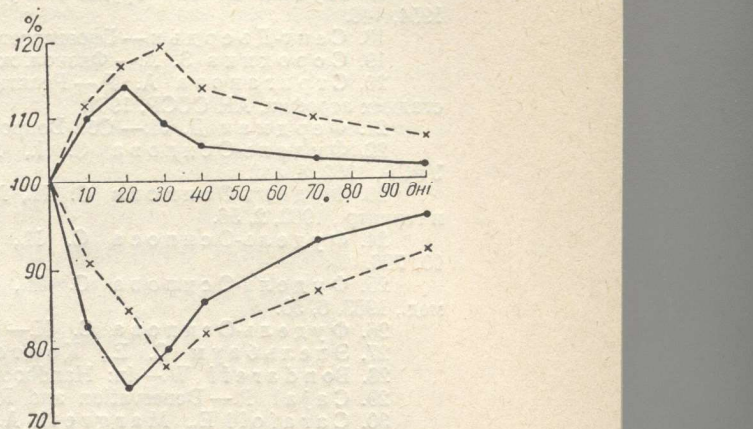


Рис. 3. Вміст натрію і калію в денервованих м'язах старих і молодих щурів у різні строки після операції. На абсцисі — дні після денервації, на ординаті — процент зміни кількості загального калію і натрію у відношенні до контролю. Суцільна лінія — молоді тварини, переривиста — старі тварини. Вгорі від абсциси — натрій, внизу калій.

Література

1. Аршавский И. А., Розанова В. Д.— Физиол. журн. СССР, 1939, 25, 629.
2. Бродский В. Я.— Трофика клетки, 1966.
3. Воронцов Д. С.— Научн. зап. Ин-та физиол. животных КГУ, 1947, 2, 9.
4. Воронцов Д. С.— Физиол. журн. АН УРСР, 1964, 10, 439.
5. Гизе А.— Физиология клетки, 1959.
6. Гришко Ф. И.— Сб.: Механизмы старения, 1963, 293.
7. Зазыбин Н. И.— Труды VII Всес. съезда анат., гист., эмбриол., 1961.
8. Зазыбин Н. И., Пархотик И. И.— Сб.: Морфол. изм. периф. нервной системы, 1965.
9. Зубенко П. М.— Сб.: Вопросы биохимии мышц, 1954, 149.
10. Ковешникова А. К., Яковлева Е. С.— Сб.: Пробл. функц. морфол. двигат. аппарата, 1956, 135.
11. Мавринская А. Ф.— Сб.: Пробл. функц. морфол. двигат. аппарата, 1956, 131.
12. Никитин В. Н.— Сб.: Ведущие пробл. возрастной физиол. и биохим., 1966, 3.
13. Новикова А. И.— Физиол. журн. СССР, 1962, 48, 1504.

14. Осауленко В. Я.—Труды II Укр. конфер. анат., гистол., эмбриол. и то-
погр., 1958, 402.
15. Пархотик И. И.—Физиол. журн. АН УРСР, 1964, 10, 803.
16. Протоплазматические мембраны и их функциональная
роль—Труды I симпозиума по вопросам общей физиологии, 1965.
17. Пузик В. И.—Труды I научн. конфер. по возрастной морфол. и физиол.,
1954, 146.
18. Сент-Дьердьи—Биоэнергетика, 1960.
19. Сорокина З. А.—Физиол. журн. СССР, 1959, 45, 1359.
20. Стриганова А. Р.—Реактив. и восст. способ. денервир. мышц в разных
стадиях атрофии, АН СССР, 1961.
21. Фердман Д. Л.—Сб.: Вопросы биохимии мышц, 1954.
22. Фудель-Осипова С. И., Мартиненко О. А.—Физиол. журн. АН
УРСР, 1962, 8, 442.
23. Фудель-Осипова С. И., Мартыненко О. А.—Сб. Вопросы геронт.
и гериатр., 1962, 2, 56.
24. Фудель-Осипова С. И., Мартыненко О. А.—Биофизика, 1965,
10, 796.
25. Фудель-Осипова С. И., Родионов Г. А.—Бюлл. exper. биол. и
мед., 1963, 6, 50.
26. Фудель-Осипова С. И.—Вопросы возраст. физиол. и биохим., 1966, 81.
27. Эпельбаум С. Е., Контор Л. Ф.—Биохимия, 1954, 19, 660.
28. Bondareff W.—in: Handbook of aging and the individual, 1959.
29. Cajal R.—Denervation and Regeneration of the Nervous System, 1928.
30. Carafoli E., Margreth A., Buffa P.—Nature, 1962, 4859, 1101.
31. Cicardo a. Guerrica—1942, цит. за Gutmann, 1962.
32. Coldwell P. S., Keynes R. D.—J. Physiol., 1957, 137, 12.
33. Drahota Z.—Physiol. Bohemosl., 1960, 9, 1.
34. Dreyfus J. G., Schapiro G., Bourliere F.—C. R. Soc. Biol., 1954,
148, 1065.
35. Fischer E.—Arch. Physiol. Med., 1948, 29, 291.
36. Gutmann E.—Die funktionelle Regeneration der peripheren Nerven, 1958.
37. Gutmann E.—The denervated muscle, 1962.
38. Harris E. J. a. Nichols J. G.—J. Physiol., 1956, 131, 473.
39. Hines H. a. Knowlton G.—Amer. J. Physiol., 1937, 120, 719.
40. Humoller F., Griswold B., McIntyre A. R.—J. Gen. Physiol., 1950,
33, 723.
41. Ling G. H., Gerard R. W.—J. Cell. a. Comp. Physiol., 1949, 34, 413.
42. Lowry O. H. a. Hasting A. B.—in: The Biology of Aging., 1952, 105.

Надійшла до редакції
15.VIII 1966 р.

О роли нервной системы в поддержании постоянства электролитного состава мышечного волокна

С. И. Фудель-Осипова, И. И. Пархотик

(Киев)

Резюме

В икрожных мышцах крыс в возрасте 12—14 и 32—34 месяцев определялось содержание общего и внутриклеточного калия и общего натрия. Исследования проводились через 10, 20, 30, 40, 70 и 100 дней после передавливания седалищного нерва. Контролем служила икрожная мышца противоположной стороны. На 20, 40 и 60-й дни после денервации изготавливались гистологические препараты толщиной 40 мк, импрегнированные азотнокислым серебром по Гросс-Бильшовскому с последующим золочением и окраской гематоксилин-эозином.

После денервации мышцы содержали в ней общего и внутриклеточного К снижалось, а Na повышалось. Наибольшее понижение концентрации общего К на 27% и внутриклеточного на 20% отмечалось у молодых крыс на 20-й день после денервации, а у старых на 30-й. В эти же сроки наблюдалось максимальное повышение содержания

общего Na. Гистологические препараты в эти же периоды исследования показывали полную дегенерацию нервных элементов мышцы.

Восстановление электролитного состава мышц совершенно четко определялось вращением в них нервных волокон. Чем быстрее происходил этот процесс, тем скорее осуществлялось характерное для нормы распределение ионов K и Na между клеткой и средой. Задержка реиннервации, как это наблюдалось у старых крыс, отражалась на скорости восстановления концентрационных отношений ионов в мышце.

Весь ход денервационных и репарационных изменений электролитного состава мышц молодых крыс и сопоставление его с аналогичным показателем у старых животных свидетельствует о значительной роли трофического влияния нервной системы в поддержании постоянства концентрационных отношений ионов K и Na в мышце.

Role of the Nervous System in Sustaining Constancy of the Electrolytic Composition of Muscle Fibre

S. I. Fudel-Osipova, I. I. Parkhotik

Kiev

Summary

The total and intracellular potassium and total sodium contents were determined in the gastrocnemius muscles of rats aged 12—14 and 32—34 months. The investigations were conducted 10, 20, 30, 40, 70 and 100 days after compression of the sciatic nerve. The gastrocnemius muscle of the opposite side served as a control. On the 20th, 40th and 60th days after denervation 40 μ thick histological preparations were prepared, impregnated with silver nitrate by the Gross-Bilshovsky method with subsequent aurification and staining with hemotoxylin-eosine.

After denervation of the muscle the content of total and intracellular K decreased and that of Na increased. The greatest fall in total K concentration (27%) and intracellular K (20%) was noted in young rats on the 20th day after denervation, and in old rats on the 30th day. The maximum rise in the total Na content was observed in these periods. The histological preparations showed complete degeneration of the nerve elements of the muscle during these same periods.

Restoration of the electrolytic composition of the muscles was quite distinctly determined by the ingrowth of neural fibres. The more rapid the process, the sooner the typically normal K and Na ion distribution occurred between cell and medium. Delay in reinnervation, as observed in old rats, affected the rate of restoration of concentration ratios of the ions in the muscle.

The entire course of denervation reparation changes of the electrolytic composition of the muscles of young rats and a comparison with similar indices in old animals indicates the importance of the trophic effect of the nervous system in sustaining constancy of the concentration ratios of the K and Na ions in the muscle.