

3. Козинер В. Б., Коваленко Е. А.— Патол. физиол. и exper. терап., 1964, 1, 56.
4. Левин Ю. М., Словиков Б. И.— Бюлл. exper. биол. и мед., 1964, 12, 27.
5. Назаренко А. И.— Физиол. журн. АН УРСР, 1966, 4, 478.
6. Неговский В. А.— В кн.: Восстановление жизненных функций организма, находящегося в состоянии агонии или в периоде клинической смерти, 1943; В кн.: Оживление организма и искусств. гипотермия, 1960.
7. Саноцкая Н. В.— Физиол. журн. СССР, 1965, LI, 10, 1220.
8. Сиротинин Н. Н., Янковский В. Д.— В кн.: Физиол. нервных процессов, 1955.
9. Петров И. Р.— Кислородное голодание головного мозга, 1949.
10. Bloor B. M.— Arch. Surg., 1958, 77.
11. Sapirstein L. A.— Circ. Res., 1960, 1.

Надійшла до редакції
29.XII 1966 р.

**Морфологічні зміни сідничного нерва собак,
підданих впливу СВЧ-електромагнітного поля**

В. С. Білокриницький

Лабораторія морфології нервової системи Інституту фізіології
ім. О. О. Богомольця АН УРСР, Київ

Для вивчення електричних реакцій нервової системи широко застосовується метод електродної техніки як у гострому, так і в хронічному експерименті. При аналізі одержуваних результатів треба враховувати зміни структури нервових елементів, що виникають внаслідок дії електродів.

Досліднику, який застосовує різного роду подразники (фізичні фактори, хімічні та ін.), важко віддиференціювати їх специфічну дію від механічної, викликаной самими електродами. Тому важливо знати ступінь змін структури нервових елементів досліджуваного об'єкту, що розвинулись від присутності електродів.

Вивчаючи біологічну дію СВЧ-електромагнітного поля на цілісний організм методом умовних рефлексів і реєструючи біоструми за допомогою вживлених електродів у різні ділянки центральної і периферичної нервової системи, нами [1] виявлені значні зміни функціональних характеристик (зміна частоти й амплітуди імпульсів, зміна латентних періодів під час здійснення умовних рефлексів тощо).

Щоб уточнити ступінь змін, які настали в результаті дії СВЧ-електромагнітного поля, і змін, пов'язаних з присутністю вживлених електродів, ми гістологічно дослідили стан нервових структур, в яких розташовувались електроди.

Морфологічні зміни, які виникають в центральній нервовій системі під впливом СВЧ-поля, були помічені давно [12, 13, 14]. Детальніше ці зміни почали вивчати наші вітчизняні автори [2, 3, 4, 6, 8—11]. Широкі дослідження проведені також для вивчення змін в нервовому апараті серця під впливом СВЧ-поля [5], рецепторного та інтероцепторного апаратів шкіри, дуги аорти та ін. [7, 9]. Проте праць, присвячених вивченню морфологічних змін периферичних нервів — провідників інформації — після впливу на організм СВЧ-електромагнітного поля в літературі ми не знайшли.

Завдання цього дослідження полягало в тому, щоб віддиференціювати морфологічні зміни нервових волокон сидничного нерва собаки, що настали в результаті застосування вживлених електродів, від змін, які розвинулись в результаті впливу СВЧ-електромагнітного поля.

Морфоло

З електродами, вживленими на собак: дві з них були піддані загальному одноразовому об'єкту (дозами).

Електроди вживляли за реєстрували фонову активні мінення реєстрацію провади. ження життя тварини).

Обидва сидничні нерви слідження. Контролем служ у якої також були аналогі як і у піддослідної тварини.

Стан нервових волокон ділянки нерва, яка лежить проксимальний — вище нерва. Кусочки нерва фіксували у ефіром. Вивчали розвожні і поперечні зрізи, пофарбовані пікрофуксином за Ван-Гізонам.

В цій роботі наведені
одинадцять доби після одне
0,5 вт/см^2 протягом чотирьох
після вживлення електродів.

А. Стан струк
неної тварини з
При висіканні нерва з
лучнотканинна капсула
троди, і поступово пере

В центральній ділянці його масу становили переважно довгі волокна траплялись різноманітні по довжині волокна, за ходом розвитку нервових волокон, впливу нейроплазми в

В проксімальній частині не зазнала. Однак центральній ділянці), осьовими циліндрами. цих волокон, тоді як ражені.

В дистальній ділянці діаметром мало відрізняються волокон, ближче до цих напливів нейропла

Очевидно, введен невеликої кількості не-
тивних і регенератив-
ща нами не були вия-
і регенерації були в-
дження стовбура нер-
вих хомутиків, які вк-
активні процеси, про-
сули навколо нерва п-
остання могла стиску-
зводить до порушенн

Методика досліджень

З електродами, вживленими в правий сідничний нерв, було шість піддослідних собак: дві з них були піддані загальному рентгенівському опроміненню і чотири — загальному одноразовому опроміненню СВЧ-полем (дві — великими, дві — малими дозами).

Електроди вживляли за методикою В. Г. Філімонова [15]. Перед опроміненням реєстрували фонову активність біопотенціалів за допомогою шлейфа. Після опромінення реєстрацію проводили на протязі 10—15 діб (залежно від строку збереження життя тварини).

Обидва сідничні нерви піддослідної тварини висікали для морфологічного дослідження. Контролем служили сідничні нерви неопроміненої тварини, але такої, у якій також були аналогічно вживлені електроди такої ж тривалості вживлення, як і у піддослідної тварини.

Стан нервових волокон сідничного нерва вивчали в трьох ділянках: центральній ділянці нерва, яка лежить під полістероловим хомутиком, де були вживлені електроди, проксимальній — вище і дистальній — нижче центральної ділянки за ходом нерва. Кусочки нерва фіксували в рідині Флемінга, розчинах осміевої кислоти і спирту з ефіром. Вивчали розволокнені препарати, імпрегновані осмієм, а також поздовжні і поперечні зрізи, пофарбовані гематоксиліном за Шпільмейером, гемалауном і пікрофуксином за Ван-Гізоном.

В цій роботі наведені результати морфологічного дослідження нервів на десяти-одинадцять доби після одноразового загального опромінення СВЧ-полем (ППМ 0,4—0,5 Вт/см² протягом чотирьох годин, довжина хвилі 12,6 см) і через чотири місяці після вживлення електродів (строк хронічного експерименту).

Результати досліджень

А. Стан структури сідничного нерва у неопроміненої тварини з хронічно вживленими електродами. При висіканні нерва з вживленими електродами виявлена щільна сполучнотканинна капсула, яка вкриває хомутік, де були вживлені електроди, і поступово переходить на епіневрій.

В центральній ділянці нерва (під полістероловим хомутиком) основну його масу становили середні і тонкі волокна. Товсті мієлінізовані волокна траплялись рідко. Спостерігались окремі частково змінені нервові волокна, за ходом яких були нерівномірні потовщення і невеликі напливи нейроплазми кулеподібної форми.

В проксимальній ділянці нерва більша частина нервових волокон змін не зазнала. Однак серед них траплялись волокна звиті (ближче до центральної ділянки), а також волокна з нерівномірно потовщеними осьовими циліндрами. Ці зміни спостерігались в основному у більш товстих волокнах, тоді як зміни середніх і інших волокон були менш виражені.

В дистальній ділянці нерва всі нервові волокна були стоншені і за діаметром мало відрізнялись одне від одного. За ходом деяких нервових волокон, ближче до центральної ділянки, спостерігались ознаки незначних напливів нейроплазми.

Очевидно, введення електродів викликало механічне ушкодження невеликої кількості нервових волокон з наступним розвитком дегенеративних і регенеративних процесів. Однак у досліджувані строки ці явища нами не були виявлені. Очевидно, до цього часу процеси дегенерації і регенерації були вже завершені. Крім того, слід вважати, що ушкодження стовбура нерва, присутність в ньому електродів і полістеролових хомутиків, які вкривають електроди разом з нервом, викликали реактивні процеси, про що свідчить розростання сполучнотканинної капсули навколо нерва центральної ділянки. Не виключена можливість, що остання могла стискувати центральну ділянку стовбура нерва, що призводить до порушення трофіки і стоншення його нервових волокон. Про-

те стан судин венозного та артеріального типів у цьому нерві на наших препаратах майже не змінився.

При дослідженні контралатерального сідничного нерва тієї ж тварини, в який електродів не вживляли, встановлено, що переважна більшість нервових волокон на всьому протязі не змінена і тільки за ходом окремих нервових волокон спостерігались оборотні реактивні зміни. Чи зв'язані вони з подразненням нерва контралатерального боку, де були вживлені електроди, або з іншими фізіологічними факторами, — судити важко.

У судинній системі цього нерва змін не виявлено.

Отже, порівняння стану структури нервових стовбурів переконує нас у тому, що саме тільки накладення електродів на нерв (у хронічному експерименті) викликає зміну структури нервових волокон внаслідок механічного подразнення, що треба враховувати при трактуванні одержаних фізіологічних даних.

Б. Стан структури сідничного нерва у собак з хронічно вживленими електродами після опромінення СВЧ-електромагнітним полем. Загальні зміни обох сідничних нервів у опромінених собак, крім змін у неопроміненої тварини з аналогічно вживленими електродами, полягали в нерівномірному розширенні кровоносних судин венозного та артеріального типів, розпушенні і набряку їх стінок, у нерівномірному потовщенні та звивистості осевих циліндрів, а також у явищах цілковитої або часткової демієлінізації ділянок окремих м'якушевих нервових волокон різних діаметрів (рис. 1). Проте всі ці явища більш виражені і частіше спостерігаються в нерві, в який були вживлені електроди.

В центральній ділянці сідничного нерва (під хомутиком) опроміненої СВЧ-полем тварини спостерігались різко виражені деструктивні і дегенеративні зміни нервових волокон. Майже всі волокна цієї ділянки стоншені, різко виражена вакуолізація мієлінової оболонки, за ходом аксонів були потовщення і стоншення (рис. 2, А). Численні нервові волокна фрагментовані, у частини волокон виявлені нерівномірно напливи нейроплазми.

В проксимальній ділянці цього нерва на великій відстані від електродів частина нервових волокон мала звивистий вигляд. Траплялись вакуолізація і навіть фрагментація мієлінової оболонки різних за діаметром волокон.

Стоншені нервові волокна дистальної ділянки менш змінені в порівнянні з нервовими волокнами центральної і проксимальної ділянок цього нерва. В дистальній ділянці фрагментація і чітко виражені напливи нейроплазми за ходом волокон не спостерігались. Проте майже в усіх волокнах спостерігалась вакуолізація мієлінової оболонки (рис. 2, Б).

В контралатеральному інтактному сідничному нерві опроміненої тварини зміни були виражені не так різко. Проте і в цьому нерві спостерігалось набухання і зникнення насічок Шмідт—Лантермана; звуження перехватів Ранв'є за рахунок набухання конусів перехватів; зміна тинкторіальних властивостей мієліну багатьох м'якушевих волокон, а подекуди цілковита демієлінізація окремих ділянок деяких м'якушевих волокон, утворення вакуолей різної величини багатьох волокон, фрагментація мієлінової оболонки (рис. 3, 4).

Отже, травмований вживленням електродів сідничний нерв під впливом загального одноразового опромінення собак СВЧ-полем теплових інтенсивностей змінювався більше, ніж інтактний нерв контралатерального боку.

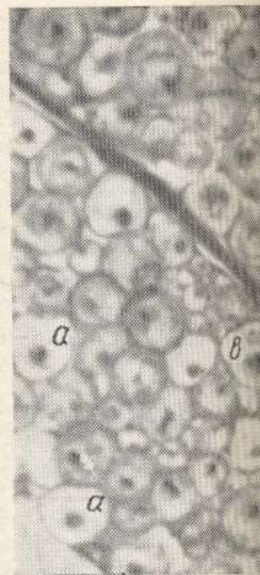


Рис. 1. Поперечний зріз нерва, опроміненого електромагнітним полем. Видно ознаки цілковитої (а) та часткової (б) демієлінізації нервових волокон.

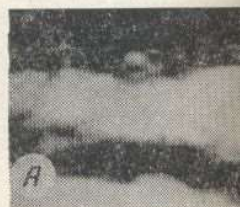


Рис. 2. Нервові волокна сідничного нерва, опроміненого СВЧ-електромагнітним полем.

А — потовщення або стоншення нервових волокон; Б — нерівномірність на середнього діаметра ділянок.

в у цьому нерві на наших
ичного нерва тієї ж тва-
новлено, що переважна
ві не змінена і тільки за
ь оборотні реактивні змі-
тралатерального боку, де
ологічними факторами,—
лено.

вих стовбурів переконує
родів на нерв (у хроніч-
нервових волокон внаслі-
овувати при трактуванні

нерва у собак з
и після опромі-
м. Загальні зміни обох
у неопроміненої твари-
ягали в нерівномірному
отеріального типів, роз-
у потовщенні та звиви-
лковитої або часткової
ових волокон різних ді-
ажені і частіше спосте-
роди.

ід хомутиком) опромі-
виражені деструктивні
всі волокна цієї ділян-
нової оболонки, за хо-
2, А). Численні нерво-
явлені нерівномірно на-

а великій відстані від
истий вигляд. Трапля-
нової оболонки різних

ки менш змінені в по-
траксимальної ділянок
і чітко виражені на-
ігались. Проте майже
мієлінової оболонки

му нерві опроміненої
е і в цьому нерві спо-
дт—Лантермана; зву-
конусів перехватів;
ьох м'якушевих воло-
к ділянок деяких м'я-
ичини багатьох воло-

сідничний нерв під
обак СВЧ-полем теп-
актний нерв контра-

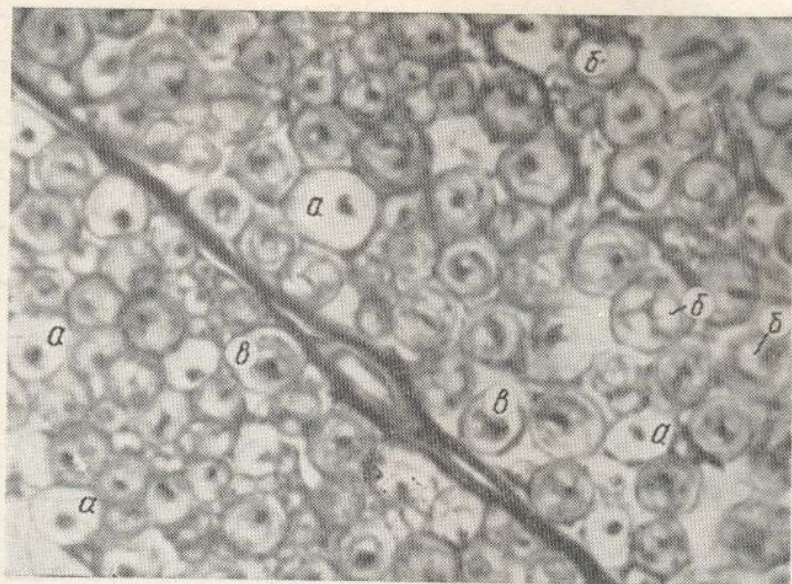


Рис. 1. Поперечний зріз лівого сідничного нерва собаки, опроміненого СВЧ-електромагнітним полем (ППМ 0,4—0,5 вт/см^2 на протязі чотирьох годин) на 11-й день після опромінення.

Видно ознаки цілковитої (а) і часткової — ближче до осевого циліндра (б) і ближче до шванівської оболонки (в) демієлінізації окремих ділянок деяких м'якушевих нервових волокон різного діаметра. Мікрофото. Імпрегнація осмієм. Збільшення $\times 400$.

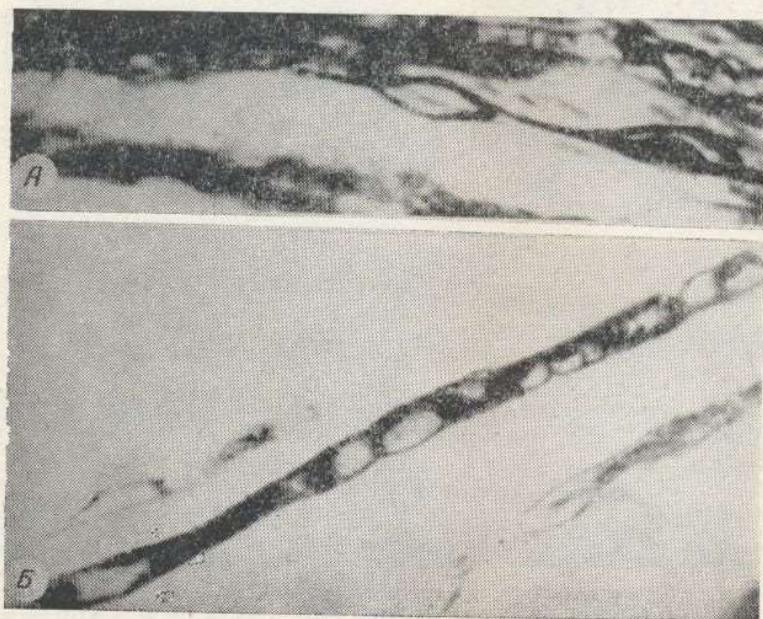


Рис. 2. Нервові волокна правого сідничного нерва собаки, опроміненого СВЧ-електромагнітним полем (умови опромінення вказані вище (див. рис. 1).

А — потовщення або стоншення за ходом аксона центральної ділянки нервового стовбура; Б — нерівномірна вакуолізація мієлінової оболонки м'якушевого волокна середнього діаметра дистальної ділянки нерва. Мікрофото. Імпрегнація осмієм. Збільшення А — $\times 240$, Б — $\times 400$.

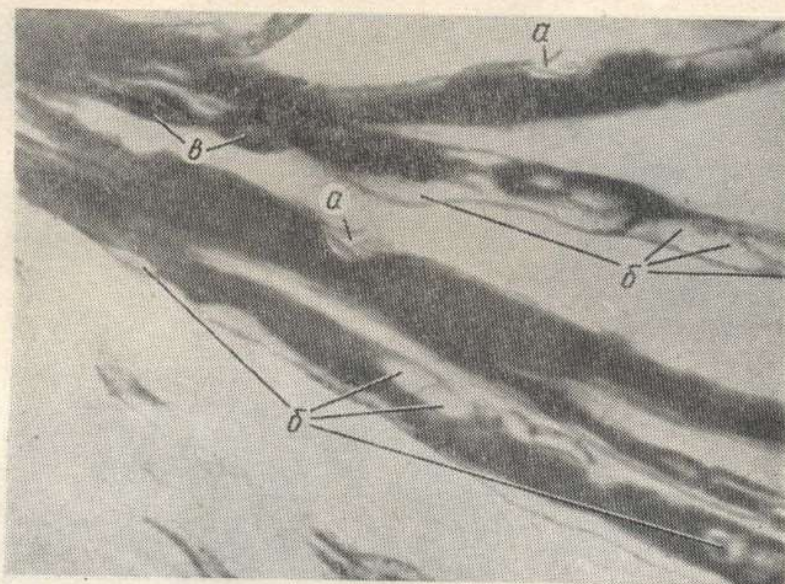


Рис. 3. Нервові волокна лівого сидничного нерва собаки, опроміненого СВЧ-полем (умови див. рис. 1).

Зміна м'якушевих нервових волокон, нерівномірне набухання насічок Шмідт-Лантермана (а), вакуолі різної величини в мієлінових волокнах середнього діаметра (б), нерівномірне потовщення осевих циліндрів (в). Мікрофото. Імпрегнація осмієм. Збільшення $\times 400$.

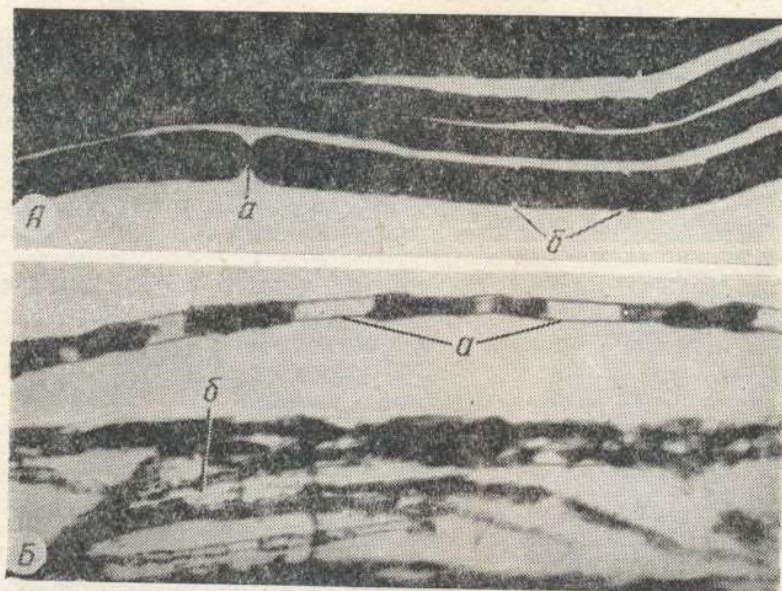


Рис. 4. Нервові волокна сидничного нерва.

А — неопроміненого собаки; добре видно перехвати Ранв'є (а) і насічка Шмідт-Лантермана (б). Б — нервові волокна лівого сидничного нерва опроміненого собаки (умови див. рис. 1). Ділянкова демієлінізація окремого нервового волокна середнього діаметра (а), дрібна вакуолізація аксонів тонкого діаметра (б). Мікрофото. Імпрегнація осмієм. Збільшення $\times 200$.

Очевидно, виявлені порушення функції сідничного нерва не пов'язані з порушенням нервових імпульсів під час відповіді [1].

Виходячи з викладеного, порушення функції нерва при умовно рефлекторній діяльності (крім порушень у центральній частині, т. є. в структурі самих нервових волокон) є наслідком руйнівної дії СВЧ-полів на нервові електроди, що опромінені.

Отже, при вивченні системи за допомогою цієї системи структурних елементів.

1. У неопроміненій собаці на протязі чотирьох місяців не виявлено морфологічних ознак пошкодження нерва.

2. У собак, опроміненіх після одноразового застосування електродів, виявлено дегенеративні зміни сідничного нерва.

3. Виявлені морфологічні зміни внаслідок впливу електродів і руйнівного електромагнітного поля.

4. Це морфологічні зміни проведені фізіологічні дослідження на сідничний нерв.

1. Белокриницкий С. Г. Действие химических агентов на органы центральной нервной системы. М., 1960.
2. Білокриницький С. Г. Морфологія і фізіологія нервової системи. Київ, 1960.
3. Белокриницкий С. Г. Радиобиология. Тезисы докладов. М., 1960.
4. Долина Л. А. — Архив радиобиологии. М., 1957, 73.
5. Первушин В. Ю. — Архив радиобиологии. М., 1957, 73.
6. Первушин В. Ю. — Архив радиобиологии. М., 1957, 73.
7. Слабоспицкий С. Г. Действие электромагнитных полей на органы центральной нервной системы. М., 1960.
8. Толгская М. С. Действие электромагнитных полей на органы центральной нервной системы. М., 1960.
9. Толгская М. С. Действие электромагнитных полей на органы центральной нервной системы. М., 1960.
10. Толгская М. С. Действие электромагнитных полей на органы центральной нервной системы. М., 1960.
11. Толгская М. С. Действие электромагнитных полей на органы центральной нервной системы. М., 1960.
12. Филимонов В. Г. — Архив радиобиологии. М., 1957, 73.
13. Oldendorf W. H. — Архив радиобиологии. М., 1957, 73.
14. Austin G. M. and Oldendorf W. H. — Архив радиобиологии. М., 1957, 73.
15. Austin C. M. and Oldendorf W. H. — Архив радиобиологии. М., 1957, 73.

Очевидно, виявлені нами зміни структури нервових волокон стовбура сідничного нерва не могли не позначатись на характері провідних нервових імпульсів під час здійснення тваринами умовнорефлекторної відповіді [1].

Виходячи з викладених даних, виявлені зміни функції сідничного нерва при умовнорефлекторній діяльності собак [1] можна пояснити (крім порушень у центральній нервовій системі після загальної біологічної дії СВЧ-поля), також і різко вираженими місцевими змінами структури самих нервових волокон сідничного нерва, що сталися внаслідок руйнівної дії СВЧ-електромагнітного поля і присутності вживлених електродів, що особливо виражено в місцях їх накладення.

Отже, при вивченні електричних реакцій певних утворень нервової системи за допомогою електродів необхідно також враховувати реакцію структурних елементів на локальне подразнення.

Висновки

1. У неопромінених собак з вживленими в сідничний нерв електродами на протязі чотирьох місяців частина нервових волокон виявляє морфологічні ознаки подразнення. В контралатеральному нерві також відзначаються явища подразнення, проте вони менш виражені.

2. У собак, опромінених СВЧ-полем, на десяту-одинадцятую добу після одноразового загального опромінення і через чотири місяці після вживлення електродів спостерігались різко виражені дистрофічні і дегенеративні зміни сідничних нервів, що збігається з строками зміни їх функції.

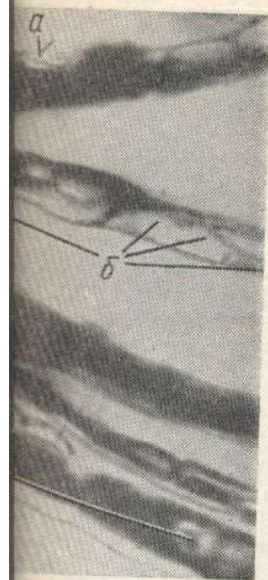
3. Виявлені морфологічні зміни нервових волокон сідничного нерва сталися внаслідок місцевого впливу на нервовий стовбур вживлених електродів і руйнівного біологічного впливу надвисокочастотного електромагнітного поля застосовуваної дози.

4. Це морфологічне дослідження допомагає глибше зрозуміти раніше проведені фізіологічні дослідження дії СВЧ-електромагнітного поля на сідничний нерв у собак.

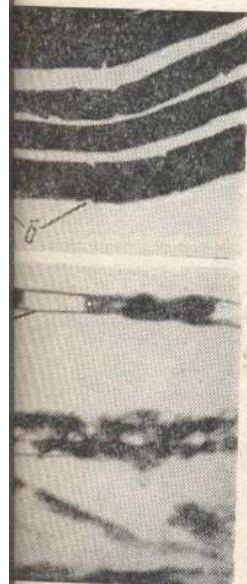
Література

1. Белокриницкий В. С.—Сб.: Биологические закономерности действия физических агентов на организм. Тезисы докладов, К., 1966, 7.
2. Білокриницький В. С.—Фізіол. журн АН УРСР, 1966, XII, 1, 70.
3. Белокриницкий В. С.—Научно-техн. конфер., посвящ. 70-летию изобретения радио. Тезисы докладов, К., 1965, 85.
4. Долина Л. А.—Архив патологии, 1961, 1, 51.
5. Первушин В. Ю.—Бюлл. exper. биол. и мед., 1957, 6, 87.
6. Первушин В. Ю. и Триумфов А. В.—Труды ВМА им. С. М. Кирова, Л., 1957, 73.
7. Слабоспицкий О. О.—Фізіол. журн. АН УРСР, 1965, XI, 2, 255.
8. Толгская М. С. и Гордон З. В.—Сб. О биологическом действии сверхвысоких частот, М., 1960, 1, 99.
9. Толгская М. С. и Гордон З. В., Сб.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот, М., 1964, 2, 80.
10. Толгская М. С., Гордон З. В. и Лобанова Е. А.—Вопросы радиоэлектроники, серия XII, 1960, 10, 90.
11. Толгская М. С. и Никонова К. В.—Сб.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот, М., 1964, 2, 89.
12. Филимонов В. Г.—Фізіол. журн. СССР, 1960, 46, 9, 1165.
13. Oldendorf W. H.—Proc. Soc. Exper. Biol. and Med., 1949, 72, 432.
14. Austin G. M. and Horwath S. M.—Amer. J. Med. Sc., 1949, 218, 115.
15. Austin C. M. and Horwath S. M.—Amer. J. Phys. Med., 1954, 33, 141.

Надійшла до редакції
3.IV 1967 р.



ва собаки, опроміненого
1).
ання насічок Шмідт—Лантер-
нах середнього діаметра (б),
офото. Імпрегнація осмієм.



нерва.
(а) і насічка Шмідт—Лан-
опроміненого собаки (умо-
вового волокна середнього
діа (б). Мікрофото. Імпрег-
но.