

Вплив ультразвукових коливань малої інтенсивності на структуру статевих залоз білих щурів

В. М. Андріанов

*Лабораторія патологічної морфології Інституту фізіології
ім. О. О. Богомольця АН УРСР, Київ*

В літературі існують розрізнені та суперечливі дані про вплив ультразвукових коливань на структуру статевих залоз [11—19]. Це пояснюється тим, що дослідники в своїх експериментах використовували неоднакові умови озвучування (інтенсивність, частоту ультразвуку, експозицію озвучування та місце прикладання ультразвукового датчика). Тому нема можливості визначити характер змін, або ушкоджень структур сім'яника, викликаних ультразвуковими хвилями.

Метою наших досліджень було вивчення динаміки розвитку реакцій мікроскопічних, гістохімічних, субмікроскопічних та нейрогістологічних структур статевих залоз після озвучування інтенсивністю $0,2 \text{ вт/см}^2$, що має велике теоретичне та практичне значення.

Матеріал та методика досліджень

Спостереження провадилися на білих щурах вагою 180—200 г. Умови для усіх серій дослідів були однакові: вид ультразвуку — безперервний, контакт — непрямий, метод — стабільний, частота ультразвуку $800 \pm 10 \text{ кгц}$, експозиція — 5 хв, температура контактного середовища (дистильованої води) була такою ж, як і температура поверхні мошонки. Всього досліджували 105 тварин. Як у контрольних, так і у піддослідних тварин шерсть з поверхні мошонки вистригали. Фіксацію сім'яників у мошонці здійснювали за методом Гюнзеля [12].

Крім оглядових гістологічних методів пофарбування, для виявлення РНК використовувалась методика Браше. Нервові елементи імпрегнувались азотнокислим сріблом за Більшовським — Грос з дофарбуванням препаратів гематоксиліном та еозином. Для електронної мікроскопії матеріал готували за методиками Шьостранда [18] та Зеландера [19].

Електронноскопічні дослідження проводилися з допомогою електронного мікроскопу УЕМ-100 при робочій напрузі 60 кВ. Спостереження проводилися через 5 хв; 2; 24; 72 год; один і два тижні та один місяць після озвучення мошонки.

Результати досліджень та їх обговорення

Наші дослідження сім'яника білих щурів, проведені в динаміці (від 5 хв до 30 діб) розвитку реакції на ультразвукове випромінювання лікувальної інтенсивності, не виявили макроскопічно видимих пошкоджень ні шкіри мошонки, ні самого органа.

За цих самих експериментальних умов гістологічно виявляються зміни в тканинах сім'яника, які, мабуть, виникають під час озвучування і в дальшому мають свої особливості прояву.

Вже через 5 хв після припинення озвучування виявляються виражена гіперемія і набряк білкової оболонки та строми органа. Ці явища

найбільш чітко виявляються в місцях входу в орган та виходу ультразвукових хвиль з нього.

В місцях органа, розташованих під час випромінювання далеко від поля ультразвукових хвиль, згадані явища відбиваються в значно меншій мірі.

Виявлені порушення структур як паренхіми, так і строми яєчка мають локальний характер. Сім'яні каналці, розташовані в зоні центрального пучка ультразвукових хвиль, виявляють значні ушкодження. Тут,

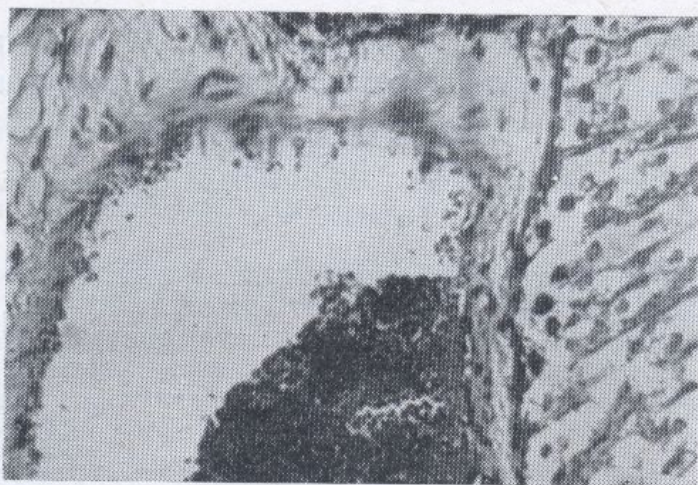


Рис. 1. Набряк білкової оболонки, розширення кровосної судини, десквамація сперматогенного епітелію сім'яного каналця.

Гематоксилін-еозин. Мікрофото.

у місці входження центрального пучка ультразвуку пошкоджується чотири-п'ять рядів каналців. Вони деформуються і щільно притискуються один до одного, а базальна перетинка їх набрякає та розшаровується; трапляються навіть ділянки розриву її (рис. 1). Сперматогенний епітелій пошкоджений.

На базальних мембранах таких каналців зберігаються тільки клітини Сертолі та сперматогонії. Групи або поодинокі клітини відторгнені від стінки каналця, безладно розташовані в його просвіті. Частина таких клітин зазнала деструкції. Найбільш ушкодженими виявилися сперматоцити. Цитоплазма таких клітин частково втрачає здатність зафарбовуватися гематоксиліном та еозином. В ній з'являються вакуолі. Ядра окремих сперматоцитів розриваються, а їх вміст розсіюється по всій цитоплазмі клітини.

Грубі пошкодження трапляються також між зрілими клітинами сперматогенного епітелію. Так, поряд з непошкодженими сперматозоїдами розташовані поодинокі сперматозоїди з відірваними головками. В глибині органа звивисті сім'яні каналці залишаються непошкодженими.

В ділянці виходу ультразвукових хвиль з сім'яника відзначаються менш істотні зміни, ніж у ділянці входу їх в орган. Тут деформуються два-три рядки каналців, розташованих біля білкової оболонки. Стінки й сперматогенний епітелій цих каналців також значно пошкоджений.

Внаслідок впливу ультразвуку на сім'яник значною мірою змінюється інтерстиціальна тканина, ділянки якої розташовувалися на шляху

поширення ультразвукових хвиль. Між деформованими звивистими сім'яними каналцями інтерстицій стиснений і місцями зруйнований. В глибині органа, незалежно від проходження центрального струму ультразвуку, сталися багаторазові розриви його та відторгнення від стінок каналців, в результаті чого між ними виникли щілини значних розмірів, які заповнилися обривками інтерстицію.

Гістохімічними дослідженнями, проведеними в цей же час, навіть у сильно пошкоджених каналцях не вдається виявити зміни вмісту РНК

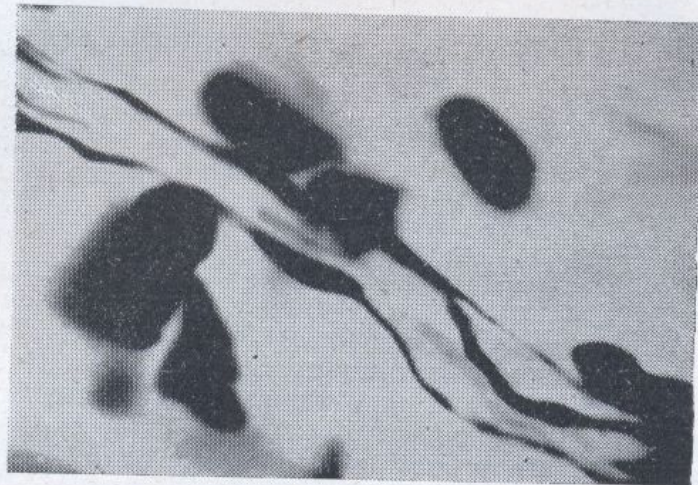


Рис. 2. Дисхромія, наплив нейроплазми нервового волокна.

Імпрегнація за Більшовським — Грос. Гематоксилін-еозин. Мікрофото.

в клітинах сперматогенного епітелію. Позаклітинна піронінофільна зернистість цих каналців розбита і розпорошена по всьому каналцю.

Електронноскопічно виявляється виникнення безлічі вип'ячувань електроннощільних зовнішніх шарів базальної мембрани каналця, а також виникнення щілин між ними і заповнення їх електроннощільними гранулами.

Найбільш значні зміни ультраструктури виникають в клітинах сперматогенного епітелію, а найчастіше в сперматоцитах.

Тут виявляється збільшена осміофілія мітохондрій, сильний набряк внутрішніх мембран — перетинок або часткові розриви їх. Водночас ендоплазматична сітка частково руйнується, ультраструктура її розривається на короткі нитки, збільшується кількість і розмір цистерн. З них створюються вакуолі. Подібні зміни ультраструктур, але при інших умовах озвучення і на інших тканинах спостерігала Н. П. Дмитрієва [3].

Зміни ультраструктури ядра сперматоцитів стосуються як оболонки, так і вмісту його. Здебільшого ядерна оболонка потовщується, зовнішній шар її відсувається від внутрішнього, розширюючи перинуклеарний простір. Хроматин роздроблюється на маленькі глибки. Подібні зміни виявляються також у ядрі сперматид.

На вказаному тканинному фоні відзначені як поширювані періаксіальні реакції, так і порушення в провідниковій частині нервових волокон сім'яника.

В пучках та в окремих нервових волокнах спостерігається розширення насічок Шмідт — Лантермана, збільшення розмірів перехватів Ранв'є і зміни (рис. 2) в осевих циліндрах (дисхромія, набряки нейро-

плазми). З літератури відомо, що в інших органах подібні зміни трактуються як явище подразнення периферичної нервової системи [2, 4, 6]. Згадані зміни виявляються як у зоні поширення центрального пучка ультразвуку, так і поза цією зоною. При цьому вони більш уразливі в першій, ніж у другій зоні. Крім змін, виявлених у самому яечку, такі ж порушення виявляються в оболонці та в додатку яечка. Важливо відзначити, що явища подразнення нервової системи органа виявляються навіть у віддалених від центрального пучка ультразвуку ділянках органа. Ці зміни нервової структури містяться на видимо незміненому тканинному фоні.

Виявлені порушення в стромі, паренхімі та в нервовій системі сім'яника свідчать про те, що морфологічні зміни, викликані впливом ультразвуку інтенсивністю $0,2 \text{ Вт/см}^2$, виникають під час озвучування органа. Надалі (через 2; 24, 72 год та 1 тиждень) спостерігається дальше наростання патоморфологічних змін. Так, у ділянках входу в орган і виходу з нього центрального пучка ультразвукових хвиль відзначається поступове посилення набряку білкової оболонки, розшарування її, а також гіперхромія ядер фібробластів. Поряд з цим виявляється поступове збільшення кількості лейкоцитів, виселених з кровоносних судин, та кількості аміотично поділених мезотеліальних і сполучнотканинних клітин. При всьому цьому кількість поділених клітин з кожним часом досліджень після озвучування швидко збільшується, сповільнюючись тільки наприкінці першого тижня.

Такі ж явища, але при інших умовах озвучування та на інших тканинах, спостерігали А. Н. Онанов [7] та інші.

У стінках судин венозного типу в м'язових клітинах з'являються вакуолі. Процеси дистрофії та деструкції звивистих сім'яних каналців не поширюються вглиб, а лише посилюються в первинно змінених після озвучування каналцях. В клітинах опірного та сперматогенного епітелію посилюються процеси вакуолізації цитоплазми. Частина сперматокитів і сперматид має розірвані або сильно деформовані ядра. До кінця першого тижня після озвучування ці клітини гинуть.

Вміст РНК з кожним часом спостережень зменшується в тих клітинах сперматогенного епітелію, які розташовані в каналцях, розміщених у зоні центрального пучка ультразвуку та поблизу неї. Найменша кількість РНК спостерігається на третю добу після озвучування, збільшуючись у наступні строки спостережень. При більших інтенсивностях та на інших тканинах кількісні зміни вмісту нуклеїнових кислот спостерігали ряд дослідників, зокрема П. Соутам [17], И. И. Черемушенцева [10], Д. Янкович [14, 15] та ін.

Електронноскопічно теж виявляється поступове збільшення осміофільних властивостей шарів базальних перетинок каналців, розтин їх з утворенням між шарами щілин, заповнених пухкими, середньої електронної щільності гранулами. До кінця першого тижня після озвучування процеси розтину шарів базальної перетинки каналців припиняються.

Спільним для всіх клітин опірного і сперматогенного епітелію є посилення в них деструктивних процесів. Через 24 год після озвучування відзначається розпад мітохондрій.

Зовнішні оболонки таких мітохондрій розриваються в результаті виникнення в середині мітохондрій дрібних вакуолей (рис. 3). Якщо мітохондрії розташовані близько між собою, то розриваючись, зовнішні оболонки з'єднуються і утворюють лакуни. В дальшому ці оболонки фрагментуються, а потім розчиняються. Таким чином на третю добу гине частина лакун.

Поступово посилюється набряк клітин сперматогенного епітелію, особливо сперматоцитів та сперматид. На цьому тканинному фоні посилюються дистрофічні та деструктивні зміни в невеликій частині нервових волокон. Саме ці процеси захоплюють нервові волокна білкової оболонки. Тут через 2 і 24 год частіше, ніж через 5 хв після озвучування спостерігаються явища розщеплення нейрофібрилярного апарата, грубі веретеноподібні напливи нейроплазми великої протяжності. Сусід-

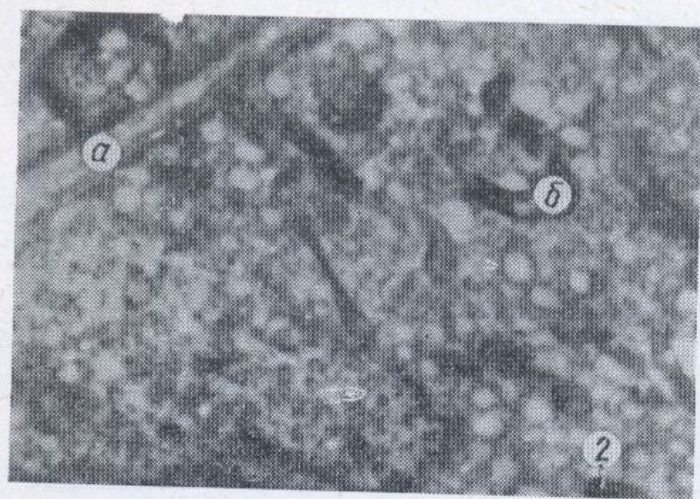


Рис. 3. Розшарування базальної мембрани сім'яного канальця (а); виникнення вакуолей в мітохондріях через 24 год після озвучування сім'яника (б).
Гематоксилін-еозин. Електроннограма.

ні ділянки стоншені. За А. І. Струковим та С. К. Лапіним [9] — це початок дистрофічного процесу.

В ділянках напливу нейроплазми трапляються гіпоаргентофільні волокна (обводнення осьового циліндра).

І. Ф. Іванов [5] та ін. дотримуються тієї точки зору, що перед розпадом нервових волокон виступає сильне обводнення осьового циліндра.

Через 72 год після озвучення посилюються процеси фрагментарного та крошкоподібного розпаду окремих нервових тканин. Але трапляються нервові волокна з явищами дистрофії (дрібна вакуолізація, яка чергується з явищами деструкції) коагуляційний некроз окремих ділянок нервового волокна. Окремі явища цих процесів у інших ділянках нервової тканини після озвучування спостерігав В. К. Воскобойніков [1].

Через два тижні після озвучування спостерігаються процеси поновлення ушкоджених тканин. На ділянках найбільш пошкоджених структур білкової оболонки з'являється молода сполучна тканина. В клітинах сперматогенного епітелію, як результат впливу ультразвукових коливань відбувається посилена вакуолізація, а цитоплазма сперматоцитів гіпохромна.

Як на периферії, так і в глибині сім'яника частина клітин сперматогенного епітелію поновлюється. В них спостерігаються процеси розмноження, росту та дозрівання. Але кількість таких клітин не дуже велика.

Саме в таких випадках підкреслюється контраст між окремими канальцями й клітинами при гістохімічних дослідженнях. В клітинах з посиленою вакуолізацією РНК дуже мало, а в поновлених клітинах буває РНК стільки, скільки в нормі, а іноді й більше, ніж у нормі.

Підтвердженням цих даних є й електронноскопічні спостереження. Так, для сперматоцитів і сперматид характерний неоднаковий ступінь змін ультраструктури клітин того самого виду. Одні сперматоцити в цитоплазмі мають велику кількість цистерн, поодинокі «каркаси» мітохондрій, ядро з підвищеною осміофілією ядерної оболонки й розбитим хроматином (рис. 4). Інші сперматоцити мають лише незначний набряк ендоплазматичної сітки. Такі ж явища спостерігаються і в спермати-

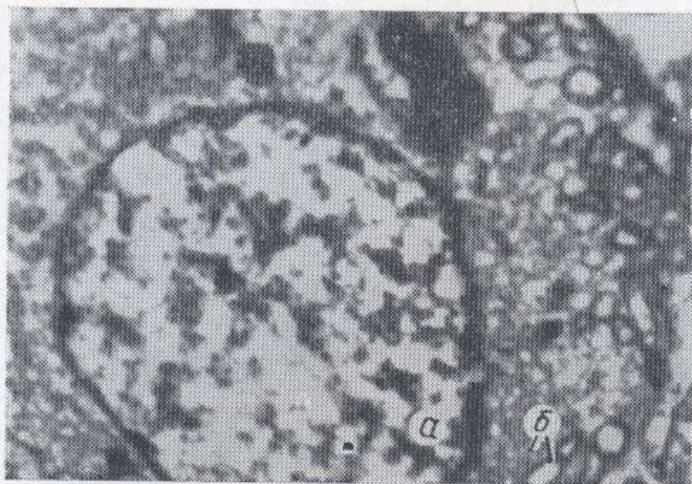


Рис. 4. Підвищена електронна щільність ядерної мембрани й хроматину ядра (α); «каркаси» мітохондрій (β).
Гематоксилін-еозин. Електроннограма.

дах. В нервовій тканині залишаються лише окремі ділянки явища подразнення. Наприкінці місяця після озвучування структури органа повністю нормалізуються.

Висновки

Перебування статевих залоз білих щурів в умовах озвучування інтенсивністю $0,2 \text{ вт/см}^2$ і частоті 800 кГц призводить до ушкодження структур органа, що виявляється відразу після озвучування, але ці ушкодження зворотні.

Література

1. Воскобойников В. К.— Бюлл. exper. биол. и мед., 1960, 50, 12, 98.
2. Григорьева Т. А.— В сб.: Биодействие УВЧ, М., 1937.
3. Дмитриева Н. П.— ДАН СССР, 1960, 132, 1, 210.
4. Зазыбин Н. И.— Изменение периферической нервной системы при асептическом воспалении. Сб. реф. Ивановского мед. ин-та, 1941; Труды гистол. конфер., Л., 1947; Труды гистол. конфер., 1947, М., 1949; Труды V Всес. съезда анатомов, гистологов и эмбриологов, 1951; В кн.: Физиол. нервных процессов, К., АН УССР, 1955; Тезисы докл. II Укр. конфер. морфологов, Харьков, 1956; Тезисы докл. VI Всес. съезда анатомов, гистологов и эмбриологов, К., 1958.
5. Иванов И. Ф.— Тезисы докладов на конфер., посвящен. 175-летию Казанского мед. ин-та, Казань, 1940.
6. Кустов М. С.— Труды III съезда зоол., анатомов и гистологов, 1928.
7. Онанов А. Н.— Материалы о влиянии УЗВ на ткани животных. Грузмедиздат, 1957.
8. Ромейс Б.— Микроскопическая техника, ИЛ, 1953.
9. Струков А. И. и Лапин С. К.— Архив патол., 1956, 8, 21.
10. Черемушнцева И. И.— ДАН СССР, 1957, 114, 1, 84.
11. Brüscke G. Zeitschrift für die gesamte innere Medizin und ihre Grenzgebiete (Leipzig), 1955, 10, (19), 885.

12. Günzel E.—Der Utraschall in der Medizin, 1949, 1, 198; Strahlentherapie, 1949, 80, 2, 299.
13. Günzel E. und Fuchs H. K.—Strahlentherapie, 1949, 79, 2, 261.
14. Jankowiak J., Hasik J., Maewski C., Markowski R.—Amer. J. Phys. Med., 1958, 37, 3, 135.
15. Jankowiak J., Maewski C.—Internat. Z. Phys. Med. und Rehabilit., 1961, 14, 12, 59.
16. Minoguchi G.—Ber. Ges. physiol. u. exper. pharm., 1943, 132.
17. Southam C. M., Beyer H., Allen A. C.—Cancer, 1953, 6, 2, 390.
18. Sjöstrand F. G.—J. Cellul. Comp. Physiol., 1953, 42, 15; Experientia, 1953, IX, 114.
19. Zelander T. J.—Ultrastructure Res., 1959, 2.

Надійшла до редакції
5.V 1966 р.

Воздействия ультразвуковых колебаний малой интенсивности на структуру половых желез белых крыс

В. М. Андрианов

Лаборатория патологической морфологии Института физиологии
им. А. А. Богомольца АН УССР

Резюме

С помощью гистологических, гистохимических, нейрогистологических и электронноскопических методик изучались половые железы крыс после воздействия ультразвуком интенсивностью $0,2 \text{ вт/см}^2$ при частоте $800 \pm 10 \text{ кгц}$ в различные сроки после озвучивания.

Результаты исследования показали, что реакции структур семенника носят однотипный характер и сводятся к гидropическим изменениям клеток сперматогениого эпителия, к реактивным изменениям нервных клеток и волокон, к нарушению осмиофильных свойств клеточных мембран, митохондрий, ядерной оболочки, появлению незначительных механических повреждений. Наибольшая выраженность этих изменений выявляется через 24—72 часа после озвучивания.

Спустя месяц после начала опыта наблюдается тенденция к нормализации всех вышеописанных структур семенника.

The Effect of the Ultrasonic Vibration of Small Intensity on the Sex Gland Structure in the Albino Rats

V. M. Andrianov

Laboratory of pathological morphology of the A. A. Bogomoletz Institute
of Physiology of the Academy of Sciences, Ukrainian SSR

Summary

The sex glands of the rats were studied by histological, histochemical, neurohistological and electron microscopy procedures after the ultrasonic effect of intensity of 0.2 w/cm^2 at the frequency of $800 \pm 10 \text{ kc}$ in different terms after the ultrasonic effect.

The results of investigation showed that the reaction of the testicle structure are of one-type nature and lead to the hydropic changes in the cells of spermatogenic epithelium, reactive changes in nervous cells and fibers, disturbance of the osmophilic properties in the cell membranes, mitochondria, nucleus shell, appearance of slight mechanical damages. These changes are most pronounced 24—72 hours after the ultrasonic effect.

A month after the beginning of the experiment a tendency is observed for normalization of all the above-mentioned testicle structures.