

унитета и аллергии, М., «Медгиз».

ния, 1964, 3, 16.

стохимия, М., 1969.

lervous System, 1966, 27, 6, 389.

id., 1962, 109, 599.

Exp. Med., 1968, 119, 1027.

ogy, 1954, 54, 2, 130.

Надійшла до редакції
7.XII 1971р.

OF LYMPHOID TISSUE
UNDER INDUCTION
INHIBITORY TYPE
IC EFFECT

A. V. Antonenko

Institute of Endocrinology
s, Kiev

lished that changes in regional
ntigen in the Freund complete
inhibitory type are pronounced
in the adrenalectomized animals
of the dynamics of the plasm
thocytes of ram in the regional
roduction and in spleen showed
ct of corpuscular antigen and
in the non-operated ones. Admi
ave no adrenals a considerably
man serum albumin in the total
in the operated animals which
n-operated guinea pigs.

УДК 612.014.42

ДО ПИТАННЯ ПРО ПОХОДЖЕННЯ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ, ЩО РЕЕСТРУЄТЬСЯ ПОБЛИЗУ ТВАРИН І ЛЮДИНИ

У. С. Валеев, О. С. Осенній, Ю. В. Торнуев, Д. Ф. Ракитянський

Інститут фізіології Сибірського відділення АН СРСР, Новосибірськ

Останнім часом увагу дослідників привертають електромагнітні поля, що виникають у збудливих системах і поза цих систем. Відомості про наявність у повітрі електричних полів навколо збудженого ізольованого нерва вперше з'явилися у 1949 р. [5]. Пізніше були зареєстровані магнітне поле нерва [6], електричне [2] і магнітне поле серця [4]. Результати досліджень електричного поля поблизу людини і тварин [1] показали, що характеристики зареєстрованого електричного поля серця людини на відстані до 1 м не укладаються в рамки наших уявлень про диполь серця як генератор поля.

Метою нашого дослідження було дальше вивчення характеристики електричного поля, що реєструється поблизу біологічних об'єктів та з'ясування його природи.

Методика досліджень

Методика реєстрації зовнішнього електричного поля біологічних об'єктів була розроблена, виходячи з припущення, що джерелом цього поля може бути гіпотетичний електричний диполь, який розташований в об'ємному провіднику та створює на поверхні різницю потенціалів, що дорівнює амплітуді зубця QRS електрокардіограми.

Для того, щоб зареєструвати електричне поле біологічних об'єктів, необхідно мати достатньо чутливу ($10^{-3} - 10^{-4}$ в) апаратуру. У наших експериментах як вимірювальний прилад був застосований електрометричний підсилювач УІ-2 з вхідним опором $R_{\text{вх}} = 10^{11}$ ом, що необхідно для узгодження імпедансу джерела поля і реєструючого приладу. Максимальна чутливість приладу в смузі 0,5 гц — 1 кГц дорівнює 10^{-3} в. В ряді випадків на вході індикаторного приладу включались стандартні смугові фільтри.

Порівняно високий рівень зовнішніх завад, створюваних електричним полем землі, працюючими приладами і мережею живлення, вимагають ретельного екранування об'єкту дослідження. Екрануюча камера мала форму, близьку до куба, з стороною, що дорівнює 3 м. Виготовлення камери з розмірами, які значно перевищують розміри об'єкта дослідження, вкрай важливі, оскільки лише в цьому випадку можна уникнути перекручень реєстрованого зовнішнього електричного поля, що виникають внаслідок асиметрії ємностей об'єкта дослідження відносно стінок екрануючої камери. З цією ж метою об'єкти досліджень поміщали, приблизно, в центрі камери в горизонтальному положенні.

Три виносні електрометричні блоки трьох підсилювачів підвішували на спеціальних розтяжках до стелі екранованої камери на різній відстані від серця досліджуваного об'єкта. У цьому випадку електричне поле можна було виміряти одночасно в трьох точках. Крім того, була передбачена можливість синхронно з реєстрацією поля також і запису ЕКГ. Всі вимірювальні прилади, крім виносних блоків підсилювачів і датчиків поля, поміщали поза камерою. Проводи для контактного відведення ЕКГ були екрановані, а екрани заземлені.

Як датчики поля були використані металеві диски діаметром 25 мм, які надягали на вхідні штирі електрометричних блоків. Диск оточували охоронним кільцем, яке з'єднувалось з корпусом виносного блока через опір. Постійна часу цього кільця дорівнювала постійній часу входу електрометра з датчиком поля. У цьому випадку робочою була та частина диска, яка повернена до об'єкта дослідження.

Одночасно з реєстрацією електричного поля був передбачений облік вологості оточуючого повітря.

Калібровка підсилювального тракту здійснювалась вміщенням датчика поля між двома плоско-паралельними пластинами, на які подавався калібрувальний імпульс, за формою близький до спостережуваного польового сигналу.

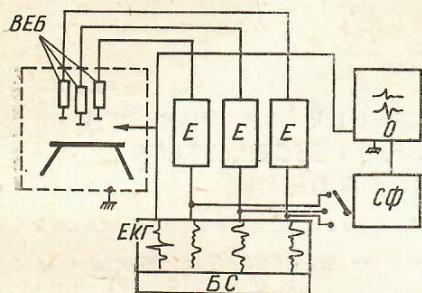


Рис. 1. Блок-схема вимірювальної установки.

ВЕБ — вносні електрометричні блоки, БС — багатоканальний самописець, О — осцилограф, СФ — смуговий фільтр, Е — електрометр.

Об'єктом дослідження були жаби, кішки і людина. Реєстрація електричного поля проводилась при заземленні об'єкта дослідження та при відсутності контактних зв'язків об'єкта дослідження з оточуючими провідниками і з землею. У другому випадку синхронного запису ЕКГ не проводили. Блок-схема вимірювальної установки наведена на рис. 1.

Результати досліджень

Встановлено, що електричне поле, яке реєструється навколо людини, змінюється синхронно з роботою серця і чітко виявляється над будь-якою точкою тіла. На рис. 2 наведено порівняльний запис польового сигналу і ЕКГ. Як видно, екстремум потенціалу електричного поля відповідає прояву кінцевого потенціалу ЕКГ зубця Т.

Різниця потенціалів поля навіть на відстані 15 см від грудей людини значно перевищує контактну спостережувану амплітуду шлуночкового комплексу ЕКГ (рис. 2).

Слід відзначити, що конфігурація і амплітуда зовнішнього електричного поля, зареєстровані над різними точками тіла, неоднакові. На рис. 3 наведені графіки розподілу амплітуди електричного поля в поздовжньому і поперечному напрямках.

Переміщення грудної клітки досліджуваного при диханні вносило в запис істотні завади при вимірюваннях у смузі 0,5—1,5 кГц. На рис. 4 наведено синхронний запис сумарного потенціалу поля при смузі дослідження 0,5—1,5 кГц і сигналу в смузі $20 \text{ гц} \pm 1,5 \text{ гц}$ та електрокардіограми. Як видно, включення на вході реєструючого приладу фільтра ($f_n = 20 \text{ гц}$) приводило до зменшення амплітуди і значного перекручення форми сигналу, хоч і наближало його за своїми характеристиками до ЕКГ. Тому згодом ми відмовились від застосування смугових фільтрів, і під час запису поля рекомендували обслідуваному затримувати дихання. Це обмежувало час безперервного запису поля 0,5—1 хв.

На рис. 5 наведений запис електричного поля в трьох точках на різній відстані від грудної клітки людини (15,36 і 60 см). Зниження потенціалу цього поля при збільшенні відстані від об'єкта дослідження близьке до лінійного. На рис. 6 наведено графік розподілу різниці потенціалів зовнішнього електричного поля зі збільшенням відстані від об'єкта дослідження (датчик поля розташований над областю серця).

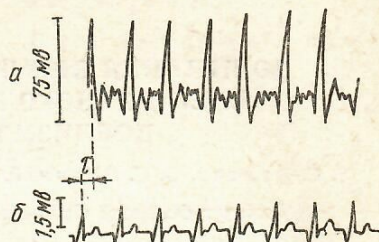


Рис. 2. Порівняльний запис польового сигналу (а) і ЕКГ (б).

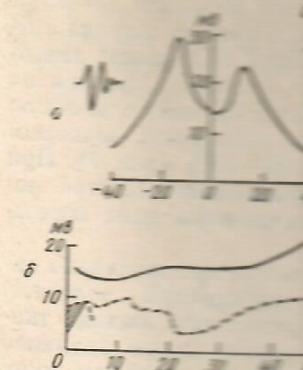


Рис. 3. Графіки розподілу амплітуди електричного поля в поздовжньому (а) і поперечному (б) напрямках. На верхньому графіку мітки: бік грудної клітки, спина.

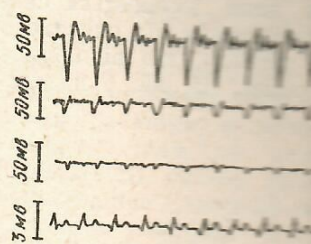


Рис. 5. Запис електричного поля в трьох точках на різній відстані від грудної клітки людини.

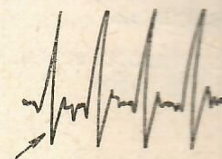


Рис. 7. Зміни електричного поля. Стрілками позначено: збільшення вологості.

в передбачений облік вологості
в вміщенні датчика поля між
ався калібрувальний імпульс, за
алу.

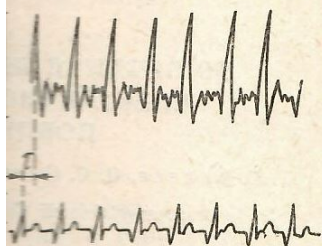


Рис. 2. Порівняльний запис польового сигналу (а) і ЕКГ (б).

Регістрація електричного поля
відсутності контактних зв'язків
малею. У другому випадку син-
хронізованої установки наведена

ь
еструється навколо люди-
і чітко виявляється над
орівняльний запис польо-
нціалу електричного поля
убця Г.

ні 15 см від грудей люди-
ну амплітуду шлуночко-

ітуда зовнішнього елек-
точками тіла, неоднакові.
уди електричного поля в

ого при диханні вносило
зі 0,5—1,5 кгц. На рис. 4
іалу поля при смузі до-
±1,5 кгц та електрокар-
руючого приладу фільтра
уди і значного переку-
і своїми характеристика-
д застосування смугових
обслідуваному затриму-
го запису поля 0,5—1 хв.
поля в трьох точках на
3,36 і 60 см). Зниження
від об'єкта дослідження
ік розподілу різниці по-
більшенням відстані від
ий над областю серця).

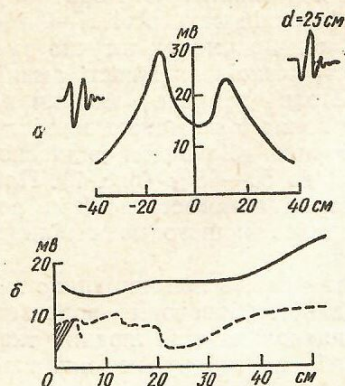


Рис. 3. Графіки розподілу амплі-
туди електричного поля по гори-
зонталі в поздовжньому (а) і по-
перечному (б) напрямках.

На верхньому графіку зліва — лівий
бік грудної клітки, справа — правий
бік.

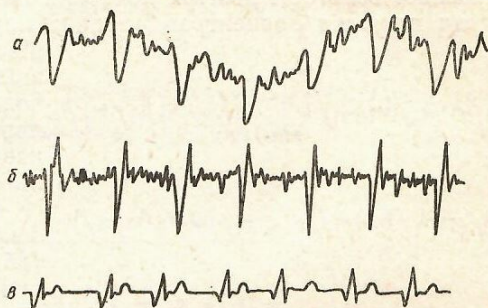


Рис. 4. Синхронний запис сумарного по-
тенціалу поля при смузі дослідження
0,5—1,5 кгц (а) і сигналу в смузі
20 гц ± 1,5 кгц (б) та електрокардіо-
грами (в).

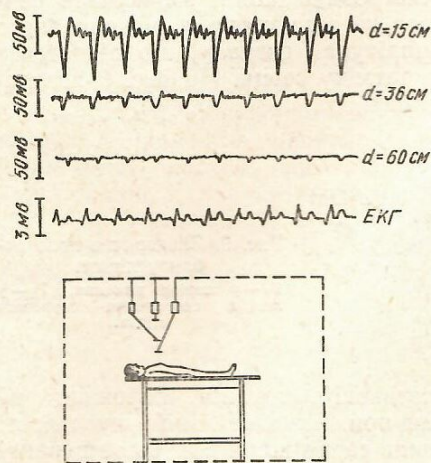


Рис. 5. Запис електричного поля в трьох
точках на різній відстані від грудної кліт-
ки людини.

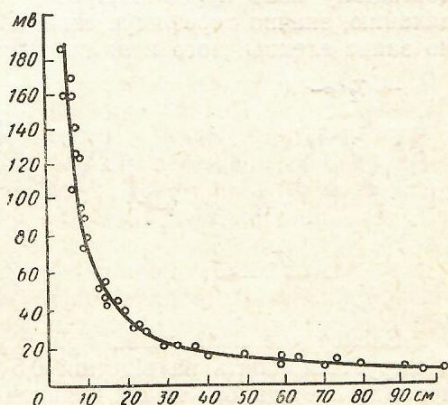


Рис. 6. Графік розподілу різниці по-
тенціалів зовнішнього електричного по-
ля зі збільшенням відстані від об'єкта
дослідження.

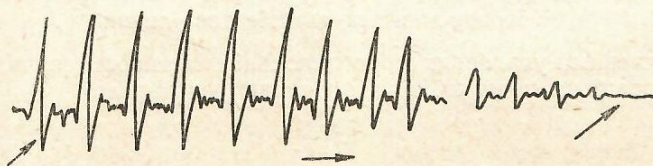


Рис. 7. Зміни електричного поля від вологості повітря.
Стрілками позначено: зліва — вологість 25%, в центрі — збільшення
вологості, справа — вологість 85%.

Останні експериментальні результати одержані в усі пори року, при кімнатній температурі (20—25° С) та відносній вологості 17—35%.

Досліди по вимірюванню електричного поля в умовах штучно змінюваної вологості повітря показали наявність різкої залежності амплітуди поля від концентрації водних парів. Поле навколо людини на відстані понад 5 см майже повністю зникало при збільшенні відносної вологості до 50—85% (рис. 7). При нормалізації вологості повітря показники електричного поля відновлюються.

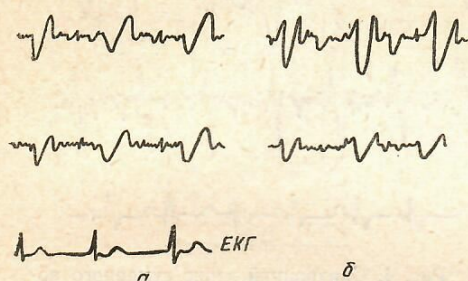


Рис. 8. Запис сигналів, зареєстрованих з двох відстаней від тіла обстежуваного: а — об'єкт заземлено, б — об'єкт не заземлено.

Вимірювання електричного поля навколо тварини з шерстним покривом (кішка) показало, що зареєстроване поле змінюється синхронно з диханням і ритмікою серця та не відрізняється від описаного потенціалу поля людини. Проте, амплітуда сигналу, що відповідає диханню, значно перевищує складову ритміку серця. На рис. 9 наведено запис електричного поля поблизу кішки.



Рис. 9. Електричне поле поблизу кішки.

T_1 — у період дихання, T_2 — у період скорочення серцевого м'яза.

Електричне поле жаби при нерозтиненій грудній порожнині не реєструється навіть на відстані 0,5 см при максимальній чутливості приладу. Не вдалося також виявити поле серця жаби при розташуванні датчика поля в безпосередній близькості від розтиненої грудної порожнини.

Цікаво, що польовий сигнал поблизу працюючого серця жаби реєструвався тільки тоді, коли серце вилучено із розтиненої грудної порожнини (рис. 10).

Обговорення результатів досліджень

За сучасними уявленнями про дипольні властивості серця, потенціали, створювані на поверхні тіла, визначаються виразом

$$V \approx \frac{l \cdot \cos \alpha}{r^2},$$

де l — дипольний момент, r — відстань від точки спостереження до дипольного центра, α — кут, що визначає положення тіла спостереження щодо дипольної осі.

Оскільки максимальна тіла не перевищує значень електричного поля в повітрі величину порядку 1 мВ, то зі збільшенням відстані з

а

б

в

Рис. 10. Електричне поле поблизу серця жаби, вилученого з розтиненої грудної порожнини.

Характеристики спостереження природно, не можна повністю уловити середовища.

Повільне убавлення показників цього поля є спостережувані поля на межі організму із зовнішнього середовища. Незалежність прояву цього поля від розміру тіла та утворення, в ньому. Поле такого диполя на відстані приблизно по квадратичній.

Працююче серце — це мушкетер тіла людини або тварини в просторі зарядженого поля, яке ми й реєструємо.

Амплітуда цього поля зростає з відстанню від поверхні тіла людини до максимум польового сигналу.

При збільшенні статичного заряду з поверхні тіла підтверджується вимірювання підвищеної вологості (55—60%).

Умови утворення статичного заряду на поверхні тіла людини. Цим пояснюється відсутність поля у тварин та залежність цього поля від вологості повітря.

У жаб можливість виникнення власного електричного поля в результаті електричного поля, очевидно, настільки велика, що виникає в результаті електричного поля.

одержані в усі пори року, відносній вологості 17—35%. Поле в умовах штучно зміни різкої залежності амплітуди навколо людини на відстані понад 5 см майже повністю при збільшенні відносної вологості до 50—85% (рис. 7). При зміні вологості повітря потенціал електричного поля віднов-

люється, навіть при порівняно високій вологості. При вимірюванні в лабораторії вологості повітря титрання тіла людини титрання просто рукою викликає збільшення амплітуди поля. У випадку величина потенціалу практично не залежала від відсутності заземлення або відсутності заземлюваного, змінювалася спостережуваного сигналу (рис. 8).

У тварини з шерстним покривом поле змінюється синхронно з диханням, що відрізняється від описаного сигналу, що відповідає скороченням серця. На рис. 9 наведе-

Рис. 9. Електричне поле поблизу кішки.

T_1 — у період дихання, T_2 — у період скорочення серцевого м'яза.

грудний порожнині не має максимальної чутливості до змін поля, якщо жабі при розташуванні розтиненої грудної по-

криваючого серця жабі реєструється з розтиненої грудної по-

кривень

чутливості серця, потенціалу виразом

точки спостереження до тіла спостережен-

Оскільки максимальна амплітуда великого зубця ЕКГ на поверхні тіла не перевищує звичайно 2 мВ, гадані показники різниці потенціалів електричного поля в повітрі від того самого джерела повинні мати величину порядку 1 мВ поблизу поверхні тіла, а убуття цього поля зі збільшенням відстані в повітрі має підлягати кубічному закону.

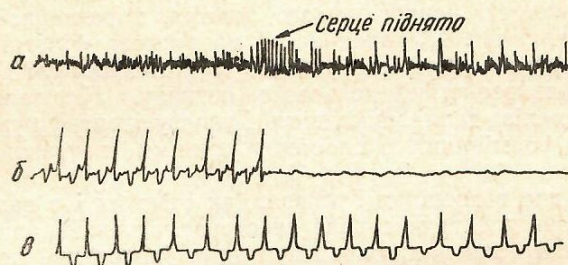


Рис. 10. Електрограма синхронного запису при прямому відведенні ЕКГ з шлуночка серця (в), ЕКГ у першому стандартному відведенні (б) та польового сигналу, зареєстрованого на відстані 1,5 см від серця (а).

Характеристики спостережуваного поля навколо людини і тварин, природно, не можна пояснити полем електричного диполя серця, вміщеного у провідне середовище.

Повільне убуття поля зі збільшенням відстані і значно вищі гадані показники цього поля можна пояснити, якщо виходити з того, що спостережувані поля є полями джерела, яке знаходиться, очевидно, на межі організму із зовнішнім середовищем, та має розміри, що дорівнюють розмірам тіла, навколо якого вимірюється електричне поле [1]. Незалежність прояву цього поля від наявності або відсутності заземлення людини і тварини свідчить про розподіл зарядів у межах поверхні тіла та утворення, в найпростішому випадку, електричного диполя. Поле такого диполя на відстані менше його розміру, як відомо, убуття приблизно по квадратичному закону, а різниця потенціалів — по лінійному.

Працююче серце — це свого роду механічний вібратор, який примушує тіло людини або тварини здійснювати коливні рухи. Переміщення в просторі зарядженого тіла створює в повітрі змінюване електричне поле, яке ми й реєструємо.

Амплітуда цього поля залежить від величини механічних переміщень поверхні тіла людини або тварин. У такому випадку, очевидно, максимум польового сигналу має відповідати стану систоли шлуночків.

При збільшенні вологості оточуючого повітря умови стікання статичного заряду з поверхні тіла стають більш сприятливими, що й підтверджується вимірюваннями поля на відстані 5 см і більше при підвищеній вологості (55—58%).

Умови утворення статичного заряду на поверхні тварин з розвинутим волоссяним покривом, природно, більш сприятливі, ніж для людини. Цим пояснюється високий рівень вимірюваного поля поблизу тварин та залежність цього поля від наявності волоссяного покриву.

У жаб можливість виникнення зарядів нема, оскільки їх поверхня вкрита вологим слизовим шаром, що й підтверджується в представлених експериментальних матеріалах. Гадане електричне поле, створюване власне електричним диполем серця, в усіх досліджених нами випадках, очевидно, настільки мале, що не виявляється на фоні поля, яке виникає в результаті електризації біологічного об'єкта.

Як уже було відзначено вище, застосування смугових фільтрів перекручує істотний польовий сигнал, зменшуючи його амплітуду і робить його зовні схожим на ЕКГ. Проведення експерименту при підвищеній вологості також сприяє реєстрації поля, амплітуда якого значно ослаблена.

Реєстрація Гуляєвим [2] електроаурограми була здійснена в умовах підвищеної вологості навколишнього повітря, характерної для Ленінграда. У реєструючих приладах автор використав фільтри з нижньою граничною частотою 10 *гц*, що вносило істотні перекручення в просторово-часові характеристики польового сигналу. Порівняно невисокі рівні цих сигналів дали можливість Гуляєву ідентифікувати електроаурограму по формі лише з спостережуваними контактними компонентами ЕКГ [2].

Той факт, що в дослідях Гуляєва, так само як і в наших експериментах, зовнішнє електричне поле реєструвалось найкраще при розташуванні датчика поля над головою людини (волосняний покрив), деякі результати останніх дослідів Гуляєва [3] вказують на значну участь електростатичних зарядів на поверхні тіла у формуванні електроаурограми. Останнє додатково підтверджує запропоновану нами гіпотезу [1] про походження зовнішнього електричного поля поблизу тварин і людини.

Висновки

1. Поблизу людини і тварин існує електричне поле, яке залежить від скорочення серцевих м'язів і дихання.
2. У наших дослідях зареєстроване електричне поле біологічних об'єктів на відстані до 100 *см*.
3. Зареєстровані поля є наслідком механічних проявів життєдіяльності людини і тварин і, очевидно, не пов'язані з електричними процесами, що здійснюються в організмі.

Література

1. Валеєв У. С., Торнуєв Ю. В., Ракитянський Д. Ф.—В сб.: Матер. II совещ. по примен. радиоэлектроники, физики, математики и биол. и мед., Новосибирск, 1968.
2. Гуляев П. И., Заботин В. И.—В сб.: Докл. Ленингр. об-ва естествоиспытателей, Л., 1967.
3. Гуляев П. И., Заботин В. И., Шлиппенбах Н. Я.—В сб.: Нервная система, Л., 1970, 10.
4. Baule G., McFree R.—Amer. Heart J., 1963, 66, 95.
5. Burr H., Mauro A.—Yale J. Biol. Med., 1949, 455, 21.
6. Seipel I., Morrow R.—J. Wash. Acad. Sci., 1960, 50, 6, 1.

Надійшла до редакції
25.X 1971 р.

ON THE PROBLEM OF NATURE OF EXTERNAL ELECTRIC FIELD REGISTERED NEAR ANIMAL AND HUMAN BODY

U. S. Valeev, A. S. Osenny, U. V. Tornuev, D. F. Rakityansky

Institute of Physiology, the Siberian Branch, Academy of Sciences, USSR, Novosibirsk

Summary

Human and animal body's electric field were discovered to change in accordance with cardiac and respiration activity. The field arises from electrization of skin integument of body. Potential difference was observed to be rather high in contact electrocardiogram within 25—30 per cent of air humidity.

Heart dipole electric field was not detected by used instruments with 10^{-4} — 10^{-3} volt range of sensitivity.

ДО МЕХАНІЗМУ НА ЗСІДАЛЬНІ КРОВІ СОБ

Кафедра патології

Нами раніше було показано, що швидко фібринолітичну активність застосування аскорбінової кислоти гіперкоагуляції крові собак у стану між зсідальною і проливною посилення зсідання крові і судинної проникності у фактор [3].

Ми вивчали причини посилення наших дослідів та механізм сприяє цих питань ми досліджували наступні фактори.

Досліди проведені на 28 собак «підйому» собак у баранах сумарну судинну проникність внутрішньо введенного міченого стосування даного методу дослідження введені мічені білки залишається зменшення концентрації встановлення динамічної рівноваги цього переходу залежить від білка. Друга фаза зменшення білка при вивченні проникності фаза зниження концентрації міченого руслу в тканинну рідину.

Кров для дослідження радіоактивності п'ятихвилинної проби після введення міченого альбуміну у першій серії дослідів в судин (вісім собак). У другій — тижневному застосуванні в дозі 100 мг міченого білка вивчення судин гострої гіпоксії. Контролем служило руслу восьми здорових собак. Рівень внутрішньо введенного міченого до контрольної, що свідчить про проникність. Для з'ясування впливу гострої гіпоксії вивчення сумарності перфузованих органів і тканин легень. Для одержання міченого білка (K).

$$K = \frac{\text{кількість імпу}}{\text{кількість імпу}}$$

Одержані результати представлено в таблиці. Вивчення розподілу в тканинах при гострій гіпоксії показало, що свідчить збільшення коефіцієнта ($p < 0,05$); проникність гемато-ен-