

ЗМІНИ ІОННОГО СКЛАДУ КРОВІ ПІД ЧАС ТРИВАЛОЇ КЛІНІЧНОЇ СМЕРТІ І НАСТУПНОГО ОЖИВЛЕННЯ СОБАК З ДОПОМОГОЮ ДОНОРСЬКОГО МЕТОДУ

М. П. Адаменко, М. В. Макаренко

*Відділ гіпоксичних станів Інституту фізіології
ім. О. О. Богомольця АН УРСР, Київ*

Порушення вмісту електролітів під час умирання і оживлення організму вважають найменш вивченими в реаніматології. Літературні дані з цього питання одержані, як правило, на тваринах, які перебували на початкових стадіях термінальних станів (шоки різної етіології і стадій, перші хвилини клінічної смерті) і були оживлені з допомогою комплексного методу.

Привертає увагу суперечність результатів, наведених у цих працях. Так, наприклад, одні автори під час травматичного шоку [12, 13, 15, 17], а також при асфіксії і крововтраті [18] спостерігали гіперкаліємію. Інші при травматичному шоку [3, 7, 10], а також при оживленні тварин [4] і різкій серцевій недостатності [9] виявили гіпокаліємію. Водночас було встановлено, що під час шоку, незважаючи на збільшення вмісту калію в міжклітинному просторі, його концентрація в плазмі крові не перевищувала норми [11]. Не було також встановлено змін у вмісті іонів калію в крові собак під час 5—17-хвилинної смерті від крововтрати та їх наступного оживлення з допомогою коронаро-каротидної перфузії і донорського методу [13].

Такі ж суперечливі дані, але з кількісно меншими змінами, наводяться різними авторами щодо вмісту іонів натрію і кальцію при термінальних станах [5, 6, 9, 11, 15].

Беручи до уваги виключно важливу роль неорганічних електролітів у життєдіяльності організму та відсутність даних про зміни іонного складу біологічних рідин при клінічній смерті та наступному оживленні тварин донорським методом, ми провели дослідження динаміки натрію, калію і кальцію в плазмі крові та еритроцитах під час смерті та наступного оживлення собак з допомогою цього методу. Одночасно вивчали зрушення електролітного обміну в організмі донора-парабіонта.

Методика досліджень

Дослідження проведені на 13 собаках, у яких клінічну смерть викликали електричним струмом, і оживлюваних після цього через 15 хв 06 сек—29 хв 30 сек (17 хв 30 сек—32 хв 09 сек від моменту нанесення електротравми). Оживлення здійснювалось з допомогою донорського методу з використанням організму донора-парабіонта та насоса апарата штучного кровообігу [1].

Вміст іонів кальцію, калію і натрію в плазмі та еритроцитах досліджували з допомогою методу фотометрії полум'ям. Вихідний вміст електролітів у крові тварин до оживлення визначали в пробах, взятих у них з стегнової артерії під морфійно-небуталовим наркозом після введення гепарину. Під час оживлення проби крові

брали з артеріальної (донорська кров) та венозної (кров оживлюваного собаки) частин системи екстракорпорального кровообігу.

Проби крові під час смерті відбирали перед початком оживлення в останніх порціях крові, що відкачувалася насосом з гирла порожнистих вен. У деяких тварин визначали зміни електролітного складу крові на різних етапах клінічної смерті.

Результати досліджень

Вихідні показники вмісту електролітів у крові собак, одержані в наших дослідках (рис. 1), в основному відповідають літературним даним [16]. Лише вміст іонів калію в плазмі крові був нижчий у порівнянні з даними інших авторів. Це можна пояснити тим, що проби крові ми брали на фоні штучної гемофілії, створеної з допомогою гепарину, який перешкоджає виходу калію з клітин [8].

Дослідження іонного складу крові під час клінічної смерті показало, що вміст іонів кальцію в плазмі крові змінюється незначно, або зовсім не змінюється. Це саме стосується і вмісту іонів натрію в плазмі і в еритроцитах.

Значні зміни спостерігаються лише в концентрації калію в плазмі крові (рис. 1). Так, у пробах, взятих після попереднього відсмоктування крові з гирла порожнистих вен, на 15–16-й хв смерті, концентрація іонів калію в плазмі була закономірно ($0,01 > p > 0,001$) збільшеною ($11,74 \pm 2,17$ мекв/л) в порівнянні з вихідними даними ($3,65 \pm 0,08$). Вміст калію в еритроцитах у цих пробах проявляв лише тенденцію до збільшення.

Значно більші зміни вмісту калію в плазмі виявляються в тих дослідках, в яких проби крові були взяті після більш тривалих строків смерті (25–28 хв). В цих випадках спостерігалось п'яти–семиразове збільшення концентрації калію.

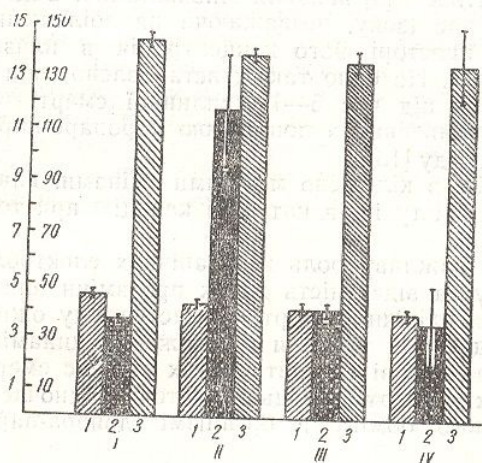


Рис. 1. Зміни вмісту електролітів у крові оживлюваного собаки під час проведення оживлення.

1 — концентрація кальцію; 2 — калію; 3 — натрію в мекв/л. I — вихідні дані, II — під час смерті, III — після відновлення дихання, IV — після відновлення роботи серця. Ліва частина шкали по вертикалі — для кальцію і калію, права — для натрію.

Підвищення вмісту калію в плазмі крові і незначне збільшення його концентрації в еритроцитах свідчать про те, що джерелом накопичення калію є не формені елементи крові, а інші тканини організму, з яких калій надходить разом з відсмоктуваною кров'ю.

Ця думка дістала підтвердження в дослідках, в яких проби крові брали через зонд, введений в гирло порожнистих вен на протязі 30 хв смерті (через кожні 5 хв), але без попереднього тотального відсмоктування. В цих пробах не виявлено жодних змін вмісту калію ні в

плазмі крові, ні в еритроцитах. Жане через штучний кровообіг порції крові, з якої брали проби, виявляється збільшеною в порівнянні з концентрацією іонів калію

Рис. 2. Співвідношення електролітів крові оживлюваного собаки під час дослідження.

I — відношення калію до кальцію в плазмі крові, II — натрію до калію в еритроцитах. I — вихідні дані, 2 — під час смерті, 3 — після відновлення дихання, 4 — після відновлення роботи серця.

наступної порції такої крові, яка перевищує нормальну концентрацію на 40–50%. Із цієї крові, яка перевищує нормальну концентрацію на 40–50%, і з цієї крові, яка перевищує нормальну концентрацію на 40–50%, і з цієї крові, яка перевищує нормальну концентрацію на 40–50%.

Ці дані свідчать, що калію надходить разом з кров'ю, яка перевищує нормальну концентрацію на 40–50%. Із цієї крові, яка перевищує нормальну концентрацію на 40–50%, і з цієї крові, яка перевищує нормальну концентрацію на 40–50%, і з цієї крові, яка перевищує нормальну концентрацію на 40–50%.

Поряд із значними змінами в співвідношенні калію до кальцію в плазмі крові, збільшення калію в еритроцитах свідчить про те, що калію надходить разом з кров'ю, яка перевищує нормальну концентрацію на 40–50%. Із цієї крові, яка перевищує нормальну концентрацію на 40–50%, і з цієї крові, яка перевищує нормальну концентрацію на 40–50%, і з цієї крові, яка перевищує нормальну концентрацію на 40–50%.

Вихідне співвідношення калію до кальцію в плазмі крові становило $0,81 \pm 0,02$, то після смерті $2,63 \pm 0,38$ ($p < 0,001$).

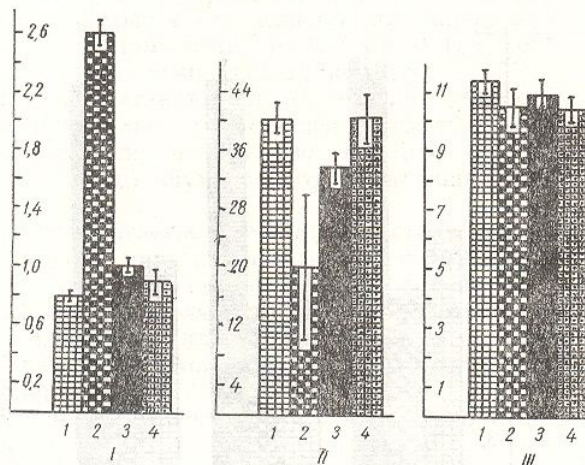
Співвідношення калію до кальцію в еритроцитах становило $0,81 \pm 0,02$, то після смерті $2,63 \pm 0,38$ ($p < 0,001$).

Нормалізація співвідношення калію до кальцію в плазмі крові досягається після початку оживлення. Зокрема, співвідношення калію до кальцію в плазмі крові після початку оживлення становило $0,81 \pm 0,02$, то після смерті $2,63 \pm 0,38$ ($p < 0,001$).

плазмі крові, ні в еритроцитах. Тільки після перекачування шприцем Жане через штучний анастомоз з гирла порожнистих вен у сонну артерію порції крові, що становить десяту частину загальної кількості крові, виявляється збільшення концентрації калію в плазмі в два-три рази в порівнянні з вихідними даними. Водночас підвищується концентрація іонів калію і в еритроцитах на 8—20%. При перекачуванні

Рис. 2. Співвідношення електролітів крові оживлюваного собаки під час досліджу.

I — відношення калію до кальцію в плазмі крові, *II* — натрію до калію в плазмі крові, *III* — натрію до калію в еритроцитах. *1* — вихідні показники, *2* — під час смерті, *3* — після відновлення дихання, *4* — після відновлення роботи серця.



наступної порції такої ж кількості крові ці зміни в плазмі ще більше перевищують нормальні показники, а в еритроцитах вони збільшуються на 40—50%. Найбільші відхилення вмісту калію спостерігаються при перекачуванні крові в кількостях, що складають три-чотири десятих від загальної кількості крові.

Ці дані свідчать про те, що іони калію, які у великих кількостях надходять разом з кров'ю, що відсмоктується з тканин, шляхом дифузії проникають в еритроцити, а ступінь дифузії перебуває у прямій залежності від концентраційного градієнта іонів калію. З цих же фактів можна зробити висновок про те, що еритроцити є дуже стійким утворенням щодо збереження сталості свого електролітного складу навіть на протязі 30—40-хвилинної смерті. Очевидно, ця особливість еритроцитів є однією з найважливіших умов, що забезпечує можливість тривалого збереження крові і використання її для переливання.

Поряд із значними порушеннями концентрації електролітів у плазмі крові і еритроцитах під час смерті спостерігаються також значні зміни в співвідношенні між окремими катіонами (рис. 2). Якщо вихідне співвідношення іонів калію до кальцію в плазмі крові становило $0,81 \pm 0,02$, то після 15—16-хвилинної смерті воно збільшувалось до $2,63 \pm 0,38$ ($p < 0,001$).

Вихідне співвідношення іонів натрію до калію в плазмі крові на 15—16-й хв смерті знижувалось до $20,30 \pm 10,55$ в порівнянні з вихідними даними $40,65 \pm 2,27$ ($p < 0,01$).

Співвідношення натрію до калію в еритроцитах після 15—28 хв смерті змінювалось статистично недостовірно ($p > 0,1$).

Нормалізація вмісту електролітів у плазмі крові, природно, супроводжується нормалізацією співвідношення між окремими катіонами. Зокрема, співвідношення калію до кальцію в плазмі на 7—20-й хв після початку оживлення після 15—16-хвилинної смерті знижується з $2,63 \pm 0,38$ на 15—16-й хв смерті до $1,09 \pm 0,03$ ($p < 0,001$), але ще не досягає вихідних величин. Дуже цікаво те, що співвідношення калію

до кальцію в плазмі при оживленні після 25—29-хвилинної смерті повністю нормалізується і становить 0,69—0,88 при вихідних показниках 0,64—0,88. Це можна лише частково пояснити тим, що в даному випадку проби крові були взяті на 10—19-й хв після початку оживлення, тоді як у дослідях по оживленню після 15—16 хв смерті проби крові брали в основному на 7—10-й хв після початку оживлення. Це в свою

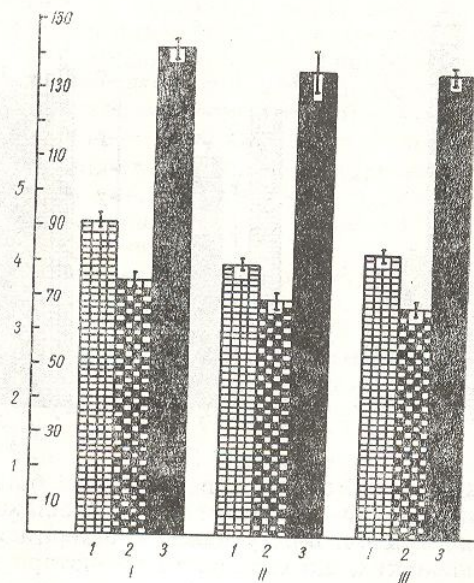


Рис. 3. Зміни вмісту електролітів у крові донора під час дослідження.

I — вихідні дані, II — після відновлення дихання у оживлюваного собаки, III — після відновлення роботи серця оживлюваного собаки. 1 — концентрація кальцію, 2 — калію, 3 — натрію в *мекв/л*. Ліва частина шкали по вертикалі — для кальцію і калію, права — для натрію.

чергу зумовлено тим, що відновлення дихання, яке було обране нами як орієнтир для забору проб, відбувалося швидше після коротких строків смерті.

Співвідношення натрію до калію під час відновлення дихання нормалізується статистично достовірно в порівнянні з показниками під час смерті ($p < 0,01$) з $20,30 \pm 10,55$ до $39,68 \pm 1,93$.

Значний інтерес становить те, що відновлення співвідношення натрію до калію в плазмі крові після 25—29-хвилинної смерті відбувалося в такій же мірі, як і після 15—16-хвилинної смерті, в деяких випадках перевершуючи їх за швидкістю і повнотою відновлення. Це зумовлено тією ж причиною, що і при відновленні співвідношення калію до кальцію в плазмі крові.

Співвідношення натрію до калію в еритроцитах у процесі оживлення, як і під час смерті, не зазнавало істотних змін.

Процес оживлення з допомогою організму донора-парабіонта приводить до швидкого відновлення найбільш серйозних порушень електролітного складу крові. Наприклад, вміст іонів калію в плазмі крові через 1—3 хв після відновлення дихання знижується з $11,74 \pm 2,17$ *мекв/л*, під час смерті до $4,13 \pm 0,17$ ($p < 0,01$) і на цей час лише незначно перевищує вихідні дані ($3,65 \pm 0,08$). Ще більше знижується цей показник у період після відновлення роботи серця, однак при цьому відзначаються його значні коливання ($3,65 \pm 1,43$ при $3,65 \pm 0,08$ у вихідному стані).

Зміни вмісту іонів кальцію і натрію в крові в період після відновлення дихання і роботи серця такі ж незначні, як і під час смерті.

Не вдалося виявити іонів калію і натрію в

Особливий інтерес в процесі оживлення

Організм донора-парабіонта нормалізуючий, са-
позначається на вмісті іонів калію в еритроцитах. Ця тенденція зберігається в період оживлення.

Дуже цікаво, що в обох собак, спостерігаючи за змінами вмісту калію в крові оживлюваного собаки, роль організму донора-парабіонта виявити не вдалося.

В плазмі крові донора-парабіонта вірне ($p < 0,001$) зниження вмісту калію в період відновлення дихання до $4,66 \pm 0,01$ у вихідному стані оживлюваного собаки. Ця тенденція до підвищення вмісту калію в еритроцитах.

Інших помітних змін вмісту калію в еритроцитах виявити не вдалося.

1. Найбільш серйозні порушення спостерігаються у вмісті калію в плазмі крові з 3.

2. Збільшення вмісту калію в еритроцитах оживлюваного собаки.

3. В плазмі крові донора-парабіонта спостерігається зниження концентрації калію до $4,66 \pm 0,01$ *мекв/л*, незважаючи на активну роль донора-парабіонта в оживленні собаки і наявність гіперкalemії.

4. У плазмі крові донора-парабіонта спостерігається зниження вмісту калію до $4,66 \pm 0,01$ *мекв/л*.

5. Донорський метаболізм є ефективним засобом лікування гіперкalemії іонів калію в організмі донора-парабіонта.

1. Адаменко М. П. — Фізіологія тварин.
2. Аничков С. В., Беркутов А. Н., Кузнецов А. А., Казин Э. М. — Булл. экзп. биол. мед.
3. Беркутов А. Н., Кузнецов А. А., Казин Э. М. — Булл. экзп. биол. мед.
4. Казин Э. М. — Булл. экзп. биол. мед.
5. Калайджян А. А., Казин Э. М. — Булл. экзп. биол. мед.
6. Карабаева С. И., Казин Э. М. — Булл. экзп. биол. мед.
7. Колганова Н. С. — Булл. экзп. биол. мед.

ерті пов-
азниках
ому ви-
влення,
и крові
в свою

Не вдалося виявити статистично достовірних змін концентрації іонів калію і натрію в еритроцитах на протязі всього досліду.

Особливий інтерес становлять зміни іонного складу крові донора в процесі оживлення померлого організму (рис. 3).

Організм донора-парабіонта, вплив якого на оживлюваний організм нормалізуючий, сам зазнає негативного впливу. Це, насамперед, позначається на вмісті в плазмі крові донора іонів калію. Так, на перших етапах оживлення їх концентрація статистично достовірно знижується з $3,75 \pm 0,04$ мекв/л у вихідному стані до $3,52 \pm 0,10$ ($p < 0,05$). Ця тенденція зберігається і в більш пізні періоди досліду.

Дуже цікаво, що це зниження, незважаючи на спільний кровообіг обох собак, спостерігається паралельно з підвищенням вмістом іонів калію в крові оживлюваного собаки, що яскраво ілюструє активну роль організму донора в нормалізації внутрішнього середовища оживлюваного собаки.

В плазмі крові донора спостерігається також статистично достовірне ($p < 0,001$) зниження кількості іонів кальцію до $4,01 \pm 0,02$ мекв/л в період відновлення дихання у оживлюваного собаки в порівнянні з $4,66 \pm 0,01$ у вихідному стані. Однак після відновлення роботи серця оживлюваного собаки вміст кальцію в плазмі крові донора набуває тенденції до підвищення. Підвищується також у цей час і концентрація калію в еритроцитах донора.

Інших помітних змін концентрації електролітів у крові донора нам виявити не вдалося.

Висновки

1. Найбільш серйозні зміни вмісту електролітів під час смерті спостерігаються у вигляді значного збільшення концентрації іонів калію в плазмі крові з $3,65 \pm 0,08$ до $11,74 \pm 2,17$ мекв/л.

2. Збільшення вмісту іонів калію в плазмі крові без змін їх концентрації в еритроцитах дає підставу твердити про порушення проникності клітинних мембран під час смерті.

3. В плазмі крові донора-парабіонта під час досліду спостерігається зниження концентрації іонів калію з $3,75 \pm 0,04$ до $3,46 \pm 0,13$ мекв/л, незважаючи на підвищену кількість іонів калію в плазмі оживлюваного собаки і спільний кровообіг обох собак. Це свідчить про активну роль донора у відновленні гомеостазу оживлюваного собаки і наявність гіперкомпенсації з боку донора.

4. У плазмі крові донора-парабіонта відзначається зниження кількості іонів кальцію з $4,66 \pm 0,01$ до $4,01 \pm 0,02$ мекв/л.

5. Донорський метод оживлення померлого організму є найбільш ефективним засобом ліквідації в короткий строк порушень у вмісті іонів калію в організмі після тривалих строків смерті.

Література

1. Адаменко М. П.— Фізіол. журн. АН УРСР, 1961, VII, 4, 563.
2. Аничков С. В., Беленький М. Л.— Учебник фармакол., М., 1955.
3. Беркутов А. Н., Кузьмин А. Н.— В кн.: Обезболив. и реаним. в условиях клиники и скорой помощи, К., 1966, 22.
4. Казин Э. М.— Бюлл. exper. биол. и мед., 1964, 54, 9, 66.
5. Калайджян А. А., Асланян Л. Н., Семерджян В. В.— В кн.: Вопросы недостат. миокарда и патол. кровообр., Ереван, 1965, 91.
6. Карабаева С. И., Федорова Э. И.— В кн.: Матер. III конфер. физиол. Средней Азии и Казахстана, Душанбе, 1966, 189.
7. Колганова Н. С.— Пробл. гематол. и перелив. крови, 1968, 9, 27.

ролі-
с до-

і від-
аного
и ро-
баки.
— ка-
Ліва
для
на-

нами
ютких

и нор-
и під

нат-
бува-
х ви-
с. Це
я ка-

жив-

при-
елек-
крові
74±
ише
ться
цьо-
08 у

нов-
ерті.

8. Маркосян А. А.—В сб.: Матер. I Всес. конфер. по гепарину, Л., «Наука», 1969, 6.
9. Межебовский Р. Г.—Тер. архив, 1963, 8, 68.
10. Мейлунас М. М., Дыскин А. А.—Военно-мед. журн., 1966, 9, 77.
11. Кузьмина Ф. В., Мейлунас И. М., Цыбуляк Г. Н., Егурнов Н. И., Неверов А. А.—Вестник хирургии им. Грекова, 1968, 101, 7, 118.
12. Петров И. Р., Васадзе Г. Ш.—Необратимые изменения при шоке и кровопотере, Л., 1966.
13. Погосова А. В., Короткина Р. Н., Черняк В. А.—Патол. физиол. и экспер. терапия, 1970, 5, 28.
14. Саркисян А. А., Хачатрян С. А., Бархударян Л. Х.—В сб.: Тез. докл. III Всес. конфер. патофизиол., М., 1960, 146.
15. Шуматова Е. Н., Калинина Н. М.—В кн.: Вопросы клинич. анестезиол. и реаним., Горький, 1968, 24, 231.
16. Эпштейн Я. А.—Распределение электролитов в живом организме, Сталинград, 1957.
17. Henry M.—Comp. rend. Soc. Biol., 1957, 151, 2, 325.
18. Houssay B., Marenzi A., Gerschman R.—Comp. Rend. des Seances de la Societe de Biologie, 1937, 124, 384.

Надійшла до редакції
2.VIII 1971 р.

CHANGES IN BLOOD ION CONTENT DURING LONG CLINICAL DEATH AND SUBSEQUENT REANIMATION OF DOGS BY MEANS OF THE DONOR METHOD

N. P. Adamenko, N. V. Makarenko

Department of Hypoxic States, the A. A. Bogomoletz Institute of Physiology,
Academy of Sciences, Ukrainian SSR, Kiev

Summary

The research was carried out on 13 dogs killed with electric current and then reanimated after the 15—29 min death. Reanimation was performed by the donor method. The most serious changes of electrolytes in the blood pumped out from the organism were found in potassium from 9.65 ± 0.8 to 11.74 ± 2.17 meq/l ($p < 0.01$). 7—20 min after reanimation beginning potassium content decreased to 4.13 ± 0.17 meq/l ($p < 0.01$), and by the end of the experiment, to 3.65 ± 1.43 meq/l. Considerable disturbances during death in the ratio between separate cations also approach the initial quantities in the process of reanimation. Organism of donor-parabiont, producing a normalizing effect on the organism being reanimated, suffers itself some negative effect from the latter.

The donor method is an effective means to liquidate for a short time serious disturbances in electrolytic composition of a dying organism.

ПРО ГЕМОДИ СИНОКАРОТИДНО

М.

Відділ фізіології кровообігу
Київ; кафедра фізіології і

Одним з найбільш
жається проблема ре
роки завдяки вдоскона
стеми одержано нові д
регуляції апарата кро
відповідей серцево-суд
торних зон, що належ
шляхів. Результати до
бульбарним аферентни
монографій [13—16, 23]
лексів з цих зон, досі
Грунтовні дослідження
передбачають, поряд з
хових рефлексів, тако
гемодинаміки.

Процес формуванн
тиску при виключенні
видах тварин (собака
наркозом. Шарліє та і
у собак виявили збільш
користувались тією ж
ного об'єму крові при
зен та ін. [26] відзнач
шення серцевого викид
сі. Лакруа [25] вважає
сорному синокаротидно
ру. Результати дослід
свідчать про те, що пр
ряд з підвищенням си
ритму серця, відзнача
ві. У дослідях на соба
відзначено істотних зм
ротидної рефлексогенн
ням обох загальних со
сновок про те, що «...с
відіграє значної ролі

В експериментах н
при пресорному синока
3. Фізіологічний журнал №