

pancreatitis and the relative level of more long chain and more unsaturated derivatives of linoleic and linolenic acids increases in the liver of rabbits with acute arginine pancreatitis corrected by using of the linseed oil.

**Key words:** rabbits, pancreatitis, correction, blood, liver, skeletal muscles, triacylglycerol, fatty acid composition.

Стаття надійшла до редколегії  
23.05.2013 р.

УДК 612.766.1:577.353

**Елена Иванченко,  
Эммануил Сливко**

### **Динамика Н-рефлекса камбаловидной мышцы человека в премоторном периоде произвольного сгибания контралатерального коленного сустава**

Изучали изменения амплитуды Н-рефлекса камбаловидной мышцы здоровых людей в премоторном периоде произвольного сгибания контралатеральной конечности в коленном суставе. Показано, что за 30 мс до начала движения возникало облегчение исследуемого рефлекса, когда испытуемые находились в положении лёжа. Если они стояли, за 120 мс до сгибания наблюдалось торможение Н-рефлекса мышцы. Предполагается зависимость характера предваряющих движения постуральных перестроек от выполнения конечностями опорной функции.

**Ключевые слова:** Н-рефлекс, электромиография, произвольные движения, контралатеральная конечность, премоторный период.

**Постановка научной проблемы и её значение.** Известно, что в премоторном периоде каждого произвольного движения, то есть непосредственно перед его началом, происходят сложные изменения функционального состояния центральной нервной системы, которые направлены на формирование и оптимизацию предстоящего двигательного акта. Показано, что необходимым звеном его реализации являются предваряющие постуральные перестройки, или изменения мышечного тонуса, которые служат для сохранения равновесия тела и его положения в пространстве [1; 2]. Раскрытие их нейрофизиологических механизмов служит актуальной научной проблемой, решение которой имеет фундаментальное значение для физиологии произвольных движений и может найти практическое применение в физиологии труда и спорта, неврологии и некоторых других областях биологии и медицины.

**Анализ исследований данной проблемы.** Исследование сдвигов функционального состояния нейронных цепей спинного мозга в премоторном периоде произвольных движений с помощью метода Н-рефлексометрии показало, что за несколько десятков миллисекунд до начала подошвенного сгибания стопы у испытуемых, которые во время эксперимента находились в положении сидя, происходило облегчение Н-рефлекса камбаловидной мышцы ипсилатеральной и контралатеральной конечности [3; 4]. В то же время тыльное сгибание ипсилатеральной нижней конечности вызывало предваряющее торможение Н-рефлекса камбаловидной мышцы [5; 6]. В наших исследованиях [7] такое же движение контралатеральной стопы приводило к облегчению рефлекторного ответа указанной мышцы, а подошвенное сгибание – к торможению, если испытуемые находились в положении стоя, и оба движения вызвали облегчение Н-рефлекса, когда конечность не осуществляла опорной функции (положение лёжа). Следовательно, характер его изменений определялся особенностями афферентной информации, которая поступала в спинной мозг в каждом эксперименте от рецепторов кожи, мышц и вестибулярного аппарата [8–10]. Однако осталось не ясным, описанные изменения Н-рефлекса специфичны для премоторного периода произвольных движений голеностопного сустава или подобные изменения могут наблюдаться и при других движениях нижней конечности.

**Цель работы** – определить характер предваряющих изменений Н-рефлекса камбаловидной мышцы при произвольных движениях контралатерального коленного сустава в условиях, когда конечность выполняет опорную функцию (положение стоя) и не выполняет её (положение лёжа).

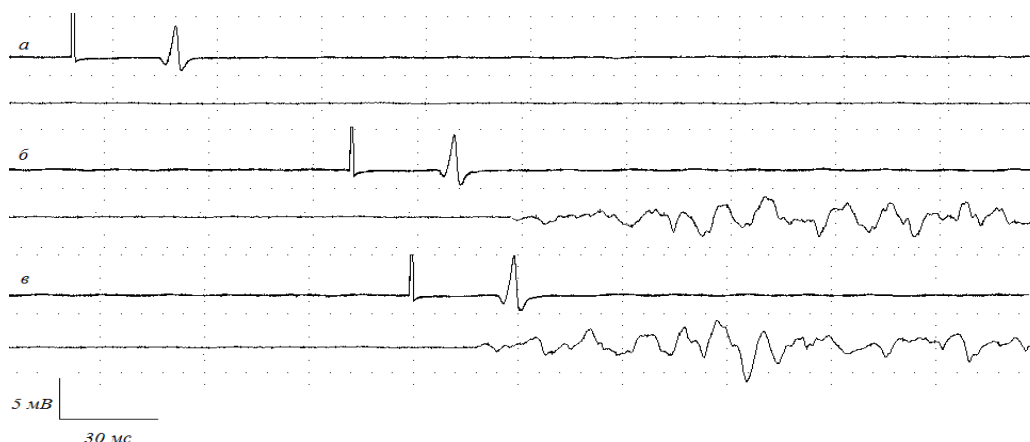
**Материалы и методы.** Исследования проведены на 12 испытуемых-добровольцах, давших информированное согласие на участие в эксперименте. Опыты проводили, когда испытуемые находились в положении лёжа на животе со свободно свисающими стопами либо стоя. Н-рефлекс камбаловидной мышцы (тестируемый рефлекс) вызывали посредством чрезкожной стимуляции большеберцового нерва прямоугольными электрическими импульсами длительностью 1мс и отводили с помощью биполярного электрода, изготовленного из серебра. Такой же электрод были расположен на двуглавой мышце контралатеральной конечности для отведения её электромиограммы (ЭМГ), первые осцилляции которой служили показателем начала произвольного (кондиционирующего) движения. Биопотенциалы после усиления подавали на входы каналов цифрового электронного осциллографа Handscope HS3, соединённого с персональным компьютером. Амплитуду Н-рефлекса камбаловидной мышцы измеряли между максимальными положительным и отрицательным отклонениями от нулевой линии.

Каждый испытуемый по световому сигналу осуществлял произвольное сгибание коленного сустава контралатеральной конечности. Тестируемые Н-рефлексы камбаловидной мышцы вызывали через различные интервалы времени после светового сигнала, которые перекрывали всю продолжительность премоторного периода кондиционирующего движения. Амплитуду Н-рефлексов, зарегистрированных в условиях такого кондиционирования, выражали относительно контроля, которым служила средняя амплитуда Н-рефлексов, полученных без контралатерального движения.

Премоторный период кондиционирующего движения был разделён на несколько интервалов, в каждом из которых определяли среднюю величину Н-рефлекса, выраженную в % относительно контроля, и ошибки средних. Достоверность изменений амплитуды Н-рефлекса оценивали, используя непараметрический критерий Манна-Уитни.

**Изложение основного материала и обоснование полученных результатов исследования.** Результаты наших исследований показали, что, когда испытуемые находились в положении лёжа, примерно за 30 мс перед произвольным сгибанием контралатерального коленного сустава возникало облегчение тестируемого Н-рефлекса. На рис. 1 приведены результаты одного из опытов, демонстрирующих такое облегчение. В одной из проб (а) регистрировали Н-рефлекс камбаловидной мышцы в контроле, в двух других (б и в) – за 53 мс и 15 мс до начала кондиционирующего движения в коленном суставе. Амплитуда Н-рефлексов камбаловидной мышцы в этих пробах составила, соответственно, 112 % и 130 % контрольной величины.

На рис. 2 представлены усреднённые результаты всех опытов серии, в которой испытуемые находились в положении лёжа ( $n = 7$ ). Амплитуда Н-рефлекса камбаловидной мышцы в интервале 90–60 мс до начала произвольного сгибания контралатеральной конечности в коленном суставе составила  $98 \pm 3$  % контроля, за 60–30 мс равна  $104 \pm 3$  % его величины. Но уже за 30 мс до начала осцилляций ЭМГ и на их фоне относительная величина Н-рефлекса составила, соответственно,  $114 \pm 5$  % и  $123 \pm 7$  %, что указывало на облегчение исследуемого рефлекторного ответа.



**Рис. 1.** Изменения Н-рефлекса камбаловидной мышцы, предваряющие произвольное сгибание контралатеральной конечности в коленном суставе (положение лёжа)

а–в – результаты трёх проб одного опыта серии. Верхняя кривая в каждой пробе – осциллограмма тестируемого Н-рефлекса, нижняя – ЭМГ, отводимая от контралатеральной двуглавой мышцы бедра.

Иные результаты наблюдались в серии опытов, в которых испытуемые находились в положении стоя. Установили, что кондиционирующее движение коленного сустава в таких условиях вызывало предваряющее торможение тестируемого Н-рефлекса (рис. 3). Длительность указанного торможения достигала 120 мс. На рис. 3 представлены результаты трёх проб типичного опыта данной серии. В первой из них (а) регистрировали контрольный Н-рефлекс, а в последующих (б и в) – за 57 мс и 23 мс до начала движения в коленном суставе контралатеральной конечности соответственно. В последних двух случаях Н-а-в – результаты трёх проб одного опыта серии. Верхняя кривая в каждой пробе – осциллограмма тестируемого Н-рефлекса, нижняя – ЭМГ, отводимая от контралатеральной двуглавой мышцы бедра.

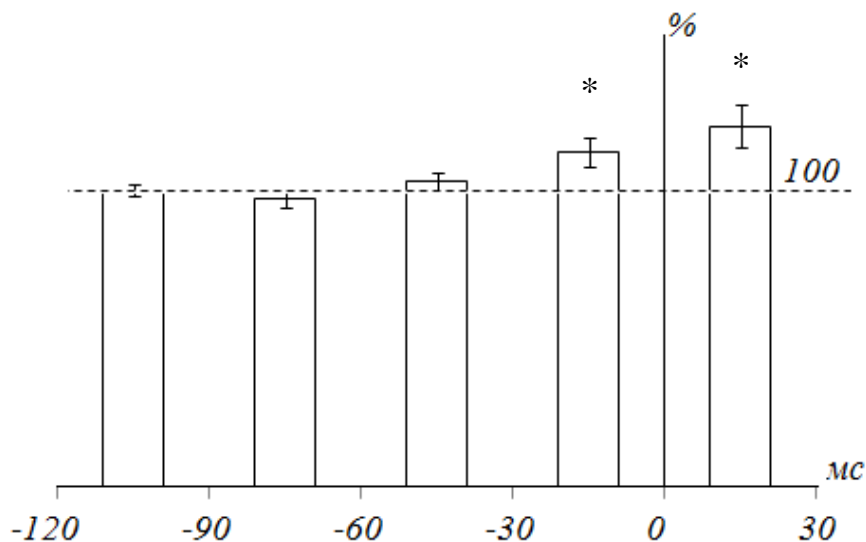


Рис. 2. Динамика Н-рефлекса камбаловидной мышцы в латентном периоде произвольного сгибания контралатерального коленного сустава (положение лёжа)

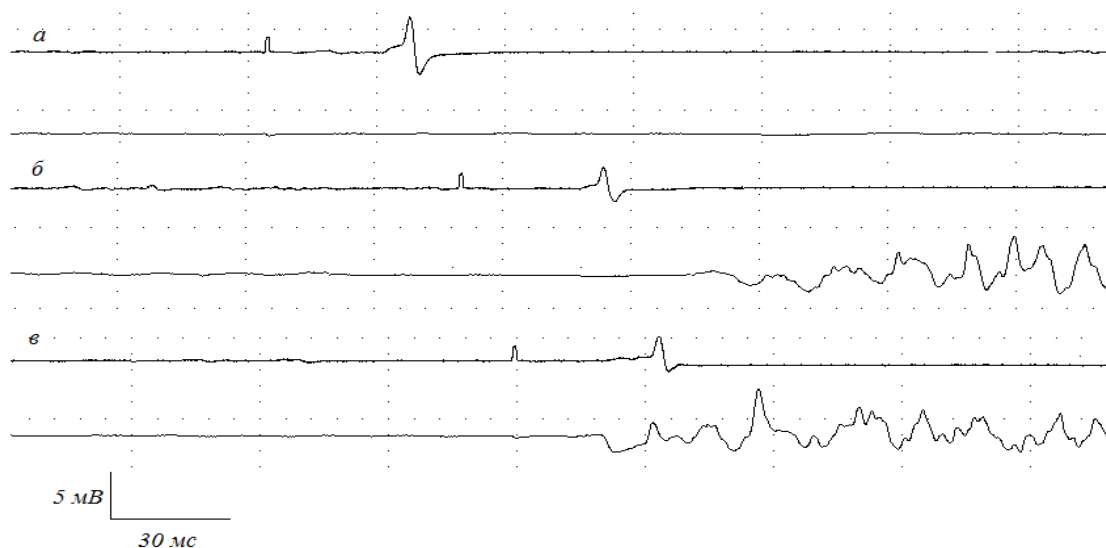
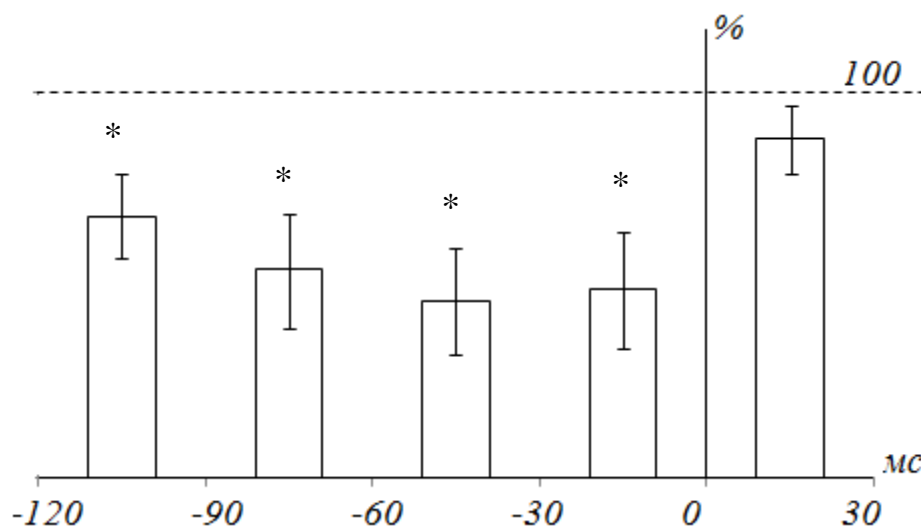


Рис. 3. Изменения Н-рефлекса камбаловидной мышцы, предваряющие произвольное сгибание контралатеральной конечности в коленном суставе (положение стоя). Обозначения те же, что на рис. 1

По оси абсцисс – интервал времени до начала движения контралатеральной конечности, мс. По оси ординат – средняя величина Н-рефлекса, выраженная относительно контроля, %. Звёздочками обозначены достоверные изменения Н-рефлекса по непараметрическому статистическому критерию

Манна-Уитни рефлекс оказался уменьшенным до 64 % и 60 % контроля. Усредненные результаты пяти опытов данной серии представлены на рис. 4. Видно, что торможение Н-рефлекса камбаловидной мышцы возникало в интервале 90–120 мс до начала движения контралатеральной конечности. При этом средняя амплитуда тестируемого Н-рефлекса составила  $68 \pm 11\%$  контроля. В интервале 60–90 мс она уменьшалась до  $54 \pm 15\%$  контрольной величины и достигала минимального значения за 30–60 мс до начала кондиционирующего движения. В этот интервал времени амплитуда Н-рефлекса составила  $46 \pm 14\%$ . В последующий интервал премоторного периода кондиционирующего движения (от 30 мс до его начала) величина тестируемого рефлекса была равной  $49 \pm 15\%$  контроля, а на фоне двигательной реакции –  $88 \pm 9\%$  его значения.

Таким образом, результаты наших исследований свидетельствуют, что в премоторном периоде произвольного сгибания контралатеральной нижней конечности в коленном суставе возникали изменения амплитуды Н-рефлекса камбаловидной мышцы, подобные тем, которые ранее получены нами в опытах, в которых кондиционирующее движение осуществлялось голеностопным суставом [7]. При расслабленной тестируемой конечности, когда испытуемые находились в положении лёжа, наблюдалось облегчение Н-рефлекса камбаловидной мышцы, которое возникало за несколько десятков миллисекунд до начала кондиционирующего движения. Однако, если испытуемые находились в положении стоя, то есть опора на тестируемую нижнюю конечность сохранялась, при произвольном сгибании контралатерального коленного сустава возникало глубокое предваряющее торможение Н-рефлекса камбаловидной мышцы. Ранее оно продемонстрировано нами при подошвенном сгибании контралатеральной стопы, которое осуществлялось движениями голеностопного сустава [7].



**Рис. 4.** Динамика Н-рефлекса камбаловидной мышцы в латентном периоде произвольного сгибания в контралатеральном коленном суставе (вертикальное положение тела). Обозначения те же, что на рис. 2.

Известно, что изменения Н-рефлексов мышц нижних конечностей в премоторном периоде возникают под действием центральных моторных команд, которые обусловлены характером предстоящего движения [3; 6]. Результаты наших опытов свидетельствуют о том, что важную роль в их формировании играет также положение тела в пространстве и наличие либо отсутствие опорной функции нижних конечностей. Необходимо учитывать, что центральные команды формируются в условиях и под влиянием притока афферентных импульсов в нервную систему, источником которых служит афферентация от рецепторов кожи стоп, мышц нижних конечностей [8; 9] и вестибулярного аппарата [10]. Изменения Н-рефлекса камбаловидной мышцы в премоторном периоде предстоящего произвольного движения, очевидно, являются проявлением предваряющих постуральных перестроек, направленных на поддержание равновесия и сохранение позы.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** В премоторном периоде произвольного сгибания коленного сустава контралатеральной конечности возникают изменения амплитуды Н-рефлекса камбаловидной мышцы.

В отсутствие опоры на конечность, в горизонтальном положении тела, в премоторном периоде произвольного сгибания контралатерального коленного сустава происходит облегчение Н-рефлекса камбаловидной мышцы.

При осуществлении конечностью опорной функции, в вертикальном положении тела, в премоторном периоде произвольного сгибания контралатерального коленного сустава наблюдается торможение Н-рефлекса камбаловидной мышцы

Изменение Н-рефлекса камбаловидной мышцы в премоторном периоде произвольного сгибания контралатерального коленного сустава может быть проявлением предваряющих постральных перестроек.

В дальнейшем предполагается изучить физиологические механизмы изменений Н-рефлекса камбаловидной мышцы, предваряющих произвольное сгибание контралатерального коленного сустава.

#### *Источники и литература*

1. Cordo P. J. Motor coordination can be fully understood only by studying complex movements / P. J. Cordo, V. S. Gurfinkel // Prog. Brain Res. – 2004. – № 143. – P. 29–38.
2. Bouisset S. Posture, dynamic stability, and voluntary movement / S. Bouisset, M. C. Do // Neurophysiol. Clin. – 2008. – Vol. 38, № 6. – P. 345–362.
3. Eichenberger A. Relation between the specific H reflex facilitation preceding a voluntary movement and movement parameters in man / A. Eichenberger, D. G. Ruegg // J Physiol. – 1984. – № 347. – P. 545–559.
4. Geertsen S. S. Voluntary activation of ankle muscles is accompanied by subcortical facilitation of their antagonists / S. S. Geertsen, A. T. Zuur, J. B. Nielsen // J. Physiol. – 2010. – Vol. 588, Pt. 13. – P. 2391–2402.
5. Crone C. Spinal mechanisms in man contributing to reciprocal inhibition during voluntary dorsiflexion of the foot / C. Crone, J. Nielsen // J Physiol. – 1989. – № 416. – P. 255–272.
6. Kasai T. Antagonist inhibition during rest and precontraction / T. Kasai, T. Komiyama // Electroencephal. Clin. Neurophysiol. – 1991. – Vol. 81, № 6. – P. 427–432.
7. Иванченко Е. З. Изменения Н – рефлекса камбаловидной мышцы, предшествующие произвольным движениям контралатеральной нижней конечности / Е. З. Иванченко, Э. И. Сливко // Нейрофизиол./ Neurophysiol. – 2011. – Т. 43, № 2. – С. 146–152.
8. Ruget H. Can prepared anticipatory postural adjustments be updated by proprioception? / H. Ruget, J. Blouin, N. Teasdale [et al.] // Neurosci. – 2008. – Vol. 155, № 3. – P. 640–648.
9. Lin S. I. Effect of plantar desensitization on postural adjustments prior to step initiation / S. I. Lin, W. C. Yang // Gait Posture. – 2011. – Vol. 34, № 4. – P. 451–456.
10. Shimba S. Enhanced stretch reflex excitability in the soleus muscle during passive standing posture in human / S. Shimba, N. Kawashima, Y. Ohta [et al.] // J. Electromyogr. Kinesiol. – 2010. – Vol. 20, № 3. – P. 406–412.

**Иванченко Елена, Сливко Емануїл. Динаміка Н-рефлексу камбалоподібного м'яза людини в премоторному періоді довільного згинання контр-алатерального колінного суглоба.** В електронейрофізичних дослідженнях на здорових людях вивчали зміни амплітуди Н-рефлексу камбалоподібного м'яза в латентному періоді довільного згинання контр-алатеральної нижньої кінцівки в колінному суглобі. Вивчали ефекти вказаного кондиціонуючого руху, коли піддослідні перебували в положенні лежачи й стоячи. Показано, що в положенні людей лежачи за 30 мс до початку руху та на його тлі виникало полегшення Н-рефлексу камбалоподібного м'яза. Коли піддослідні перебували в положенні стоячи, згинанню в колінному суглобі, навпроти, передувало гальмування тестованої рефлекторної відповіді, яке починалося за 120 мс до початку руху контр-алатеральної кінцівки й досягало максимального прояву за 60–30 мс до його здійснення. Отримані данні свідчать, що характер змін Н-відповіді камбалоподібного м'яза в латентному періоді довільного згинання контр-алатеральної нижньої кінцівки в колінному суглобі, а, отже, і характер випереджуючих довільні рухи постральних перебудов може залежати від здійснення кінцівками опорної функції.

**Ключові слова:** Н-рефлекс, електроміографія, довільні рухи, контр-алатеральна кінцівка, премоторний період.

**Ivanchenko Elena, Slivko Emanuel. The Dynamics of the Soleus H-reflex in Humans Within the Premotor Period of the Voluntary Contralateral Knee Flexion.** In electrophysiological researches on healthy people the amplitude changes of soleus H-reflex were investigated in latent period of voluntary knee flexion of contralateral lower extremity. We studied the effects of conditional movement when subjects were in the lying or in the standing position. Shown that in the lying position the facilitation of soleus H-reflex occurred for 30 ms before the start of movement and on its background. When the subjects were in a standing position, contralateral knee flexion was preceded by inhibition of tested reflex response, which began for 120 ms before the movement contralateral limb and reached maximum display for 60–30 ms to its performance. The obtained data suggest that the character of soleus H-reflex changes in

latent period of voluntary knee flexion of contralateral lower extremity and, consequently, the nature of anticipatory postural alterations which preceding voluntary movements may depend on the implementation by extremity of the supporting function.

**Key word:** H-reflex, voluntary movements, contralateral limb, premotor period.

Стаття надійшла до редколегії  
20.05.2013 р.

УДК: 577.353.9:616.74 – 009.1

Катерина Іванська,  
Олександр Мотузюк,  
Ірина Міщенко

### Цитоархітектоніка префронтальної кори щурів, які зазнали впливу холодового стресу

Досліджено цитоархітектоніку префронтальної кори щура після дії холодового стресу за допомогою загальноприйнятих гістологічних методів. У всіх ділянках префронтальної кори нейрони, різні за будовою і функціональним значенням, утворюють шість шарів. Цингулярна кора стресованих тварин є тоншою, характеризується менш вираженою стратифікацією. Щільність розташування нейронів експериментальної групи зростає, а об'єм їх ядер зменшується, що вказує на негативну дію холодового стресу. Щільність клітин у порівнюваних шарах прелімічної кори експериментальної групи зменшилася. Порівняно з контрольною групою інфралімічна (IL) кора стресованих тварин характеризується зменшенням товщини та найгірше вираженою стратифікацією на шари.

**Ключові слова:** цингулярна кора, прелімічна кора, інфралімічна кора, холодний стрес.

**Постановка наукової проблеми та її значення.** Незважаючи на своє короткочасне адаптивне значення, стрес може призвести до негативних наслідків через зміни морфофункціональних особливостей певних структур [6]. Вищим відділом ЦНС є кора великого мозку. Вона забезпечує досконалу організацію поведінки тварин на основі вроджених і набутих в онтогенезі функцій.

Префронтальна кора включає дорсолатеральну префронтальну зону, медіальну префронтальну зону й орбітофронтальну зону лобної частки [5]. Важливою ділянкою відповідей на стресові ситуації є медіальна префронтальна кора, яка може асоціювати безліч функцій: процеси уваги, вісцеромоторної діяльності, процеси прийняття рішень, поведінки і робочої пам'яті.

Навіть помірний стрес може впливати на цитоархітектоніку префронтальної кори. Медіальна префронтальна кора є мішенню для глюкокортикоїдів, демонструє нейрохімічні зміни у відповідь на стрес, а саме характеризується змінами в дендритах пірамідних нейронів. Також прослідковуються зміни об'єму нейронів та їх структур [7]. Незважаючи на велику значимість досліджуваної тематики, зміни цитоархітектоніки префронтальної кори щурів, які зазнали впливу холодового стресу, вивчені недостатньо.

**Матеріали та методи.** Дослідження проводилися на десяти статевозрілих самцях білих щурів лінії Вістар масою 200–250 г. Тварин було розподілено на дві групи: експериментальну та контрольну, по п'ять особин. Контрольна група утримувалася у звичайних віварних умовах, а експериментальна піддавалася впливові хронічного холодового стресу.

Холодовий стрес лабораторних щурів здійснювався через загальне охолодження тварин у водній бані за температури +4 С протягом 1 години 18 днів. Після експерименту тварин забивали декапітацією та відбирали для досліджень головний мозок, який фіксували у 7 % формаліні.

Зневоднення матеріалу, заливку в парафін (Histomix®) проводили відповідно до стандартних методів дослідження [1].

Парафінові зрізи товщиною 10–15 мкм зафарбовували розчином гематоксилін-еозину за класичним методом Ф. Після та заливали в канадський бальзам.