

За своїми біологічними особливостями *Tortula muralis* Hedw. є однодомним видом. У різних місцезростаннях зафіксовано життєву форму виду: дернинка щільна до подушкоподібної.

Морфобіологічні особливості моху: дернинки дрібні або більші, щільні, подушкоподібні, сизувато-зелені. Стебло розгалужене, з центральним пучком, в основі з ризоїдами, до 1,5 см. заввишки. Листки видовжено-язикоподібні до шпательоподібних, тупі, з добре відгорнутими краями, по краю завжди з одношаровою жовтуватою облямівкою. Жилка виступає у вигляді довгого, гладенького, безбарвного або жовтуватого волоска, на спинці густопапілозна. Клітини листка вгорі округло-квадратні, дрібні, з обох боків дуже папілозні, посередині листка дуже папілозні з обох боків, в основі листка прямокутні, тонкостінні, гладенькі, безбарвні. Коробочка прямостояча, видовжено-циліндрична, злегка зігнута, на червонуватій ніжці. Зубці перистома жовті або блідо-червоні, 2-3 рази завиті. Спори 7-15 мкм., жовті, гладенькі [Бойко М.Ф., Лазаренко А. С.].

Отже, дослідження показали, що мох *Tortula muralis* Hedw. є антропофільним та урбанопільним видом, який досить добре себе почуває в міському середовищі, завдяки ряду специфічних пристосувань.

#### Список використаних джерел:

1. Бойко М.Ф. Мохоподібні степової зони України. – Херсон: Айлант, 2009. – 264 с.
2. Бойко М.Ф. Типы жизненных стратегий мхов степной зоны // Ботанический журнал. – 1990. – 75(12). – С. 1681–1689.
3. Гапон С.В. Огляд класифікаційних схем мохової рослинності Західної та Центральної Європи // Чорноморськ. бот. ж. – 2013. – 9(1). – С. 89–97.
4. Лазаренко А. С. Определитель листовых мхов Украины. – Киев: Изд-во АН УССР, 1955. – 466 с.
5. Лобачевська О.В. Мохоподібні як модель дослідження екофізіологічної адаптації до умов природного середовища // Чорноморськ. бот. ж. – 2013. – 10 (1). – С. 48–60.

**Третяк Н.В.**

студентка,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЕКЦІЙНИХ НЕЙРОНІВ ПЕРШОЇ ПЛАСТИНИ СПИННОГО МОЗКУ ЗА УМОВ ПОШКОДЖЕННЯ СІДНИЧНОГО НЕРВУ

Біль – своєрідне неприємне відчуття, відповідь на яке характеризується певною емоційною реакцією, рефлекторними змінами функцій внутрішніх органів, руховими та вольовими рефлексимами, спрямованими на позбавлення від больового фактору.

Згідно з теорією «ворітного контролю» (ТВК), у спинному мозку існує механізм, який певним чином контролює біль. Своєрідні «ворота» до центральної нервової системи (ЦНС) – фільтр – відкриваються або закриваються, залежно від того, як співвідноситься між собою активність в аферентних волокнах великого і малого діаметрів. Потік больових імпульсів рухається волокнами до спинного мозку, а згодом до головного (таламуса), пригнічуючи ворітний гальмівний механізм. Таким чином, кількість ноцицептивних сигналів до ЦНС зростає, а біль стає сильнішим.

Важливою складовою обробки болю вважається пластина I спинного мозку. Тут розташована вище описана схема – складний закритий контур. Саме в цій ділянці здійснюється передача первинних аферентних сигналів до конкретних ділянок стовбура мозку і таламуса. Лише 5% площі пластини займають проєкційні нейрони, решту – інтернейрони різноманітної морфології та хімічного складу [1, 2]. Нейрони пластини I характеризуються різними типами активності [3], які визначають процес перетворення синаптичного збудження в послідовність потенціалів дій [4].

Збуджуючі первинні аферентні нейрони спинного кореня й трійчастого вузла транспортують сенсорну інформацію отриману від шкіряного покриву, м'язів, суглобів та внутрішніх органів до спинного мозку і його трійчастого гомолога в стовбурі мозку, відповідно. Зчитана інформація з цих ділянок надсилається до головного мозку, де контролюється сприйняття болю або свербіжу.

Не менш важливим є електрофізіологічні властивості нейронів. Для якісної класифікації варто виділити стаціонарний патерн від перехідної фази ініціації (початкової частини патерну, що виникає одразу після початку імпульсу деполяризації). Варто відокремити три патерни ініціації: потенціали дії (ПД), коли ініціювання не відокремлюється від решти патерну; ініціально-розривні – при реакції нейрона з суттєво більшою частотою ПД в фазу ініціації; нейрони з затримкою (активність нейрона починається не відразу).

Після фази ініціації нейрон демонструє стійкий стан активності, який має основних типи патерну: тонічні (регулярно розподілена ПД); адаптаційні (поступово зростаючі інтервали між ПД); розривні (регулярним чергуванням коротких і довгих інтервалів) [5]. Кожен з цих типів характеризується певними ознаками щодо інтенсивності, тривалості, сили аферентного збудження.

Щури лінії Wistar використовувалися протягом дослідження. Для виявлення проєкційних нейронів вводився 200-300 нл флуоресцентного барвника fluogold (2%) в праву латеральну парабрахіальну область. Через 3-5 днів шляхом вилучення спинного мозку з хребтового каналу та очищення від твердої мозкової оболонки були отримані препарати, а саме м'яка мозкова оболонка в області, що представляє інтерес.

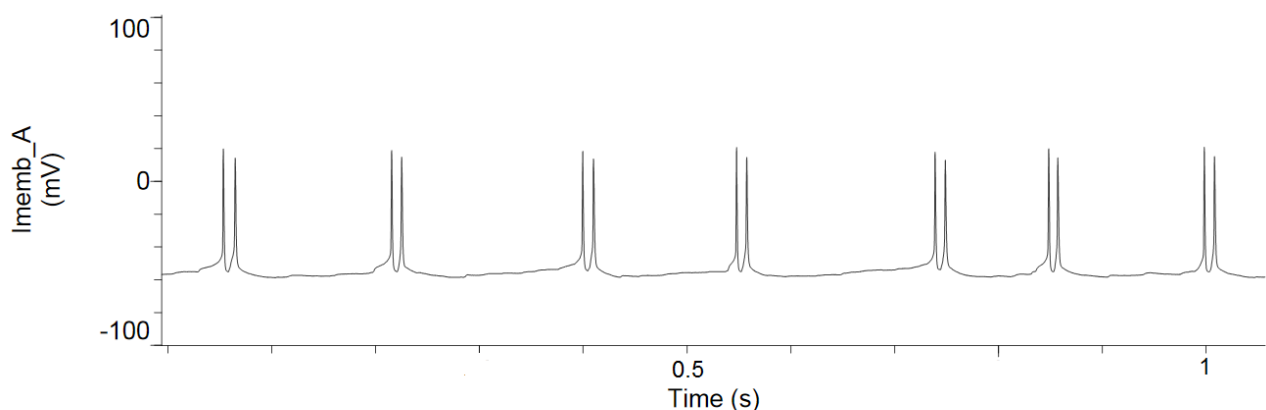
Для провокування одностороннього периферичного запалення і ноцицептивної гіперчутливості в щурів, 100 мл повного ад'юванта Фрейнда (CFA, *Mycobacterium tuberculosis*), суспендованого в масло-сольовій (1:1) емульсії, було ін'єктовано підшкірно. Електрофізіологічні дослідження були проведені через добу після ін'єкції, в момент стійкого запального болю [7].

Робота з нейронами пластини I була здійснена через неушкоджену білу речовину мозку в області між дорсолатеральним канатиком і зоною входу дорсального корінця. Візуалізація клітин проводилася за допомогою інфрачервоного діодного підсвічування, а ідентифікація ретроградно маркованих нейронів пластини I за допомогою флуоресцентного методу. Запис активності нейронів був зроблений методом patch-clamp.

Досліджені проєкційні нейрони були класифіковані відповідно до їхніх патернів, які виникали у відповідь на серію імпульсів струму тривалістю 500 мс. Гіперполяризаційний струм амплітудою -20 мкА вводили в досліджувані клітини в режимі current-clamp за конфігурації whole-cell з подальшою серією поступово зростаючих деполяризуючих струмів однакової тривалості. Також протягом 3 хв записувалась спонтанна активність клітин без введення імпульсів струму в режимі current-clamp [6].

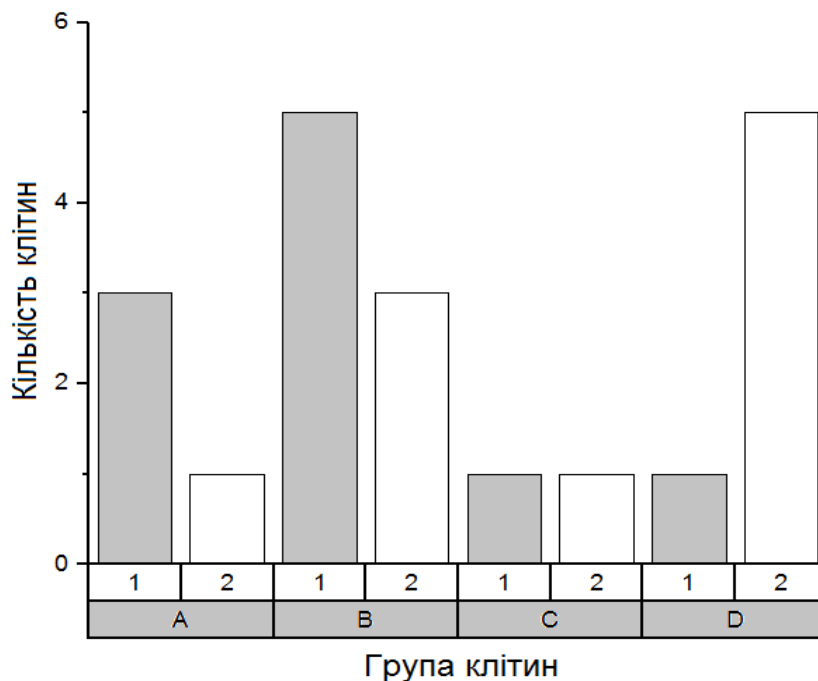
Всі досліджені нейрони контрольної групи (n=10) виявили тонічний тип активності та були визначені як ті, які в змозі підтримувати безперервну генерацію потенціалів дії і збільшувати їх частоту зі зростанням інтенсивності деполяризуючого струму [7].

Був визначений тип активності проєкційних нейронів (n=10) у щурів дослідної групи з виробленим запаленням в режимі current-clamp з введенням гіперполяризуючого та серії деполяризуючих стимулів. Для всіх нейронів був характерний тонічний тип активності, як і для нейронів тварин контрольної групи. Але при фіксації мембранного потенціалу на -70мВ, в двох клітин спостерігався адаптаційний тип патерну. Також був досліджений тип спонтанної активності без введення імпульсів струму в клітину. За типом спонтанної активності всі клітини (n=10) були розподілені на нейрони з тонічним (n=1), нерегулярним (n=3), мовчазним (n=1) та розривним (n=5) типом патерну. В двох клітин спостерігався особливий різновид розривного типу активності – дуплети, які не були виявлені в контрольній групі.



**Рис. 1. Приклад розривного типу активності з дуплетами, без введення імпульсу**

*Джерело: розроблено авторами*



**Рис. 2. Спонтанна активність проєкційних нейронів у тварин контрольної групи (1) та з індукованим запаленням (2). А – тонічний, В – нерегулярний, С – мовчазний, D – розривний типи спонтанної активності**

*Джерело: розроблено авторами*

Таким чином, для групи щурів з запаленням була характерна наявність нейронів з такими ж чотирма типами патерну як і в контролі, але збільшилась кількість клітин з розривним типом активності. Особливістю була наявність клітин з таким різновидом розривного типу патерну, як дуплети.

Виконана робота є суттєвим підґрунтям для подальшого дослідження болю, оскільки інформація про властивості проєкційних нейронів пластинки I є ключовою для розуміння процесу кодування ноцицептивної інформації для передачі в мозок сприяння центральній сенсibiliзації і хронічному болю.

### Список використаних джерел:

1. Spike, R.C. A quantitative and morphological study of projection neurons in lamina I of the rat lumbar spinal cord / R.C. Spike [et al.] // Eur. J. Neurosci. – 2003. – Vol.18. – P. 2433–2448.
2. Gobel, S. Golgi studies in the substantia gelatinosa neurons in the spinal trigeminal nucleus / S. Gobel // J. Comp. Neurol. – 1975. – Vol. 162. – P. 397–415.
3. Ruscheweyh R. Distinctive membrane and discharge properties of rat spinal lamina I projection neurones in vitro / R. Ruscheweyh, J. Sandkuhler // J Physiol. – 2004. – Vol. 555. – P. 527-543.
4. Li L. The functional organization of cutaneous low-threshold mechanosensory neurons / L. Li [et al.] // Cell. – 2011. – Vol. 147. – P. 1615–1627.
5. Neuronal Dynamics / W. Gerstner [et al.] // Cambridge University Press, 2014. – 590 p.
6. Safronov B.V. High-resolution single-cell imaging for functional studies in the whole brain and spinal cord and thick tissue blocks using light-emitting diode illumination / B.V. Safronov, V. Pinto, V.A. Derkach // J Neurosci Methods. – 2007. – Vol. 164. – P. 292–298.
7. Kopach O. Development of inflammation-induced hyperalgesia and allodynia is associated with the upregulation of extrasynaptic AMPA receptors in tonically firing lamina II dorsal horn neurons / Kopach O. [et al.] // Front Physiol. –2012. –Vol. 3:391.