

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ФАКУЛЬТЕТ РАДІОФІЗИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ
Кафедра медичної радіофізики

До захисту допущено:

«На правах рукопису»

Завідувач кафедри _____ Сергій РАДЧЕНКО

« __ » червня 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему:

**« РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО АНАЛІЗУ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ
ЛАБОРАТОРНИХ ТВАРИН У ДОБОВІЙ РИТМІЦІ »**

Виконала:

студентка 4-го курсу

денної форми навчання

спеціальності 105 – Прикладна фізика та наноматеріали

ОП «Електроніка та інформаційні технології в медицині»

Вакуленко Злата Максимівна _____

Науковий керівник:

канд. біол. наук,

Максимюк Олександр Петрович _____

канд. фіз.-мат. наук, доцент

Судаков Олександр Олександрович _____

Рецензент:

канд. фіз.-мат. наук, доцент

Бойко Юрій Володимирович _____

Засвідчую, що у цій бакалаврській роботі
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань

Студент _____

Робота допущена до захисту в ЕК рішенням кафедри медичної радіофізики
від « __ » червня 2023 р., протокол № __.

Завідувач кафедри медичної радіофізики,

канд. фіз.-мат. наук, доцент

Радченко Сергій Петрович _____

Київ – 2023

Реферат

Бакалаврська робота 32ст , 3рисунка , 13 джерела, 2додатки.

Розроблено методику ручного та автоматизованого детектування поведінки тварин за відео. Наведено результати застосування розробленої методики для детектування поведінки щурів в депресивно маніакальному стані з метою перевірки дії блокатора кислотно-чутливих іонних каналів ASIC-1a в мигдалині.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІДЕО, ПОВЕДІНКА, БЛОКАТОР, КИСЛОТНО-ЧУТЛИВІ ІОННІ КАНАЛИ ASIC-1A

Зміст

Вступ:.....	4
1. Поведінкові дослідження	6
1.1 Кислотно-чутливі іонні канали (ASIC).	6
1.2 Про біполярний розлад і депресію.	8
2. Дослідження кислотно-чутливих іонних каналів (ASICs) і їх роль.	10
3. Експерименти з вивчення поведінкової активності	13
1.3 Метод хвостова підвіса :.....	13
2.3 Метод примусове плавання.....	13
3.3 Метод " Flowerpot"	15
4. Експериментальні результати.....	17
4.1 Ручне детектування рухів тварин	17
4.2 Алгоритм детектування руху.....	18
5. Висновки:	19
Список використаної літератури	20
Додатки.....	22
Код програми детектування рухів:	22
Ручне детектування руху.....	28

Вступ:

Автоматизація даних є невід'ємною складовою сучасних наукових досліджень і дозволяє здійснювати комплексний аналіз інформації, що відіграє важливу роль у розумінні різних аспектів біологічних процесів. Одним із напрямків досліджень є вивчення Кислотно-чутливого іонного каналу-1a (ASIC-1a) в мигдалині та його нової терапевтичної мішені у поведінці, пов'язаній з депресією.

Депресія є серйозним психічним розладом, який суттєво погіршує якість життя та призводить до значного економічного та соціального впливу. Незважаючи на наявні методи лікування депресії, їх ефективність і толерантність можуть бути обмежені. Тому існує необхідність у розробці нових терапевтичних підходів, що базуються на нових мішенях та механізмах дії.

Дослідження Кислотно-чутливого іонного каналу-1a (ASIC-1a) в мигдалині являє собою новий інтересний напрямок у вивченні депресії. ASIC-1a є ключовим елементом, що регулює передачу сигналів у нейронних мережах мозку та відіграє важливу роль у контролі емоційних реакцій та поведінки. Вивчення його функцій, включаючи нову терапевтичну мішень у поведінці, пов'язаній з депресією, може відкрити нові можливості для розробки інноваційних підходів до лікування депресії та інших психічних розладів.

Поведінка є важливим показником стану мозку та психічного благополуччя. Дослідження поведінкових аспектів, пов'язаних з депресією, дозволяє глибше розуміти її механізми та знаходити нові шляхи впливу на них. Автоматизація даних допомагає збирати, аналізувати та інтерпретувати інформацію з більшою точністю та швидкістю, сприяючи пошуку нових прогресивних методів лікування та покращенню нашого розуміння депресії.

Таким чином, дослідження Кислотно-чутливого іонного каналу-1a в мигдалині та його нової терапевтичної мішені у поведінці, пов'язаній з депресією, мають велику актуальність і новизну, оскільки можуть привести до розробки нових підходів у лікуванні депресії та покращення якості життя людей, що страждають від цього розладу.

В дані роботі запропоновано методика ручного та автоматизованого

детектування поведінки щурів за відео. Розроблена методика застосована для детектування поведінки щурів в депресивно маніакальному стані з метою перевірки дії блокатора кислотно-чутливих іонних каналів ASIC-1a в мигдалині. Тема актуальна зараз, у воєнний стан. Коли людина схильна до стресу, що може призвести до депресії та манії.

1. Поведінкові дослідження.

1.1 Кисотно-чутливі іонні канали (ASIC).

Кисотно-чутливі іонні канали (ASICs) є особливим типом мембранних білків, які реагують на зміни кислотності навколишнього середовища. Одним з ключових представників ASIC-класу є канал ASIC-1a, який виявлено в різних тканинах, включаючи нервову систему, і виконує важливу роль у регуляції фізіологічних процесів.

ASIC-1a є кальцієвим і натрієвим каналом, що відповідає на зниження рН навколишнього середовища. Він має особливу структуру, яка складається з п'яти субодиниць, з'єднаних між собою. Кожна субодиниця містить шестигранний канал, через який іони кальцію та натрію можуть проникати в клітину.

Канал ASIC-1a експресується в різних частинах мозку, включаючи мигдалину. Мигдалина є ключовою структурою, відповідальною за обробку емоційних стимулів і стресових реакцій. У мигдалині канал ASIC-1a грає важливу роль у регуляції ексітабельності нейронів та передачі сигналів. Зміни в активності каналу ASIC-1a можуть впливати на емоційні реакції, навчання та пам'ять.

Дослідження показують, що канал ASIC-1a може мати відношення до розвитку депресії. Він може впливати на поведінку, пов'язану зі стресом, настроєм та мотивацією. Блокування або активація каналу ASIC-1a в тваринних моделях депресії демонструє зміни в емоційному стані, активності та інтересі до нагороди.

Одним із можливих підходів до лікування депресії є спрямовані на канал ASIC-1a терапевтичні стратегії. Деякі фармакологічні речовини виявили здатність впливати на активність каналу ASIC-1a і покращувати симптоми депресії у тваринних моделях. Однак, додаткові дослідження необхідні для більш глибокого розуміння ролі каналу ASIC-1a в депресії та розробки нових терапевтичних підходів.

Висновок: Канал ASIC-1a є важливим компонентом кисотно-чутливих іонних каналів та відіграє значну роль у регуляції фізіологічних процесів, зокрема в

мозку і мигдалині. Дослідження показують, що канал ASIC-1a може бути пов'язаний з розвитком депресії та є потенційною терапевтичною мішенню для цього психічного розладу. Продовження наукових досліджень у цьому напрямку може сприяти розробці нових методів лікування депресії і поліпшенню якості життя пацієнтів.

1.2 Про біполярний розлад і депресію.

Існує два основних розлади настрою - велика депресія (MD) і біполярний розлад (BD). Розлади настрою характеризуються сильна та неадекватна зміна настрою, соціальні, когнітивні та функціональні порушення.

МД характеризується постійним сумом, втомою, харчові розлади, порушення сну, суїцидальні думки, почуття провини та соціальної самоізоляції. BD характеризується епізоди манії та депресії.

Маніакальний епізоди можуть складатися з гіперактивності, піднесеного настрою або хвилювання, швидкі думки, безрозсудна поведінка, мала потреба для сну, а іноді й психозу. Кілька фармакологічних сполук підтверджені як ефективні для настрою розлади. Найпоширеніші препарати, які використовуються для лікування BD – літій, протисудомні препарати

Незважаючи на адекватне лікування, більшість пацієнти продовжують мати повторювані епізоди настрою, побічні симптоми, функціональні порушення, психосоціальні інвалідність, а також значні медичні та психіатричні супутні захворювання. Крім того, багато пацієнтів не рекламують однаково реагувати на доступні ліки і може-не переносять побічні ефекти цих препаратів. Дослідження для зосереджено на розробці нових ліків від розладів настрою на конкретні цілі, які могли б запропонувати більш ефективні і безпечні методи лікування. Проте краще розуміння патофізіологічних механізмів цих розладів важливий для розробки нових ліків і впровадження використання їх у клінічній практиці. Досягнення в генетиці, нейробиологічні та фармакологічні методології допомогли в розробці моделей тварин, і ці моделі були важливим інструментом для дослідження нових внутрішньоклітинних систем, які можуть бути специфічною патофізіологією психіатрії розлади.

У дослідженнях поведінки щурів, використовуються моделі, що наслідують депресивні і маніакальні стани, які можуть бути аналогами депресії та біполярного розладу людини. Дослідження цих станів у щурів дозволяють нам краще розуміти механізми цих порушень та потенційні шляхи лікування. Нижче наведені короткі описи дипресивних і маніакальних моделей щурів:

1. Дипресивні моделі щурів:

- Модель безнадійності: Щури піддаються тривалому стресу або непереборним негативним подразникам, що призводить до втрати інтересу до нагороди та вчинків, зниження активності і виявів задоволення.
 - Модель непереборної втрати: Щури піддаються послідовному використанню негативних подразників або стресових ситуацій, що веде до депресивних симптомів, включаючи апатію, втрату інтересу до нагороди та знижену активність.
2. Маніакальні моделі щурів:
- Модель гіперактивності: Щури піддаються стимуляції або фармакологічним препаратам, які викликають перебуджений стан, збільшену фізичну активність, неприродно підвищену енергію та агітацію.
 - Модель біполярного розладу: Щури піддаються комбінації стресових факторів та стимуляції, що спричиняє періоди манії (гіперактивність, підвищений настрій) та депресії (апатія, безнадійність).
 - Ці моделі надають можливість дослідникам вивчати фізіологічні та молекулярні зміни.

2. Дослідження кислотно-чутливих іонних каналів (ASICs) і їх роль.

Дослідження кислотно-чутливих іонних каналів (ASICs) і їх роль у поведінці, пов'язаній з депресією, здебільшого проводяться в галузі нейронауки та психіатрії. Багато науковців та дослідницьких груп займаються вивченням молекулярної структури, функцій і регуляції ASIC-1a каналу, а також його впливу на емоційну поведінку та розвиток депресії.

Серед відомих науковців, які внесли вагомий внесок у цю область, можна відзначити таких дослідників:

1. Dr. Robert W. Gereau IV: Він є професором анестезіології та фармакології в Університеті Вашингтона. Його група займається дослідженням молекулярних механізмів ASIC-1a каналу та його впливу на нейрональну сигналізацію та біль. Вони також досліджують роль ASIC-1a в емоційних станах, таких як депресія та страхові розлади.

Dr. Robert W. Gereau IV є визнаним вченим, який вніс значний внесок у дослідження ролі каналу ASIC-1a в емоційних станах, зокрема в депресії та страхових розладах. Він є професором анестезіології та фармакології в Університеті Вашингтона і Школі медицини.

Дослідження Dr. Gereau спрямовані на вивчення молекулярних механізмів, що лежать в основі болю та емоційних станів. Він досліджує роль ASIC-1a каналу в нейрональній сигналізації, особливо в контексті болю, стресу та емоційних реакцій.

Одним із основних напрямків досліджень Dr. Gereau є роль ASIC-1a каналу в депресії. Він проводить експерименти на тваринах, використовуючи моделі депресії, щоб вивчити вплив блокування або активації каналу ASIC-1a на поведінкові та неврохімічні показники депресії. Його дослідження вказують на те, що канал ASIC-1a може бути потенційною терапевтичною мішенню для лікування депресії.

Крім того, Dr. Gereau також досліджує роль ASIC-1a в страхових розладах. Він вивчає, як цей канал впливає на емоційну відповідь на страхові подразники та розвиток страхових розладів, таких як посттравматичний стресовий розлад

(ПТСР). Його дослідження вказують на можливу роль каналу ASIC-1a у регуляції страхової пам'яті та контролі страхових реакцій.

2. Dr. Xin-Hong Zhu: Він є професором фармакології та фізіології в Університеті штату Міссурі. Його група спеціалізується на вивченні ролі ASIC-1a в болю, стресовій відповіді та емоцій

Dr. Xin-Hong Zhu є видатним дослідником, який вніс значний внесок у вивчення ролі каналу ASIC-1a в болю, стресовій відповіді та емоціях. Він є професором фармакології в Університеті штату Іллінойс у Чикаго.

Дослідження Dr. Zhu спрямовані на розуміння молекулярних механізмів, що регулюють біль, стресову відповідь та емоції. Одним з основних аспектів його роботи є роль каналу ASIC-1a в цих процесах.

Dr. Zhu використовує різноманітні експериментальні підходи, включаючи вивчення тваринних моделей, клітинних культур та молекулярні методи, щоб досліджувати функції каналу ASIC-1a. Він вивчає, як активація або блокування цього каналу впливає на біологічні процеси, пов'язані з болем, стресом та емоціями.

Одним з ключових відкриттів Dr. Zhu є зв'язок між каналом ASIC-1a і молекулярними шляхами, що включені в реакцію на біль. Він показав, що активація каналу ASIC-1a може сприяти посиленню болевого сигналу, тоді як його блокування може зменшити болеву чутливість. Це вказує на потенційну роль каналу ASIC-1a в регулюванні болю.

Крім того, дослідження Dr. Zhu також показали, що канал ASIC-1a впливає на стресову відповідь та емоції. Він вивчає механізми, за допомогою яких канал ASIC-1a впливає на функціонування нейрональних мереж, що відповідають за стресову реакцію та регуляцію емоційного стану.

Робота Dr. Xin-Hong Zhu сприяє кращому розумінню ролі каналу ASIC-1a в болю, стресовій відповіді та емоціях. Його висококваліфіковані дослідження сприяють розвитку нових підходів до лікування болю та психічних розладів, пов'язаних зі стресом.

3. Експерименти з вивчення поведінкової активності

1.3 Метод хвостова підвіса :

Є одним із широко використовуваних методів у поведінкових дослідженнях щурів, спрямованих на вивчення депресивних станів. Цей тест дозволяє виміряти пасивну поведінку та відчуття безнадійності, які є важливими характеристиками депресії.

Процедура тесту на хвостову підвісу полягає у наступному:

1. Підготовка щура: Щура поміщають в індивідуальний камеру або переноску, де він залишається протягом деякого періоду для адаптації до нового середовища.
2. Підвішування щура: Після адаптаційного періоду щура підвішують за хвіст на невеликій висоті, за допомогою спеціального кліпсу або нитки. Важливо забезпечити безпеку щура під час підвішування, щоб уникнути потенційних травм.
3. Реєстрація поведінки: Після підвішування щура вимірюють тривалість його пасивної поведінки, яка включає безрухливість, відсутність рухів та виснаженість. Цей час реєструється протягом певного періоду, зазвичай 5-10 хвилин.
4. Аналіз результатів: Пасивність щура вимірюється за допомогою визначення часу, протягом якого він не виявляє активності. Чим триваліший період пасивності, тим вищий рівень безнадійності вважається.

Тест на хвостову підвісу використовується для вивчення депресивних станів у щурів, оцінки ефективності антидепресантів та визначення механізмів дії різних фармакологічних препаратів. Цей тест є швидким і простим методом, який надає об'єктивні дані про поведінкові зміни у щурів, пов'язані з депресією.

2.3 Метод примусове плавання

Є ще одним методом, який широко використовується в поведінкових дослідженнях, спрямованих на вивчення депресивного стану у щурів. Цей тест

дозволяє оцінити поведінкову реакцію щура на стресові умови та визначити ефекти потенційних антидепресантів.

Процедура тесту на примусове плавання полягає у наступному:

1. Підготовка щура: Щура поміщають у високий циліндричний резервуар з водою. Об'єм води має бути достатнім, щоб щур міг плавати, але не достатнім, щоб він міг дотягнутись до дна або вибратись з резервуара.
2. Реєстрація поведінки: Щура спостерігають протягом певного періоду, зазвичай 5-10 хвилин. Під час цього періоду реєструються різні показники поведінки, такі як плавання, безрухливість, інтенсивність рухів та інші активності.
3. Аналіз результатів: Аналізується час, протягом якого щур знаходиться у пасивному стані, не рухається та лише плаває або спливає на поверхню води. Цей період відображає безнадійність і вважається показником депресивного стану. Додатково, аналізується кількість активних рухів та їх інтенсивність під час періоду спостереження.

Тест на примусове плавання дозволяє визначити поведінкову реакцію щура на стресовий стимул та оцінити рівень безнадійності та депресивного стану. Цей метод використовується для дослідження механізмів депресії.

3.3 Метод " Flowerpot "

(Депривація швидкої фази сну) є одним з методів депривації сну, що використовується в експериментах з щурами. Цей метод вимагає використання спеціальної платформи або колодки, яка допомагає утримувати щурів у стані бодрості, перешкоджаючи їхньому природному сну.

Принцип методу " Flowerpot " полягає в тому, що щура розміщуємо на підставці або платформі, яка розташована над рідиною (рис 3.1). Платформа може бути зроблена з металу, пластмаси або інших матеріалів, і вона зазвичай розташовується у приміщенні або клітці щура.

Коли щур засинає та його м'язи розслаблюються, він впадає у воду, що викликає його пробудження. Вода служить як стимул, який спричиняє переривання сну та відновлення стану бодрості щура. Використання цього методу дозволяє депривувати щурів від сну, перешкоджаючи їхньому природному режиму сну та приводячи до бодрості.

Важливо враховувати, що метод " Flowerpot " потребує пильного контролю та стеження за щурами, оскільки їхнє безпосереднє контактування з водою може бути стресовим. Дослідники повинні забезпечувати відповідні умови для щурів під час експерименту, забезпечуючи їм доступ до їжі та води, а також враховуючи можливість заспокоєння та відновлення після депривації сну.

Метод " Flowerpot " є корисним інструментом у дослідженнях сну та його впливу на різні аспекти фізіології, поведінки та когнітивних функцій щурів. Використовуючи цей метод, ми можемо досліджувати наслідки відсутності або обмеження сну на поведінку, навчання, пам'ять, фізіологічні показники та інші параметри, пов'язані зі сном.

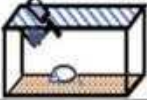
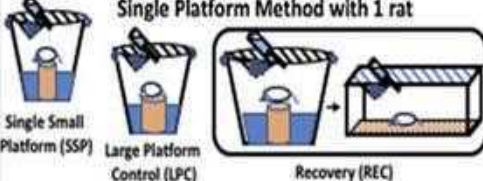
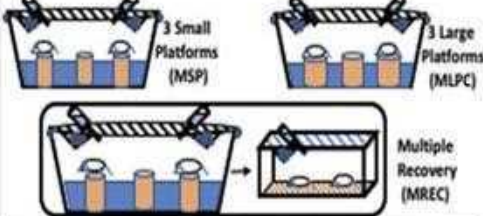
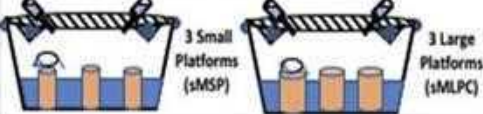
Experimental Groups	In a pool, diameter (PF-D) & number (PF-N) of platforms	Salient features (brief description) of experimental design (set-up)
Free moving control (FMC) with 1 rat 	NA	One rat in a normal rat cage for 4 days
Single Platform Method with 1 rat 	PF-D 6.5 cms; PF-N1	One rat in a pool having one small platform for 4 days
	PF-D 12.5 cms; PF-N1	One rat in a pool having one large platform for 4 days
	PF-D 6.5 cms; PF-N1	One rat in a pool having one small platform (as SSP) for 4 days followed by 3 days in a cage as in FMC
Modified Multiple Platform Method with 2 rats 	PF-D 6.5 cms; PF-N3	Two rats in a pool having 3 small platforms (as SSP) for 4 days
	PF-D 12.5 cms; PF-N3	Two rats in a pool having 3 large platforms (as LPC) for 4 days
	PF-D 6.5 cms; PF-N3	Two rats in a pool having 3 small platforms (as SSP) for 4 days followed by 3 days in a cage as in FMC
Multiple Platform Method with 1 rat 	PF-D 6.5 cms; PF-N3	One rat in a pool having 3 small platforms (as SSP) for 4 days
	PF-D 12.5 cms; PF-N3	One rat in a pool having 3 large platforms (as LPC) for 4 days

Рисунок 3.1

S. Gulyani, B.N. Mallick, Effect of rapid eye movement sleep deprivation on rat brain Na-K ATPase activity, J. Sleep Res. 2 (1) (1993) 45–50, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.1993.tb00060.x>.

4. Експериментальні результати

4.1 Ручне детектування рухів тварин

Ми ввели штучно щурів в маніакальний стан. Це займає від трьох днів, методом " Flowerpot " . Готуємо розчин блокатору, обов'язково записуємо час ін'єкцій. Розчин не зберігається.

Наша гіпотеза полягає в тому що блокада ASICів призводить до редукції маніє подібної поведінки. Ми давали блокатор 5b перед і після ініціації яка тривала 3 дні. Далі щурів садимо в відкрите поле і записуємо відео (рис 4.1). Всього чотири групи. Дві групи контроль: манія без блокатора і без манії, і друга група з блокатором -до і після ініціації.

Маємо 32 відео від чотирьох груп по вісім від кожною.



Рисунок 4.1

Манія проявляється в підвищеній активності. Тобто ми спостерігаємо, як щури пришвидшено бігають по периметру відкритого поля, взбираються на стінки, займаються грумінгом – проявлення манії.

Передивляємось всі відео фіксуючи час і дії (взбирання, грумінг, біг) в Excel.

Порівнюючи дані таблиці (див. додаток Ручне детектування рухів) бачимо, що під дією блокаторів щури менш активні.

Хоча все одно займаються тим самим: пересуваються по периметру, достатньо рідко виходять на центр, чухаються та взбираються на стінки.

4.2 Алгоритм детектування руху

В другій частині моєї дипломної роботи розглядається детекція рухової активності. Для цього я застосувала алгоритм. Маю відео денної і нічної фази.



Рисунок 4.2

На відео щури в клітці, за сприйнятливих умов без подразників (рис 4.2). Кожен щур у своїй клітці. Ми маємо зафіксувати їх сон і активну фазу. В алгоритмі я прописую координати кожної клітки з щурами. Коли у нас є рух, тобто зміна в часі і просторі, у нас є інтенсивність пікселя на картинці. Для кожного пікселя в середині області, знаходимо на двох сусідніх кадрах різницю пікселів, віднімаємо сусідній і їх різниця буде рух у нашій області. Реалізація розробленого алгоритму наведена у Додатку Код програми детектування рухів.

5. Висновки:

1. Використання блокатору 5b ASIC 1A рецепторів на моделях манії щурів показало, що цей блокатор ефективно впливає на емоційні стани та поведінку тварин. За допомогою цього блокатору було змінено активність ASIC 1A рецепторів, що призвело до помітного зниження симптомів манії.
2. Підвищена активність, збудливість і терпіння до пересування є розширеними у маніакальних щурів до введення блокатора. Крім того, також спостерігаються зміни в моделях сну та активності, а також посилення соціальної взаємодії, агресивна або непорядкована поведінка. Активність і рухливість зменшується після введення блокаторів рецепторів ASIC 1A. Вони демонструють менш збудливу та демонструють нормалізовану поведінку. Щільність до агресивної та безладної поведінки значно приглушена. Також помітне зниження соціальної взаємодії, а їх режим сну та активності стають більш регулярними..
3. Ці результати свідчать про важливу роль ASIC 1A рецепторів у регулюванні емоційних станів та поведінки, пов'язаних з манією. Блокування цих рецепторів може виявитись перспективним підходом до розробки нових терапевтичних стратегій для лікування маніакальних станів і пов'язаних з ними психічних розладів.

Необхідно провести подальші дослідження, щоб розкрити механізми дії блокатору 5b ASIC 1A рецепторів та вивчити його потенційні побічні ефекти. Додаткові експерименти на інших моделях поведінки, а також клінічні дослідження на людях, можуть підтвердити ефективність та безпечність використання цього блокатору як потенційного лікувального засобу для манії та пов'язаних з нею розладів.

Усе це відкриває нові перспективи для розвитку інноваційних методів лікування психічних розладів, враховуючи роль ASIC 1A рецепторів у регуляції емоційних процесів.

Список використаної літератури

- Hill, A.S.; Ben-Shahar, Y. The synaptic action of Degenerin/Epithelial sodium channels. *Channels (Austin)*, 2018, 12(1), 262-275. <http://dx.doi.org/10.1080/19336950.2018.1495006> PMID: 30001175
- [2] Krishtal, O.A.; Pidoplichko, V.I. A receptor for protons in the nerve cell membrane. *Neuroscience*, 1980, 5(12), 2325-2327. [http://dx.doi.org/10.1016/0306-4522\(80\)90149-9](http://dx.doi.org/10.1016/0306-4522(80)90149-9) PMID: 6970348
- [3] Krishtal, O. Receptor for protons: First observations on acid sensing ion channels. *Neuropharmacology*, 2015, 94, 4-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropharm.2014.12.014> PMID: 25582296
- [4] Gründer, S.; Geissler, H.S.; Bässler, E.L.; Ruppertsberg, J.P. A new member of acid-sensing ion channels from pituitary gland. *Neuroreport*, 2000, 11(8), 1607-1611. <http://dx.doi.org/10.1097/00001756-200006050-00003> PMID: 10852210
- [5] Lingueglia, E.; de Weille, J.R.; Bassilana, F.; Heurteaux, C.; Sakai, H.; Waldmann, R.; Lazdunski, M. A modulatory subunit of acid sensing ion channels in brain and dorsal root ganglion cells. *J. Biol. Chem.*, 1997, 272(47), 29778-29783. <http://dx.doi.org/10.1074/jbc.272.47.29778> PMID: 9368048
- [6] Price, M.P.; Snyder, P.M.; Welsh, M.J. Cloning and expression of a novel human brain Na⁺ channel. *J. Biol. Chem.*, 1996, 271(14), 7879-7882. <http://dx.doi.org/10.1074/jbc.271.14.7879> PMID: 8626462
- [7] García-Añoveros, J.; Derfler, B.; Neville-Golden, J.; Hyman, B.T.; Corey, D.P. BNaC1 and BNaC2 constitute a new family of human neuronal sodium channels related to degenerins and epithelial sodium channels. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1997, 94(4), 1459-1464. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.94.4.1459> PMID: 9037075
- [8] Boiko, N.; Kucher, V.; Wang, B.; Stockand, J.D. Restrictive expression of acid-sensing ion channel 5 (asic5) in unipolar brush cells of the vestibulocerebellum. *PLoS One*, 2014, 9(3), e91326. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0091326> PMID: 24663811
- [9] Jasti, J.; Furukawa, H.; Gonzales, E.B.; Gouaux, E. Structure of acid-sensing ion channel 1 at 1.9 Å resolution and low pH. *Nature*, 2007, 449(7160), 316-323. <http://dx.doi.org/10.1038/nature06163> PMID: 17882215

- [10] Carnally, S.M.; Dev, H.S.; Stewart, A.P.; Barrera, N.P.; Van Bemmelen, M.X.; Schild, L.; Henderson, R.M.; Edwardson, J.M. Direct visualization of the trimeric structure of the ASIC1a channel, using AFM imaging. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 2008, 372(4), 752-755. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbrc.2008.05.100> PMID: 18514062
- [11] Rook, M.L.; Musgaard, M.; MacLean, D.M. Coupling structure with function in acid-sensing ion channels: Challenges in pursuit of proton sensors. *J. Physiol.*, 2020, 599(2),417-430. <http://dx.doi.org/10.1113/JP278707> PMID: 32306405
- [12] Korkushko, A.O.; Kryshchal', O.A. Blocking of proton-activated sodium permeability of the membranes of trigeminal ganglion neurons in the rat by organic cations. *Neirofiziologiya*, 1984, 16(4), 557-561. PMID: 6333646
- [13] Alvarez de la Rosa, D.; Canessa, C.M.; Fyfe, G.K.; Zhang, P. Structure and regulation of amiloride-sensitive sodium channels. *Annu. Rev. Physiol.*, 2000, 62, 573-594. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.physiol.62.1.573> PMID:

Додатки

Код програми детектування рухів:

```
int main()
{
    int main(int argc, char* argv[]) {

        // Create a VideoCapture object and open the input file
        // If the input is the web camera, pass 0 instead of the video file name
        VideoCapture cap(argv[1]);
        //ImageCapture cap(argv[1]);

        if (!cap.isOpened()) {
            cout << "Error opening video stream or file" << endl;
            return -1;
        }

        while (1) {

            Mat frame;
            cap >> frame;
            if (frame.empty())
                break;
            imshow("Frame", frame);
            // Press ESC on keyboard to exit
            char c = (char)waitKey(25);
            if (c == 27)
```

```

        break;
    }
    cap.release();
    destroyAllWindows();
    return 0;
}
// Відкриття відеофайлу
VideoCapture cap("video.mp4");

if (!cap.isOpened()) {
    cout << "Помилка відкриття відеофайлу." << endl;
    return -1;
}

// Отримання першого кадру для визначення розмірів відео та фонового
зображення
Mat background;
cap >> background;

if (background.empty()) {
    cout << "Помилка отримання першого кадру." << endl;
    return -1;
}

// Зміна розмірів фонового зображення на розміри відео
resize(background, background, Size(cap.get(CAP_PROP_FRAME_WIDTH),
cap.get(CAP_PROP_FRAME_HEIGHT)));

```

```

// Конвертація фонового зображення в градації сірого
cvtColor(background, background, COLOR_BGR2GRAY);

// Задання порогового значення для отримання маски руху
const int threshold_value = 30;

// Визначення розмірів відео та кліток
int frame_width = cap.get(CAP_PROP_FRAME_WIDTH);
int frame_height = cap.get(CAP_PROP_FRAME_HEIGHT);
int cell_size = 20;
int cells_count_x = frame_width / cell_size;
int cells_count_y = frame_height / cell_size;

// Ініціалізація масиву для зберігання інформації про стан кліток на
поточному та попередньому кадрі
bool current_cells[cells_count_x][cells_count_y];
bool previous_cells[cells_count_x][cells_count_y];

// Ініціалізація масиву для зберігання кількості змінених кліток на кадрі
int changed_cells_count[cells_count_x][cells_count_y];

// Ініціалізація маски руху
Mat motion_mask(frame_height, frame_width, CV_8UC1, Scalar(0));

// Ініціалізація вікна відображення відео

```

```
namedWindow("Video", WINDOW_NORMAL);

// Завершення програми при натисканні на клавішу "q"
while (waitKey(1) != 'q') {

    // Отримання поточного кадру
    Mat current_frame;
    cap >> current_frame;

    if (current_frame.empty()) {
        cout << "Кінець відеофайлу." << endl;
        break;
    }

    // Зміна розмірів поточного кадру на розміри фонового зображення
    resize(current_frame, current_frame, background.size());

    // Конвертація поточного кадру в градації сірого
    Mat gray_frame;
    cvtColor(current_frame, gray_frame, COLOR_BGR2GRAY);

    // Віднімання фонового зображення від поточного кадру
    Mat frame_diff;
    absdiff(background, gray_frame, frame_diff);
```

// Застосування порогового значення до відмінності кадрів для отримання маски руху

```
Mat threshold_frame;
```

```
threshold(frame_diff, threshold_frame, threshold_value, 255,  
THRESH_BINARY);
```

// Застосування морфологічних операцій для видалення шуму на масці руху

```
erode(threshold_frame, threshold_frame, Mat(), Point(-1, -1), 2);
```

```
dilate(threshold_frame, threshold_frame, Mat(), Point(-1, -1), 2);
```

// Копіювання маски руху до змінної для подальшої обробки

```
motion_mask = threshold_frame.clone();
```

// Розділення маски руху на клітки

```
for (int i = 0; i < cells_count_x; i++) {
```

```
    for (int j = 0; j < cells_count_y; j++) {
```

```
        // Отримання області клітки на масці руху
```

```
        Rect cell_rect(i * cell_size, j * cell_size, cell_size, cell_size);
```

```
        Mat cell_mask = motion_mask(cell_rect);
```

// Обрахування кількості пікселів на клітині, які мають значення 255 (білий колір)

```
int white_pixel_count = countNonZero(cell_mask);
```

// Якщо кількість білих пікселів на клітині більше заданого порогу,

```

// вважаємо, що в клітині є рух
bool is_movement = white_pixel_count > cell_size * cell_size * 0.2;

// Зберігаємо стан клітки на поточному кадрі
current_cells[i][j] = is_movement;

// Обраховуємо кількість змінених кліток на поточному кадрі
if (current_cells[i][j] != previous_cells[i][j]) {
    changed_cells_count[i][j]++;
}

// Відображення стану клітки на поточному кадрі
if (current_cells[i][j]) {
    rectangle(current_frame, cell_rect, Scalar(0, 0, 255), 2);
}
}
}

// Копіювання стану кліток на поточному кадрі до змінної для наступної
ітерації
memcpy(previous_cells, current_cells, sizeof(current_cells));

// Відображення відео зі станом кліток на поточному кадрі
imshow("Video", current_frame);
}

```

```

// Звільнення ресурсів
cap.release();

destroyAllWindows();

return 0;
}

```

Ручне детектування руху

00:00:45	run	00:00:05
00:00:50	stop	00:00:02
00:00:52	run	00:00:04
00:00:56	stop	00:00:08
00:01:04	run	00:00:03
00:01:07	stop	00:00:02
00:01:09	run	00:00:04
00:01:13	groom	00:00:03
00:01:16	run	00:00:02
00:01:18	exp	00:00:02
00:01:20	run	00:00:02
00:01:22	stop	00:00:04
00:01:26	run	00:00:04
00:01:30	stop	00:00:01
00:01:31	run	00:00:03
00:01:34	stop	00:00:01
00:01:35	run	00:00:03
00:01:38	stop	00:00:02
00:01:40	run	00:00:05
00:01:45	exp	00:00:03
00:01:48	run	00:00:02
00:01:50	exp	00:00:01
00:01:51	stop	00:00:03
00:01:54	run	00:00:04
00:01:58	exp	00:00:04
00:02:02	run	00:00:06
00:02:08	exp	00:00:03
00:02:11	run	00:00:02

00:02:13	groom	00:00:01
00:02:14	run	00:00:04
00:02:18	stop	00:00:02
00:02:20	run	00:00:02
00:02:22	exp	00:00:09
00:02:31	groom	00:00:03
00:02:34	run	00:00:03
00:02:37	stop	00:00:01
00:02:38	exp	00:00:05
00:02:43	groom	00:00:14
00:02:57	run	00:00:02
00:02:59	exp	00:00:02
00:03:01	run	00:00:03
00:03:04	exp	00:00:03
00:03:07	run	00:00:06
00:03:13	exp	00:00:08
00:03:21	run	00:00:04
00:03:25	exp	00:00:10
00:03:35	run	00:00:05
00:03:40	exp	00:00:07
00:03:47	stop	00:00:02
00:03:49	run	00:00:05
00:03:54	exp	00:00:04
00:03:58	stop	00:00:04
00:04:02	exp	00:00:14
00:04:16	run	00:00:01
00:04:17	exp	00:00:05
00:04:22	run	00:00:02
00:04:24	exp	00:00:03
00:04:27	run	00:00:01
00:04:28	stop	00:00:02
00:04:30	run	00:00:03
00:04:33	exp	00:00:02
00:04:35	run	00:00:02
00:04:37	exp	00:00:06
00:04:43	run	00:00:01
00:04:44	stop	00:00:04

00:04:48	run	00:00:02
00:04:50	exp	00:00:06
00:04:56	run	00:00:03
00:04:59	exp	00:00:06
00:05:05	run	00:00:04
00:05:09	stop	00:00:05
00:05:14	run	00:00:03
00:05:17	exp	00:00:03
00:05:20	run	00:00:04
00:05:24	stop	00:00:02
00:05:26	run	00:00:01
00:05:27	stop	00:00:03
00:05:30	run	00:00:02
00:05:32	stop	00:00:01
00:05:33	run	00:00:01
00:05:34	stop	00:00:01
00:05:35	run	00:00:02
00:05:37	stop	00:00:01
00:05:38	run	00:00:02
00:05:40	stop	00:00:02
00:05:42	run	00:00:02
00:05:44	stop	00:00:01
00:05:45	run	00:00:03
00:05:48	stop	00:00:02
00:05:50	run	00:00:04
00:05:54	stop	00:00:03
00:05:57	run	00:00:02
00:05:59	exp	00:00:02
00:06:01	run	00:00:02
00:06:03	stop	00:00:04
00:06:07	run	00:00:03
00:06:10	stop	00:00:07
00:06:17	run	00:00:02
00:06:19	exp	00:00:02
00:06:21	stop	00:00:04
00:06:25	run	00:00:02
00:06:27	stop	00:00:01

00:06:28	run	00:00:02
00:06:30	stop	00:00:01
00:06:31	run	00:00:04
00:06:35	stop	00:00:02
00:06:37	run	00:00:04
00:06:41	stop	00:00:07
00:06:48	run	00:00:08
00:06:56	stop	00:00:02
00:06:58	exp	00:00:05
00:07:03	run	00:00:03
00:07:06	stop	00:00:07
00:07:13	exp	00:00:05
00:07:18	run	00:00:04
00:07:22	exp	00:00:02
00:07:24	run	00:00:01
00:07:25	stop	00:00:02
00:07:27	run	00:00:03
00:07:30	exp	00:00:11
00:07:41	stop	00:00:06
00:07:47	exp	00:00:05
00:07:52	stop	00:00:02
00:07:54	run	00:00:02
00:07:56	stop	00:00:04
00:08:00	run	00:00:03
00:08:03	stop	00:00:03
00:08:06	run	00:00:02
00:08:08	stop	00:00:03
00:08:11	exp	00:00:08
00:08:19	stop	00:00:05
00:08:24	run	00:00:02
00:08:26	stop	00:00:04
00:08:30	run	00:00:03
00:08:33	stop	00:00:07
00:08:40	groom	00:01:12
00:09:52	stop	00:00:04
00:09:56	run	00:00:02
00:09:58	stop	00:00:06

00:10:04	run	00:00:05
00:10:09	exp	00:00:05
00:10:14	run	00:00:02
00:10:16	stop	00:00:16
00:10:32	run	00:00:08
00:10:40	exp	00:00:04
00:10:44	run	23:49:16