

© Мороз В.М., Бузика Т.В., Власенко О.В., Йолтухівський М.В., Рокунець І.Л., Довгань О.В., Барзак Н.С.

УДК: 612.176 : 599.323.4

Мороз В.М.¹, Бузика Т.В.², Власенко О.В.¹, Йолтухівський М.В.¹, Рокунець І.Л.¹, Довгань О.В.¹, Барзак Н.С.¹

Вінницький національний медичний університет імені М.І.Пирогова (вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018); Одеський національний університет імені І.І.Мечникова (вул. Дворянська, 2, м. Одеса, Україна, 65000)

ВПЛИВ УДОСКОНАЛЕННЯ РУХОВОЇ НАВИЧКИ НА ЧАСТОТУ СЕРЦЕВИХ СКОРОЧЕНЬ У ЩУРІВ

Резюме. В процесі вироблення оперантного рефлексу у щурів здійснювали реєстрацію частоти серцевих скорочень. Встановлено, що в момент їждобувного руху виникає короточасна брадикардія. Процес вироблення навички супроводжується покращенням ефективності їждобувного руху і суттєвим зменшенням частоти серцевих скорочень. Обговорюються можливі механізми одночасного парасимпатичного впливу на функцію серця і на точність рухів.

Ключові слова: навчання, оперантний рефлекс, брадикардія, щур.

Вступ

Реакції серцево-судинної системи у відповідь на фізичні навантаження вивчені досить детально як у людей, так і в експерименті на тваринах: встановлено такі закономірності, як залежність інотропної та хронотропної функції серця, від фізичного навантаження [5, 7], брадикардія тренуваності у спокої [1], пряма залежність швидкості відновлення працездатності від рівня тренуваності [6]. Реалізація рухів, як правило, супроводжується збільшенням частоти серцевих скорочень (ЧСС) [7], але нами у попередній роботі [3] продемонстровано явище короточасної фазичної моторної брадикардії у щурів під час оперантного рефлексу. Здійснення при цьому точнісного їждобувного руху по діставанню харчової кульки з годівниці відбувалось за двома моторними сценаріями: за допомогою передньої кінцівки або язиком. Встановлено, що процес навчання характеризується не тільки збільшенням частки використання передньої кінцівки, підвищенням точності досягання цілі, ефективності рухів, але і на етапі досконалої навички супроводжується вираженою короточасною брадикардією [3]. В науковій літературі відсутні дані про фазичну хронотропну реакцію серця в процесі вироблення умовного рефлексу.

Тому метою роботи стало вивчення ЧСС у щурів під час реалізації оперантного їждобувного рефлексу передньою кінцівкою на різних стадіях навчання.

Матеріали та методи

Результати отримані на 8 статевозрілих щурах-самцях масою 250-320 г лінії Вістар селекції віварію Інституту фізіології імені О.О.Богомольця НАН України з дотриманням правил біоетики. В умовах кетамінового наркозу (100 мг/кг, внутрішньоочередово) на грудну клітину щура одягали рюкзачок з мініатюрним мікрофоном для реєстрації фонокардіограми (ФКГ). Перед кожним тренувальним сеансом на рюкзачку розміщували бездротовий мобільний передавач параметрів ФКГ [2]. Отримані сигнали були оцифровані та записані на магнітний носій персонального комп'ютера з послідовним аналізом off-line. У тренуваних тварин

реєстрували ФКГ при реалізації автоматизованих їждобувних рухів окремо під час роботи передньою кінцівкою, окремо - при діставанні харчової кульки язиком. Тварин утримували в умовах харчової депривації при необмеженому доступі до води, а після 48 годин починали процес вироблення оперантного їждобувного рефлексу. Протягом 10 - 12 щоденних тренувальних сесій годування здійснювали виключно у оригінальній модифікованій камері Меджиряна [4]. Експериментальна камера, в якій знаходилася годівниця, була оснащена фотоелектронною системою реєстрації наявності харчової кульки у годівниці та рухів передньої кінцівки тварини. Харчові хлібні кульки подавали у годівницю, а щури через вузьку щілину діставали корм однією з передніх кінцівок. Стіяка моторна навичка формувалася на 8 - 9 добу тренувань.

За даними ФКГ визначали тривалість серцевих циклів в межах 10 с (5 с до та 5 с після зникнення корму з годівниці). За формулою "ЧСС = 1/тривалість серцевого циклу" визначали миттєве значення ЧСС, які накопичували і статистично обробляли відносно кожної з 10 с оперантного руху. Для ЧСС розраховували середнє значення (M), похибку середнього (m) та 95% довірчий інтервал варіацій ($M \pm 1,96xm$); вірогідність відмінностей визначали за непараметричним критерієм Мана-Уїтні.

Результати. Обговорення

У ході експерименту у щурів, котрі виконували оперантні їждобувні рухи, було виділено 3 стадії навчання: перша стадія - початкова, з першої по п'яту добу навчання, друга - перехідна (з шостого по восьмий день навчання), третя стадія - "плато", стадія удосконаленої навички, з дев'ятої по дванадцятую добу, котра характеризувалась автоматизованим виконанням їждобувних оперантних рухів.

Так, у першу стадію навчання, перед початком виконання їждобувного руху (за 5 с до діставання харчової кульки) фонові частота становила $418,9 \pm 2,9 \text{ хв}^{-1}$ ($M \pm m$) (рис. 1, мітка "-5°с").

Під час успішної реалізації оперантного руху най-

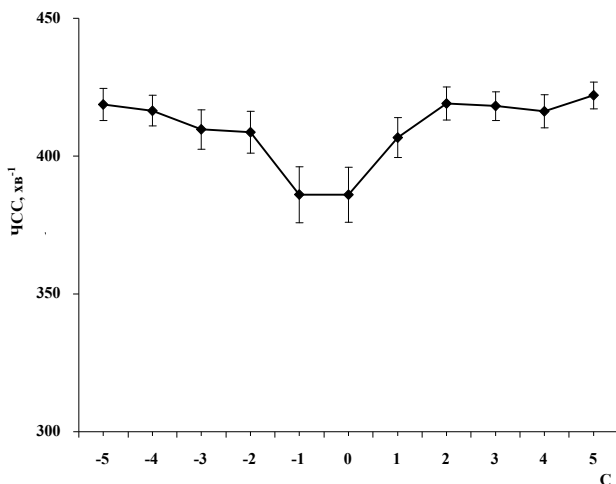


Рис. 1. Динаміка фазних змін частоти серцевих скорочень у щурів ($n_1=8$) під час вироблення оперантних їждобувних рухів ($n_2=157$) передньою кінцівкою на першій (початковій) стадії навчання. По осі абсцис - час, с; по осі ординат - середнє значення ЧСС \pm довірчий інтервал ($M\pm m \times 1,96$), хв $^{-1}$, "0°с" - момент зникнення харчової кульки з годівниці.

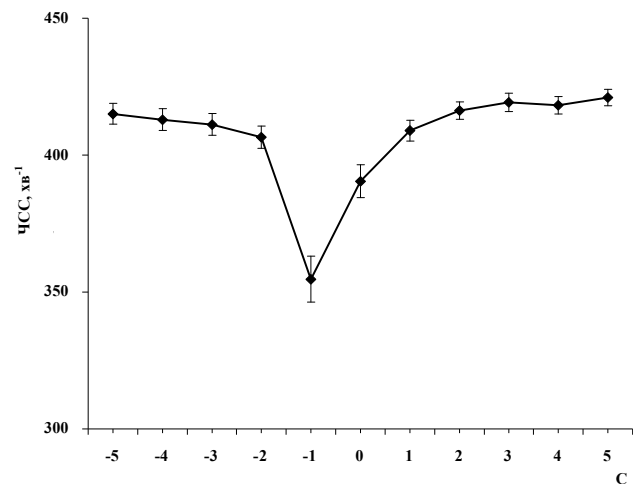


Рис. 2. Динаміка фазних змін частоти серцевих скорочень у щурів ($n_1=8$) під час вироблення оперантних їждобувних рухів ($n_2=306$) передньою кінцівкою на другій (перехідній) стадії навчання. По осі абсцис - час, с; по осі ординат - середнє значення ЧСС \pm довірчий інтервал ($M\pm m \times 1,96$), хв $^{-1}$, "0°с" - момент зникнення харчової кульки з годівниці.

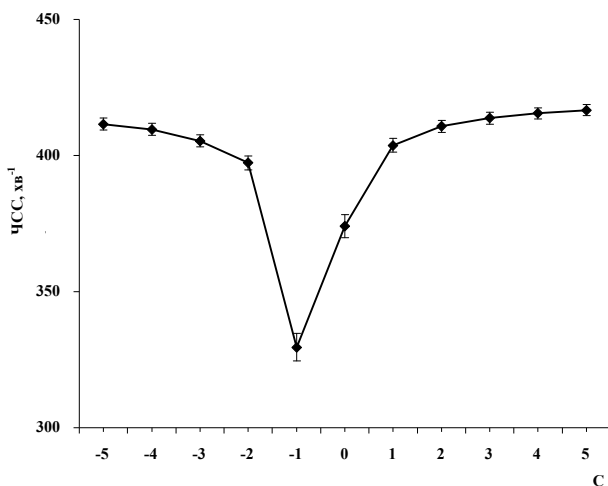


Рис. 3. Динаміка фазних змін частоти серцевих скорочень у щурів ($n_1=8$) під час реалізації оперантних їждобувних рухів ($n_2=660$) передньою кінцівкою на третій (досконалій) стадії навчання. По осі абсцис - час, с; по осі ординат - середнє значення ЧСС \pm довірчий інтервал ($M\pm m \times 1,96$), хв $^{-1}$, "0°с" - момент зникнення харчової кульки з годівниці.

нижче значення ЧСС $_{-1c}$ зареєстровано за 1 с до зникнення харчової кульки з годівниці (рис. 1, мітка "-1°с") становила $386,0\pm 5,1$ хв $^{-1}$ та була достовірно ($p<0,05$) нижчою відносно ЧСС початку виконання їждобувного руху за 2 с до зникнення харчової кульки з годівниці, коли становила $408,6\pm 3,8$ хв $^{-1}$. Після закінчення їждобувного руху, через 1 секунду після зникнення харчової кульки з годівниці, ЧСС $_1c$ відновилась до величини $406,7\pm 3,6$ хв $^{-1}$, що достовірно більше ($p<0,05$) відносно найнижчого значення ЧСС.

На другий (перехідній) стадії навчання (рис. 2) під час успішної реалізації оперантного руху найнижче

значення ЧСС зареєстровано за 1 с до зникнення харчової кульки з годівниці (ЧСС $_{-1c}$ становила $354,6\pm 4,2$ хв $^{-1}$) і була достовірно нижчою ($p<0,001$) відносно початку виконання їждобувного руху (за 2 с до зникнення харчової кульки з годівниці, коли ЧСС $_{-2c}$ становила $406,6\pm 2,0$ хв $^{-1}$). Порівняння ЧСС $_{-1c}$ та ЧСС $_{0c}$ (із середньою величиною $390,4\pm 3,0$ хв $^{-1}$), свідчило про достовірні ($p<0,001$) відмінності даних величин. Після закінчення оперантного їждобувного руху відмічали достовірно ($p<0,05$) відновлення фонові активності ЧСС $_{1c}$ до $409,0\pm 1,9$ хв $^{-1}$.

На дев'яту добу (стадія удосконаленої навички), котра характеризувалась автоматизованим виконанням їждобувних оперантних рухів, найнижче значення ЧСС $_{-1c}$ зареєстровано за 1 с до зникнення харчової кульки з годівниці, середня величина становила $329,6\pm 2,5$ хв $^{-1}$ (рис. 3), ЧСС $_{-1c}$ була достовірно нижчою ($p<0,001$) відносно початку виконання їждобувного руху за 2 с до зникнення харчової кульки з годівниці, коли ЧСС $_{-2c}$ становила $397,3\pm 1,3$ хв $^{-1}$. Порівняння ЧСС $_{-1c}$ та ЧСС $_{0c}$ (в момент, коли зникла харчова кулька з годівниці і ЧСС складала $374,0\pm 2,1$ хв $^{-1}$), свідчило про достовірні ($p<0,05$) відмінності даних величин.

Після закінчення їждобувного руху, через 1 секунду після зникнення харчової кульки з годівниці, відмічали достовірно ($p<0,05$) відновлення фонові активності ЧСС $_{1c}$ до $403,8\pm 1,3$ хв $^{-1}$.

При порівнянні ЧСС $_{-1c}$ на першій та другій стадії навчання відмічали їх достовірні відмінності ($p=0,02$) між собою, які становили $386,0\pm 5,1$ та $354,6\pm 4,2$ хв $^{-1}$ відповідно.

Однак, порівнюючи між собою другу та третю стадії навчання під час виконання успішного оперантного руху, відмічали недостовірні ($p=0,133$) ЧСС $_{-1c}$, які ста-

новили $354,6 \pm 4,2$ та $329,6 \pm 2,5$ хв⁻¹ відповідно.

Отже, крім відомих тонічних впливів автономної нервової системи на діяльність органів, в тому числі і на роботу серця, скелетних м'язів, нами встановлено наявність короткочасних, тривалістю 3-4 с фазичних змін в хронотропній функції серця. Брадикардія може бути пояснена посиленням парасимпатичного впливу, а його призначення може полягати у підвищенні ефективності м'язових аферентів групи Ia, посиленні мотосинаптичних спінальних рефлексів [8].

Висновки та перспективи подальших розробок

Використана модель оперантного їждобувного умовного рефлексу виявилась адекватною для встановлення нових закономірностей функціонування автономної нервової системи:

1. Точніший діставальний рух супроводжується моторною брадикардією - вираженим достовірним зменшенням ЧСС на 80-90 ударів за хвилину, від фонових $415,6 \pm 1,2$ хв⁻¹ до $329,6 \pm 2,5$ хв⁻¹, що становить 20% початкової величини.

2. У процесі вироблення оперантного рефлексу хронотропна реакція серця стає більш вираженою: на початковій стадії тренувань брадикардія досягає $386,0 \pm 5,1$ хв⁻¹, тоді як у цих щурів на стадії досконалості навички ЧСС складала $329,6 \pm 2,5$ хв⁻¹, що в середньому на 50-60 ударів на хвилину менше. На початковій стадії тренувань різниця складає 8 %, на перехідній стадії - 14 %, на стадії досконалості навички - 20%.

Отже, вироблення моторного навичу супроводжується не тільки покращенням успішності захоплен-

ня кульки, а і відбувається "вироблення" автономного компоненту умовного рефлексу у вигляді посилення парасимпатичного впливу на хронотропну функцію серця. Параметри моторного і автономного компонентів в процесі удосконалення оперантного рефлексу мають зворотну залежність: чим точніші рухи, тим менша ЧСС в момент діставання харчової кульки. У цьому зв'язку невиясненим і цікавим для подальших досліджень є вивчення питання "первинності" змін у руховій і автономній нервовій системах. Використаний нами метод фотофіксації зникнення харчової кульки з годівниці не дозволяє достеменно сказати, коли насправді почався рух. У подальшому необхідно удосконалити методику і в'яснити що починається раніше - брадикардія чи рух.

Важливим питанням, що чекає свого вирішення, є фізіологічне значення встановленого феномену моторної брадикардії. Він може бути проявом впливу автономної нервової системи на спінальні та периферійні системи пропріореперції, що під впливом тренувань покращують провідність і ефективність роботи. Суттєвим контраргументом є гіпотеза про посилення парасимпатичних впливів в ротовій порожнині з метою підготовки до жування, слиновиділення, ковтання. Наступним запитанням, що чекає свого вирішення, є ступінь іррадіації збудження в гілках блукаючого нерва: його збудження дифузне чи локалізоване? На часі і пошуки відповіді на гіпотезу про можливий співдружний вплив дихання на ЧСС. Чи міняється ритм, чи відбувається його затримка в момент точнісного руху в щурів? На всі ці запитання необхідно дати відповіді у наступних дослідженнях.

Список літератури

1. Абзалов Н.И. Насосная функция сердца у крыс разного возраста при мышечных тренировках и гипокинезии /Н.И.Абзалов//Росс. физиол. журнал им. И.М.Сеченова. - 2000. - №12. - С. 1580-1586.
2. Бузика Т.В. Телеметрична реєстрація фонокардіограми у щурів за умов вільної поведінки /Т.В.Бузика, О.В.Власенко, І.Л.Рокунець [та ін.]//Зб. доп. учасників 12 Всеукраїнської науково-практ. конф. "Інноваційний потенціал української науки - XXI сторіччя". - Запоріжжя, 2011. - С.42-48. - Режим доступу: <http:// nauka.zinet.info/12/index.php>
3. Власенко О.В. Активация нейронов в автономных центрах продолговатого мозга при реализации мотивированных оперантных движений у крыс /О.В.Власенко, Т.В.Бузика, В.А.Майский [и др.]//Нейрофизиология /Neurophysiology. - 2010. - Т.42, №5. - С.390-404.
4. Мороз В.М. Особливості формування параметрів їждобувних рухів щурів в умовах вільної поведінки /В.М.Мороз, М.В.Йолтухівський, О.В.Власенко [та ін.]//Вісник Вінницького національного медичного університету. - 2010. - Т.14, №1. - С.1-14.
5. Нигматуллина Р.Р. Насосная функция сердца развивающегося организма и ее регуляция при мышечных тренировках: Автореф. дис. ... д. биол. н. /Р.Р. Нигматуллина. - Казань, 1999. - 40с.
6. Павлов С.Н. Изменения показателей насосной функции сердца у спортсмен-гиревиков во время выполнения соревновательного упражнения /С.Н. Павлов //Молодой ученый. - 2012. - №2. - С.85-88.
7. Klabunde R.E. Cardiovascular physiology concepts /R.E. Klabunde. - Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012, 2nd ed. - 243 p.
8. Roatta S. Sympathetic modulation of muscle spindle afferent sensitivity to stretch in rabbit jaw closing muscles /S. Roatta, U. Windhorst, M. Ljubisavljevic [et al.]//J. Physiology. - 2002. - Vol.540. - P.237-248.

Мороз В.М., Бузика Т.В., Власенко О.В., Йолтуховський М.В., Рокунець І.Л., Довгань О.В., Барзак Н.С. ВЛИЯНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОГО НАВЫКА НА ЧАСТОТУ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ У КРЫС

Резюме. В процессе выработки оперантного рефлекс у крыс регистрировали частоту сердечных сокращений. Установлено, что в момент пищедобывательного движения возникает кратковременная брадикардия. Процесс выработки навыка сопровождается улучшением эффективности пищедобывательного движения и существенным уменьшением частоты сердечных сокращений. Обсуждаются возможные механизмы одновременного парасимпатического влияния на функцию

сердца и на точность движений.

Ключевые слова: обучение, оперантный рефлекс, брадикардия, крысы.

Moroz V.M., Buzyka T.V., Vlasenko O.V., Yoltukhivskyy M.V., Rokunets I.L., Dovgan' O.V., Barzak N.S.
EFFECT OF MOTOR SKILLS IMPROVEMENT ON HEART RATE IN RATS

Summary. During of the developing operant reflex in rats were recorded heart rates. It was established that there is a short time in the food-procuring the bradycardia movements. The process of developing the skill is accompanied by improvements in the efficiency of food-procuring movements and a significant decrease in heart rate. Possible mechanisms of simultaneous parasympathetic influence on heart function and precision of movement are discussing.

Key words: training, operant reflex, bradycardia, rats.

Рецензент - д.мед.н., проф. Сергета І.В.

Стаття надійшла до редакції 24.06.2016р.

Мороз Василь Максимович - д. мед. н., професор, академік НАМН України, ректор ВНМУ ім. М.І.Пирогова; admission@vnm.edu.ua

Бузика Тетяна Володимирівна - аспірант кафедри фізіології Одеського національного університету ім. І.І.Мечникова, tetyana_odes77@mail.ru

Власенко Олег Володимирович - д. мед. н., професор, проректор ВНМУ ім. М.І.Пирогова; vlasenko@vnm.edu.ua

Йолтухівський Михайло Володимирович - д. мед. н., професор, завідувач кафедри ВНМУ ім. М.І.Пирогова; myoltukh@ukr.net

Рокунець Ігор Леонідович - к. мед. н., доцент кафедри нормальної фізіології ВНМУ ім. М.І.Пирогова; rokunets@vnm.edu.ua

Довгань Олександр Вікторович - к. мед. н., доцент кафедри нормальної фізіології ВНМУ ім. М.І.Пирогова; alexandr.d1980@gmail.com

Барзак Надія Сергіївна - студентка 4 курсу ВНМУ ім. М.І.Пирогова, rasmuska1996@gmail.com

© Кондратюк В.М., Ковальчук В.П., Хіміч С.Д.

УДК: 617-022:579.22:616-003.9:579.841.92

Кондратюк В.М.¹, Ковальчук В.П.², Хіміч С.Д.²

¹Військово-медичний клінічний центр Центрального Регіону (вул. Князів Кориатовичів, 185, м.Вінниця, Україна, 21018);

²Вінницький національний медичний університет імені М.І.Пирогова, кафедра мікробіології, вірусології та імунології (вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018)

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РЕПАРАТИВНИХ ПРОЦЕСІВ У ПОВНОШАРОВІЙ ШКІРНІЙ РАНІ ПІД ВПЛИВОМ НЕФЕРМЕНТУЮЧОЇ МІКРОФЛОРИ

Резюме. Процес загоєння ран - одне з ключових питань медицини. В сучасних умовах рани контамінуються мікроорганізмами, які існують у формі біологічних плівок. До їх складу входять біологічно активні молекули, що впливають на життєздатність та диференціювання клітин, що забезпечують загоєння ран. В роботі визначали особливості репаративних процесів повношарових шкірних ран у присутності середовища, яке збагачено компонентами біоплівки *A.baumannii*. Експеримент проведено на 18 дорослих щурах, в рани яким вносили планктон *A.baumannii* або розчин збагачений компонентами біопліркового матриксу без фізіологічноактивних клітин *A.baumannii*. Для аналізу загоєння ран проводили макроскопічне та гістологічне дослідження. Показано, що в ранах, які загоювались в присутності компонентів бактеріальних біоплівок ознаки запалення виражені найменше, запалення обмежено експериментальною раною. З початком фази проліферації нейтрофільні лейкоцити поступово зникають, на відміну від контрольних та штучно контамінованих ран, де триває інфільтрація. Припинення запальної відповіді в коротші терміни, в ранах, що знаходились під впливом складових бактеріальних біоплівок, створює умови для коректної проліферації сполучною тканини. Це підтверджується появою зрілих колагенових волокон та диференційованих фібробластів на більш ранніх термінах. Найдовше ознаки запалення та епітеліальний дефект зберігались в ранах в які вносили планктон *A.baumannii*. Дане дослідження показує регулюючий вплив ранової мікробіоти на репаративні процеси в рані. Розвиток цього напрямку може змінити уявлення про доцільність ерадикації мікроорганізмів в рані.

Ключові слова: хірургічна інфекція рани, бактеріальна біоплівка, загоєння рани, *A.baumannii*.

Вступ

В останні роки повідомляється про можливість утворення мікробних біоплівок не лише у хронічних, а і у гострих бойових та хірургічних ранах [2]. Біоплівкові форми мікроорганізмів значною мірою затримують загоєння ран, навіть у випадках відсутності клінічних ознак запалення [9]. Бактеріальні біоплівки складаються з полісахаридів, алгілату, позаклітинної ДНК, білків, ліпідів, володіють біологічною активністю. Складові позаклітинного матриксу біоплівок визначають відмінності влас-

тностей біоплівкової форми бактерій від планктонної [1]. Показано, як відрізняється вплив білкових складових та продуктів життєдіяльності планктонних та біоплівкових форм бактерій на культури мезенхімальних клітин, фібробластів, кератиноцитів [8]. Але дослідження *in-vitro* не можуть повністю відтворити багатогранну взаємодію бактерій та клітин макроорганізму при заселенні гострої рани біоплівкоутворюючими бактеріями.

Існуючі тваринні моделі передбачають введення в