

УДК 57.612.886

I. В. Дрегваль, Г. С. Петров, О. Б. Мурзін
Дніпропетровський національний університет

ВПЛИВ АФЕРЕНТНОЇ ІМПУЛЬСАЦІЇ ВІД РЕЦЕПТОРІВ ПІВКОЛОВИХ КАНАЛІВ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН СПІНАЛЬНИХ МОТОНЕЙРОНІВ ЛЮДИНИ В УМОВАХ ШУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Проводились дослідження змін функціонального стану спінальних мотонейронів людини під впливом аферентних імпульсів від рецепторів півколових каналів при шумовому навантаженні. Виявлена взаємодія між вестибулярним та слуховим сенсорними потоками, які пригнічують активність мотонейронних пулів нижніх кінцівок людини.

Investigating changes of a functional state of spinal motoneurons of the person under agency of afferent pulses from receptors of semicircular canals at шумової to a load. Interacting between vestibular and acoustical sensory streams which reduce activity of motoneuron the inferior extremities of the person is revealed.

Вступ

Однією з актуальних задач сучасної фізіології є вирішення проблеми взаємодії сенсорних впливів різного походження при реалізації рухової активності людини. В умовах взаємодії сенсорних потоків спостерігається перебудова нейрональних механізмів керування довільними рухами. Це може супроводжуватись суттєвими помилками операторів швидкісних видів транспорту, особливо авіаційного, та інших сучасних його видів. Відомо, що на самопочуття людей постійно впливають істотні чинники, одним з яких є акустичне навколишнє середовище [1; 3]. Як правило, у спектрі шуму присутня більшість частот звукового діапазону. Найнесприятливішу дію на людину має шум, у спектрі якого переважають високі частоти. Люди по-різному сприймають шум залежно від віку, емоційності, стану нервової системи тощо. Він заважає роботі, відпочинку, порушує сон.

Справа полягає в тому, що в умовах надходження значних потоків сенсорної інформації від слухової сенсорної системи, або їх відсутності, змінюється координаційний вплив вестибулярної сенсорної системи на кінцеву ланку рухової системи, тобто мотонейронні пули, які безпосередньо відповідають за організацію довільних рухів. У більшості досліджень відсутня оцінка інтегрованої взаємодії сенсорних систем, котрі беруть участь у руховому акті. Саме тому в даній роботі розглядається оцінка ролі півколових каналів та їх взаємодія зі слуховою сенсорною системою у спінальній координації, яка є найбільш важливим джерелом аферентних потоків при організації довільних рухів.

Матеріали і методи

У зв'язку з вищевикладеним, метою нашої роботи було дослідження змін у рівні реципрокного гальмування при модуляції слухового та вестибулярного сенсорних потоків та внеску кожного з сенсорних факторів у ці зміни. Ми досліджували зміну реципрокного гальмування в пулах камбалоподібного м'яза (*m. soleus*) саме тому, що він належить до групи функціональних розгиначів (екстензорів), які протистоять дії гравітації. Зміна глибини реципрокного гальмування в пулах камбалоподібного м'яза досліджувалась по відношенню до

© Дрегваль І. В., Петров Г. С., Мурзін О. Б., 2005

контролю за різних умов слухової та вестибулярної сенсорної модуляції. Такий підхід дозволяє встановити, наскільки інтенсифікується стабілізуючий механізм при модуляції активності низхідних волокон спінальних трактів. Шумове навантаження модулювалось простими повітряними звуками тривалістю 30 с на частотах випромінювання 20, 300, 800, 2000, 5000, 10000 Гц та рівнем звукових коливань 60 дБ. Вибраний діапазон спектра шумів охоплює всі ті області частот, які найчастіше зустрічаються у сучасному житті людини та пов'язані з техногенними впливами [1]. Для реєстрації реципрокного гальмування застосовували метод стимуляційної електроміографії. Реєстрували Н-рефлекс камбалоподібного м'яза, який викликали подразненням аферентних волокон великогомілкового нерва. Ступінь активності мотонейронів у наших дослідках вимірювали за допомогою методу Н-рефлексометрії [6; 8].

Результати та їх обговорення

Оскільки в попередніх наших дослідженнях було виявлено два максимуми зниження Н-відповіді *m. soleus* при реципрокній координації м'язів нижніх кінцівок людини, то взаємозв'язок вестибулярної і слухової сенсорних систем проводили по виявленню максимумам.

Максимум на першій фазі гальмування (10 мс) виявив найбільше гальмування на частоті 2000 Гц (рис. 1). У цифровому вигляді найбільше зниження амплітуди Н-відповіді *m. soleus* відбувалось на частоті 2000 Гц і становило $50,82 \pm 1,34\%$ від контролю. Збільшення Н-відповіді спостерігалось по обидва боки від частоти 2000 Гц. Найменший гальмуючий вплив було відмічено на частоті 20 Гц, що склало $75,7 \pm 5,88\%$, та 10000 Гц – $65,72 \pm 8,78\%$ від контролю.

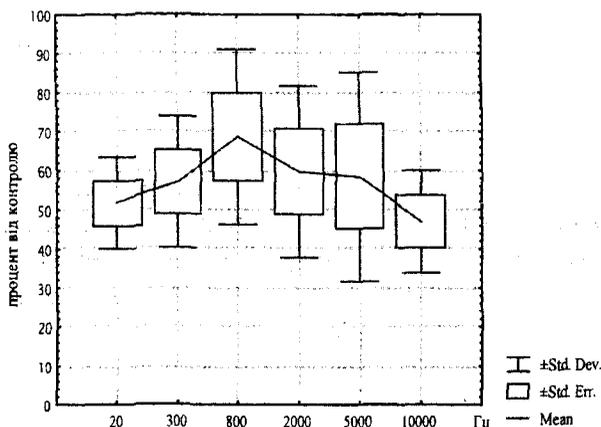


Рис. 1. Зміни амплітуди Н-відповіді *m. soleus* у часовому інтервалі 10 мс між кондиціонуючим та тестуючим подразненням м'язів антагоністів нижніх кінцівок людини при шумових подразниках

Примітка: по вертикалі: відношення амплітуди Н-відповіді м'яза при дії шуму до її значення за відсутності будь-якого шумового навантаження, %. По горизонталі: різні частотні діапазони дії шумового подразника, Гц.

Оскільки частота 2000 Гц входить до мовного діапазону, то вірогідніше за все частоти цього діапазону мають вплив на екстензорний мотонейронний пул *m. soleus*. Сприймання інформації з навколишнього середовища на звукових частотах другої сигнальної системи для людини є дуже важливим, тому посилення гальмуючих впливів екстензорних м'язів нижніх кінцівок людини пов'язане зі збільшенням збудливості центральних механізмів цього координаційного гальмування.

Вірогідніше за все перетворення сенсорних потоків слухової і вестибулярної сенсорних систем починає здійснюватись вже у вестибулярних ядрах, що можна

пояснити близьким анатомічним розташування з вестибулярною системою, це, можливо, спричиняє гальмівні постсинаптичні впливи.

На другому максимумі – (рис. 2) зниження Н-рефлекса (150 мс) – нами спостерігалась дещо інша картина. Найбільше зниження амплітуди Н-відповіді спостерігалось як у низькому (20 Гц), так і у високому (10000 Гц) діапазоні звукових коливань. У середньому діапазоні спостерігалось підвищення амплітуди Н-відповіді камбалоподібного м'яза людини.

У фазі збільшення амплітуди Н-відповіді мотонейронного пула *m. Soleus* (рис. 3) спостерігалась цікава картина: амплітуда Н-відповіді зменшувалась при шумовому навантаженні на низьких (20 Гц) та високих (5000 Гц) частотах. Можна припустити, що в даному випадку більше проявляється гальмуюча роль ретикулярної формації, наслідком чого є неспецифічне гальмування екстензорних мотонейронів. Вплив ретикулярної формації може реалізуватись не тільки за рахунок постсинаптичного гальмування мотонейронів, але й за рахунок виникнення гальмівних постсинаптичних потенціалів у проміжних нейронах.

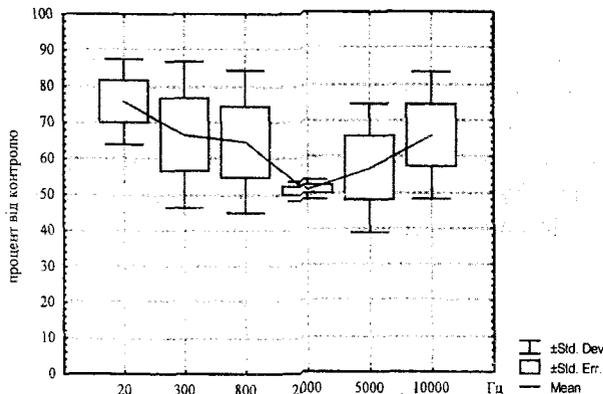


Рис. 2. Зміни амплітуди Н-відповіді *m. soleus* у часовому інтервалі 150 мс між кондиціонуємим та тестуючим подразненнями м'язів антагоністів нижніх кінцівок людини при шумових подразниках

Примітка. Позначення такі ж самі, як і на рис. 1.

Підводячи підсумок можна сказати, що існують два рівня впливів активації рецепторів півколових каналів при відкритих та закритих очах обстежуваних: сегментарні механізми та низхідні впливи. Причому знак їх впливу може виявитися протилежним. В умовах вестибулярної стимуляції спінальні механізми будуть послаблювати, а центральні – посилювати всі фази гальмування в реципрокній взаємодії екстензорних та флексорних м'язів нижніх кінцівок людини. Аферентні імпульси від вестибулярних та зорових структур можуть впливати на нейронний апарат спинного мозку через надсегментарні структури, які беруть участь в організації довільних рухів (інтегративна організація взаємодії та взаємоконтролю червоного ядра, мозочка, ретикулярної формації, ядра Дейтерса та кори головного мозку у зв'язку з обробкою вестибулярного аферентного припливу).

Передбачається, що ці зміни рефлекторних взаємодій можуть бути обумовлені як сегментарними, так і впливами від надсегментарних структур, причому останні мають більш сильний і значимий ефект. Проте не лишає сумніву той факт, що всі ці механізми направлені на більш точну та якісну орієнтацію у просторі та організацію складних координованих рухів.

Поступове послаблення гальмівного ефекту кондиціонуючого стимулу на викликану подразненням *n. tibialis* активність мотонейронного пулу досліджуваного

м'яза, що спостерігалось при збільшенні тест-інтервалу від 10 мс до 50 мс, узгоджується з даними про тривалість ГПСП [2; 5].

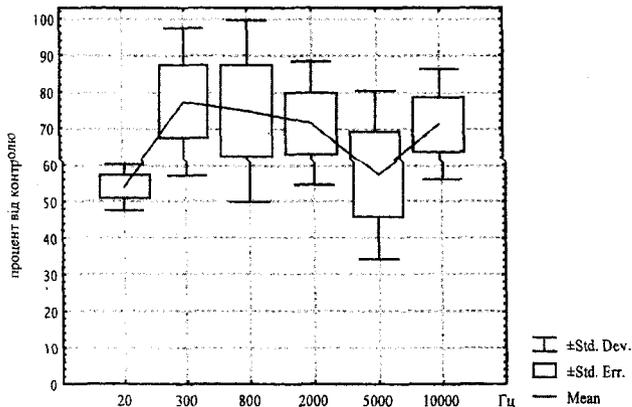


Рис. 3. Зміни амплітуди Н-відповіді *m. soleus* у часовому інтервалі 50 мс між кондиціонуючим та тестуючим подразненнями м'язів антагоністів нижніх кінцівок людини при шумових подразниках

Примітка. Позначення такі ж самі, як і на рис. 1.

Очевидно, через 50 мс після початку дії кондиціонуючого подразнення *n. tibialis* амплітуда ГПСП у мембрані більшості мотонейронів значно зменшувалась і відбувалось відновлення збудливості мотонейронного пулу досліджуваного м'яза, що проявлялося у наших дослідах у збільшенні амплітуди Н-відповіді *m. soleus*.

Деякі дослідники вважають, що у полегшення рефлекторної відповіді м'яза при інтервалах між кондиціонуючим і тестуючим подразненнями від 10 мс до 50 мс може вносити певний вклад надходження до мотонейронного пулу збуджуючої імпульсації через дисинаптичні і трисинаптичні шляхи, активовані волокнами групи 1b, які також можуть збуджуватися при кондиціонуючому подразненні нерва антагоністичного м'яза [2; 4; 7; 10; 11]. У наших дослідженнях активація 1b-волокон була практично виключена, оскільки ми застосовували електричне подразнення *n. peroneus communis* надто малої сили (75% сили подразнення, що викликала виникнення порогової Н-відповіді). Враховуючи, що Н-відповідь виникає саме при активації 1a-аферентних волокон, які характеризуються найнижчим порогом збудження при електричній стимуляції нерва серед других типів аферентних волокон, стає очевидним, що зазначеної сили було недостатньо для активації волокон групи 1b.

Підтвердженням такого висновку може служити особливо чіткий прояв відмінностей дії кондиціонуючого подразнення *n. peroneus communis* на амплітуду Н-відповіді м'яза *soleus* при інтервалах між кондиціонуючим і тестуючим стимулами, що дорівнювали 50 мс і 150 мс. Ці інтервали характеризувались максимальним проявом реципрокного пресинаптичного гальмування у нижніх кінцівках людини. Послаблення реципрокного 1a-гальмування мотонейронів *m. soleus* може свідчити про гальмівну дію нервових волокон, які проводять інформацію від вестибулярної системи, на активність гальмівних 1a-інтернейронів. Пригнічення останніх проявлялося як у випадку вестибулярного впливу на нижні кінцівки людини, так і при інтегрованому впливі від різних сенсорних систем. Це узгоджується з даними, отриманими у гострих дослідах на тваринах, про переважання у VII – IX пластинах сірої речовини спинного мозку нейронів з бімодальними відповідями на вестибулярне подразнення [9; 12].

1. **Базаров В. Г.** Зависимость порога акустического рефлекса от длительности звукового шумового стимула / В. Г. Базаров, Б. С. Морозов // *Вестн. оториноларингологии.* – 1998. – № 3. – С. 13–18.
2. **Персон Р. С.** Спинальные механизмы управления мышечными сокращениями. – М.: Наука, 1985. – С. 111–160.
3. **Попов К. Е.** Пространственное восприятие и вестибулярные реакции у человека / К. Е. Попов, Б. М. Сметанин // *Метрофизиология.* – 1997. – № 6. – С. 15–28.
4. **Cavallari P.** Cutaneous facilitation of transmission in 1b reflex pathways in the human upper limb / P. Cavallari, E. Fournier, R. Katz, K. Malmgrem, E. Pierrot-Deseilligny, M. Shindo // *Exp. Brain. Research.* – 1985. – Vol. 60. – P. 197–199.
5. **Cribble P. L.** Are complex control signals required for human arm movement / P. L. Cribble, D. J. Ostry, V. Sanguinebi, R. Laboissiere // *J. Neurophysiol.* – 1998. – Vol. 79, № 3. – P. 1409–1424.
6. **Goulart F.** Posture – related changes of soleus H-reflex excitability / F. Goulart, J. Valls-Sole, R. Alvares // *Muscle Nerve*, 2000 Jun. – 23 (6). – P. 925–932.
7. **Jancowska E.** Shared reflex pathways from 1b tendon organ afferents in the cat / E. Jancowska, D. Mc Crea // *J. Physiol.* – 1983. – Vol. 338, № 5. – P. 99.
8. **Pierrot-Deselligny E.** Evidence for supraspinal influences on Renshaw inhibition during motor activity in man / E. Pierrot-Deselligny, C. Morine // *Spinal and supraspinal mech. voluntary mot. contr. and locomot.* – Basel etc., 1980. – P. 142–169.
9. **Pompeiano O.** Responces of Renshaw cells coupled with hindlimb extensor motoneurons to sinusoidal stimulation of labyrinth receptors in the decerebrate cat / O. Pompeiano, P. Wand, U. C. Srivastava // *Pflugers. Arch*, 1985 Mar. – 403 (3). – P. 245–257.
10. **Rossi A.** Influence of different static head – body positions on spinal lumbar interneurons in man: the role of the vestibular system / A. Rossi, R. Mazzocchio // *J. Otorhinolaryngol. Relat. Spec.*, 1988. – 50(2). – P. 119–126.
11. **Rossi A.** Evidence for Renshaw cell – motoneuron decoupling during tonic vestibular stimulation in man / A. Rossi, R. Mazzocchio, C. Scarpini // *Exp. Neurol.*, 1987. – 98 (1). – P. 1–12.
12. **Schomburg E. D.** Spinal sencerimotor systems and their supraspinal control // *Neurosci Res.* – 1990. – № 7. – P. 265–267.

Надійшла до редколегії 17.02.05