

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ НЕРВОВИМИ ТКАНИНАМИ ТА ЇХ МОНІТОРИНГ В ПРОЦЕСІ ХІРУРГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

Дивак А.М.

Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського, студент

І. Постановка проблеми

В процесі проведення операції, наприклад, для видалення пухлини у сполучній тканині існує ризик пошкодження нервової тканини. У випадку проведення операцій на щитоподібній залозі є ризик пошкодження зворотного гортанного нерва. Для зниження цього ризику використовують засоби нейромоніторингу [1-2]. Один із найбільш уживаних способів моніторингу описано у працях [3,4]. Суть зазначеного способу полягає у подразненні тканин хірургічної рани змінним струмом фіксованої частоти і фіксації реакції на це подразнення за скороченням голосових зв'язок. Фіксація реакції на подразнення здійснюється із використанням звукових сенсорів, встановлених у ендотрахеальній трубці. В подальшому отриманий звуковий сигнал опрацьовують за допомогою персонального комп'ютера на основі аналізу спектральних характеристик отриманого звукового сигналу. В кінцевому випадку спектр звукового сигналу характеризує тип тканини у точці подразнення (м'язова чи нервова тканина).

Зазначений вище спосіб ґрунтується на гіпотезі про різну провідність електричного сигналу тканинами хірургічної рани. Разом з тим дослідження фрагментів звукових сигналів, отриманих у процесі проведення хірургічних операцій і накопичених в базі даних показали, що такий спосіб не гарантує безпомилкової класифікації тканин хірургічної рани. Цей факт обумовлено тим, що механізм передачі електричного заряду тканинами хірургічної рани, зокрема нервовими тканинами є набагато складніший, ніж описаний авторами зазначеного пристрою [3]. Тому для подальшого удосконалення цього пристрою доцільно в повній мірі урахувати механізм поширення електричних зарядів в нервових тканинах, зокрема у зворотному гортанному нерві.

II. Мета роботи

Зважаючи на наведене вище, метою дослідження є детальний аналіз процесів поширення електричних зарядів в зворотному гортанному нерві і на цій основі формулювання принципів можливого удосконалення відомого пристрою для моніторингу зворотного гортанного нерва.

III. Особливості передачі електричних сигналів нервовими тканинами

Спочатку розглянемо будову зворотного гортанного нерва (*nervus laryngeus recurrens*).

Як відомо, зворотній гортанний нерв є відгалуженням блукаючого нерва. Його товщина в області щитоподібної залози сягає 3 мм. Структурно, тканини зворотного гортанного нерва складаються з осевого циліндра, мієлінової оболонки, нейролеми та базальної мембрани. Нейролема утворена цитоплазматичними частинами нейролемоцитів та їхніми ядрами (Шванівські клітини). Мієлінова оболонка одягає осевий циліндр повздовж, вона відсутня у місці відходження відростка від тіла нейрона, в ділянці термінальних розгалужень аксона і в ділянках, які мають назву вузлових перехваток (перехвати Ранв'є) [5].

Електричні заряди під час подразнення тканин хірургічної рани струмом, протікають завдяки перехватам Ранв'є у спосіб послідовної зміни електричних потенціалів у цих перехватах.

У стані спокою (при відсутності подразнення) зовнішня поверхня всіх перехватів Ранв'є заряджена позитивно за рахунок іонів Na. Між сусідніми перехватами немає різниці потенціалів. Нанесення подразнення в будь-якій ділянці нервового волокна потоком електронів (електричним струмом) викликає збудження цієї ділянки і внаслідок відкриття натрієвих каналів та наступного проходження іонів натрію всередину клітини збуджений перехват стає негативно зарядженим по відношенню до сусіднього, не збудженого перехвату. Внаслідок виникнення різниці потенціалів між цими ділянками, виникає потік іонів через навколишню тканинну рідину і аксоплазму. При цьому в сусідній не збудженій ділянці на поверхні зменшується позитивний заряд внаслідок того, що позитивно заряджені іони йдуть до збудженої ділянки, а всередині зменшується негативний заряд внаслідок притягання позитивних іонів від збудженої ділянки. Внаслідок цього в сусідній ділянці зменшується мембранний потенціал. Це явище називається деполаризація, яка при досягненні

критичного рівня викликає виникнення потенціалу дії (ПД). Так, сусідня ділянка, по відношенню до збудженої стає збудженою і може збуджувати сусідній перехват [5].

ПД, що виник в одному перехваті, здатний викликати збудження не лише в тому, що лежить поряд перехваті, але і в сусідніх 2-3 перехватах. Це створює гарантію проведення збудження по волокну, якщо навіть 1-2 перехвати, що лежать поряд, пошкоджені.

Гіпотеза про різну провідність тканин хірургічної рани, на якій побудований пристрій для моніторингу ЗГН, описаний в працях [3,4] справджується не в повній мірі. Так, інерційність процесу поширення електричного заряду від одного перехвата Ранв'є до іншого перехвата суттєво відрізняється від протікання електронів в провідниках і обмежує можливості по швидкості поширення електричних сигналів в нервових тканинах. Для ЗГН кількість імпульсів за 1 сек складає не більше 2500 імпульсів. Варто також зазначити, що нервова тканина під'єднана до м'язової через синапс, інерційність якого, з точки зору передачі електричних сигналів, у декілька разів вища по відношенню до нервових тканин.

Можемо також стверджувати, що у випадку підвищення частоти подразнення нервової тканини реакція на кожне подразнення буде відсутня у силу неможливості відновлення заряду (затухання процесу перезаряду) в натрієвих камерах перехватів Ранв'є. Подібні випадки експериментально підтверджено у працях відомого електрофізіолога Б. Катца [6].

В подальших дослідженнях варто також встановити електричну ємність натрієвої камери перехватів Ранв'є. Це дасть змогу імітувати процеси поширення електричних зарядів в нервових тканинах за допомогою замісних електричних кіл.

Проведений огляд досліджень щодо поширення електричних сигналів у зворотному гортанному нерві дає можливість сформулювати принципи щодо подальшого удосконалення пристрою для моніторингу зворотного гортанного нерва, наведеного в патенті [3]:

- 1) зважаючи на швидкість передачі електричних сигналів нервовими тканинами, частота змінного струму не може перевищувати 2,5 кГц, а з врахуванням інерційності синапсу, частоту доцільно понизити в 3 рази. В протилежному випадку, сформований сигнал подразнення змінним струмом буде неефективним;
- 2) для підвищення чутливості, запропонованого авторами способу, доцільно взамін подразнення тканин хірургічної рани змінним струмом, використати подразнення електричними імпульсами з різною частотою та скважністю.
- 3) у випадку використання для подразнення тканин хірургічної рани електричних імпульсів, які слідує з різною частотою, взамін спектрального аналізу доцільно використати інші методи опрацювання реакції на подразнення тканин хірургічної рани, зокрема, амплітуду реакції на подразнення та час затухання електричного імпульсу, а також кореляційний аналіз.

Висновок

У роботі проведено аналіз особливостей поширення електричних сигналів у нервових тканинах, зокрема, у зворотному гортанному нерві. На основі проведеного аналізу сформульовано вимоги до удосконалення існуючого електрофізіологічного способу моніторингу тканин хірургічної рани в процесі проведення хірургічної операції на щитоподібній залозі. Встановлено необхідність взамін використання способу подразнення змінним струмом, використати спосіб подразнення електричними імпульсами. Такий підхід створює передумови для підвищення чутливості пристрою моніторингу зворотного гортанного нерва, що в результаті може забезпечити зниження ризику його пошкодження.

Список використаних джерел

1. Abstract book of First World Congress of Neural Monitoring in Thyroid and Parathyroid Surgery, Krakow, Poland, September 2015, 161 p.
2. V.H. Riddell, "Thyroidectomy: prevention of bilateral recurrent nerve palsy, "British Journal of Surgery, vo 57 no. 1, pp 1-1 1, Jan 1970
3. Дивак М.П., Козак О.Л., Шідловський В.О. Спосіб ідентифікації гортанного нерва з інших тканин хірургічної рани при проведенні хірургічних операцій на щитовидній залозі / Патент України на корисну модель №51174 . Зар. 12.07.2010. Опубл. 12.07.2010.- Бюл.№13.
4. M. Dyvak et.al., Interval model for identification of laryngeal nerves, "Przegląd Elektrotechni vol. 86 no. 1, pp. 139-140, 2010
5. Фізіологія: Навч. посіб / За ред. В.Г. Шевчука. – Вінниця: Нова книга, 2012.
6. Bernard Katz. Nerve, Muscle and Synapse. McGraw-Hill Series in the New Biolog.- McGraw-Hill Book Company.-Toronto, London, Sydney.-1966. P.220.