

Г. А. Прудников

Сочетание различных временных нейро-нейрональных взаимосвязей в дорсо-медиальных отделах продолговатого мозга

Белорусский государственный медицинский университет

В ходе исследования продемонстрировано, что в дорсо-медиальных отделах продолговатого мозга имеется высоко интегрированная организация локальных нейронных групп с превалированием особых видов временных взаимосвязей нейронной активности. При этом наиболее частым является сочетание синхронных тормозных с быстрыми или отсроченными возбуждающими взаимосвязями. Сочетание синхронных тормозных с отсроченными возбуждающими взаимосвязями имеет такую особенность, что может проявляться не только как конвергенция возможных влияний соседних нейронов, но и зачастую как преходящая динамика активности отдельного нейрона после разрядов определенного соседнего нейрона.

Ключевые слова: продолговатый мозг, мультинейронная активность.

Известно, что в дорсо-медиальных отделах продолговатого мозга, изменение активности отдельного нейрона после разрядов соседних единиц представляют собой не стереотипное уменьшение или увеличение частоты разрядов, а скорее сложное последовательное сочетание процессов возбуждения и торможения [6]. Целью работы явилось изучение возможных сочетаний временных нейронных взаимосвязей в дорсо-медиальных отделах продолговатого мозга.

Материал и методы

Опыты проводились на 20 беспородных крысах (самцы, масса 290-350 г, возраст 6-7 месяцев), анестезированных внутрибрюшинным введением уретана (1.0 г/кг). С с помощью портативного $^{\circ}0.5 \pm$ Температура тела поддерживалась в пределах 37 электрообогревателя и теплоизоляции животного. Эвтаназия животных после опыта осуществлялась декапитацией под наркозом. Все хирургические и экспериментальные процедуры над животными проводились в соответствии с требованиями комиссии БГМУ по использованию животных в учебном процессе и экспериментах.

Координаты регистрируемых областей продолговатого мозга выбирались по стереотаксическому атласу - 12.0 мм каудальнее от Брегма, 1.5 мм латеральнее сагитального шва и 5.7-6.1 мм от поверхности мозга, что соответствует расположению ядер солитарного тракта. Мультинейронная активность записывалась с помощью остеклованных вольфрамовых микроэлектродов с сопротивлением 8-9 МОм [1]. Сигнал от микроэлектродов фильтровался (диапазон 200 - 10000 Гц), усиливался в 1000 раз, оцифровывался с частотой дискретизации 22050 Гц и хранился на винчестере персонального компьютера. Пост-экспериментальная цифровая обработка данных, состоящая в идентификации, сортировке спайков и в определении моментов времени появления разрядов отдельных нейронов с последующим построением нейро-нейрональных кросскоррелограмм (диапазон 60 мс, ширина бина 1 мс), была

выполнена общепринятым способом с использованием оригинальных авторских программ [1, 2, 3, 5].

В конце опытов, для идентификации места локализации микроэлектрода через него пропусклся постоянный ток 10 мкА в течение 5 минут. Далее проводилась декапитация животного, череп вскрывался и помещался в 10% раствор формалина на 48 часов. Затем изготавливались серийные парафиновые срезы продолговатого мозга, толщиной 5 мкм, которые окрашивались по Нисслю. Место локализации микроэлектрода определялось под микроскопом по наличию области некроза, вызванного электролизом тканей.

Результаты и обсуждение

В ходе опытов была зарегистрирована активность 47 нейронов, 20 нейронных групп по 2-3 нейрона в одной нейронной группе.

4.4%) временных \pm В 12 ($60.0 \pm 11.2\%$) нейронных группах тринадцать (17.6 взаимосвязей) характеризовались наличием выраженных пиков на кросс-коррелограммах во временном диапазоне 3-9 мс относительно центра гистограмм. Такой вид взаимосвязей может отражать наличие синаптического возбуждающего влияния одного нейрона на другой. Такая взаимосвязь может быть также следствием передачи возбуждения от общего источника к одному из нейронов непосредственно, а к другому через цепь из одного или нескольких интернейронов. Это свойственно для организации нейронных сетей в ядрах солитарного тракта, поскольку известно, что, например, импульсация от барорецепторов к некоторым нейронам может поступать непосредственно моносинаптически, а к некоторым полисинаптически. И в том и другом случае такая временная взаимосвязь является проявлением процессов возбуждения и может быть интерпретирована как быстрая возбуждающая.

3.0%) из выявленных временных \pm В 6 ($30.0 \pm 10.5\%$) нейронных группах шесть (8.1 взаимосвязей) имели значительные пики на гистограммах во временном диапазоне 0-2 мс. Данный вид взаимосвязей может быть охарактеризован как синхронное возбуждение и обычно является следствием эффектов общего возбуждающего влияния на оба нейрона.

В одной ($5.0 \pm 5.0\%$) нейронной группе была выявлена только одна взаимосвязь характеризующаяся значительным минимумом в диапазоне 3-9 мс относительно центра коррелограммы – быстрая тормозная связь. Данная временная связь может свидетельствовать о том, что к нейрону торможение от общего источника передавалось через цепь из одного или нескольких интернейронов.

В 16 ($80.0 \pm 9.2\%$, $p < 5.8\%$, ± 0.05) нейронных группах тридцать шесть (48.6% , $p < 0.05$) взаимосвязей были детектированы по выраженному минимуму в диапазоне 0-2 мс – синхронные тормозные взаимосвязи. Наличие такого минимума на гистограммах может свидетельствовать о тормозном влиянии одного из изучаемых нейронов на второй. Также такая взаимосвязь может быть следствием эффектов общего тормозного входа на оба нейрона или взаимно-тормозным влиянием обоих нейронов. Наконец такой вид взаимосвязи может проявляться тогда, когда возбуждающие влияния поступают на один нейрон непосредственно, а на второй посредством тормозного интернейрона. В каждом

из этих случаев, данный вид временной межнейронной связи отражает процессы торможения в нейронных сетях.

В 10 (50.0±11.5%) нейронных группах восемнадцать временных взаимосвязей (5.0%) характеризовались пиками в диапазоне 10-25 мс. Такие взаимосвязи±(24.3 могут интерпретироваться как отсроченные возбуждающие и могут быть обусловлены медленными Ca²⁺-опосредованными изменениями возбудимости нейрона после разрядов соседней нервной клетки. Также такая взаимосвязь может быть следствием косвенного влияния одного нейрона на другой через цепь интернейронов.

Приведенные данные демонстрируют, что синхронные тормозные, и отсроченные возбуждающие временные взаимосвязи встречались наиболее часто среди всех выявленных взаимосвязей (75.7±5.2%) и наблюдались в преобладающем большинстве изученных нейронных групп (p < 0.05).

5.5%) после разрядов разных±Изменение активности восьми нейронов (17.0 соседних нервных клеток характеризовалось сочетанием первого и четвертого типов 14.0% быстрых±вышеописанных временных взаимосвязей. Другими словами 61.5 5.5% синхронными±возбуждающих взаимосвязей наблюдались в сочетании с 22.2 5.2%) имело такое сочетание±ингибиторными взаимосвязями. Семь нейронов (14.9 изменения своей активности после разрядов одного и того же соседнего нейрона.

4.5%) характеризовались наличием первого и четвертого±Пять нейронов (10.6 типов временных взаимосвязей при изменении своей активности по отношению к 14.0% быстрых возбуждающих взаимосвязей±соседним нервным единицам. То есть, 38.5 10.9% отсроченных возбуждающих взаимосвязей.±комбинировалось с 27.8

2.9%) после разрядов соседних нервных±Изменение активности двух нейронов (4.3 клеток проявлялось сочетанием второго и четвертого типов временных 21.0% синхронных±нейро-нейрональных взаимосвязей. Иными словами 33.3 3.9% синхронных ингибиторных±возбуждающих взаимосвязей сочеталось с 5.6 взаимосвязей.

2.9%) после разрядов соседних нервных±Изменения активности двух нейронов (4.3 клеток проявлялось сочетанием второго и пятого типом временных взаимосвязей. 21.0% синхронных возбуждающих взаимосвязей наблюдалось±Таким образом, 33.3 7.6% отсроченных возбуждающих взаимосвязей.±совместно с 11.1

4.0%) характеризовались наличием первого, четвертого и±Четыре нейрона (8.5 пятого типов взаимосвязей при изменении своей активности после разрядов 13.3% быстрых возбуждающих±различных соседних нейронов. То есть, 30.8 5.3% синхронных тормозных и±взаимосвязей наблюдалось как сочетание с 11.1 10.0% отсроченных возбуждающих временных взаимосвязей. ±22.2

6.2%) по отношению ко времени±Изменение активности одиннадцати нейронов (23.4 появления разрядов рядом расположенных нервных единиц проявлялось сочетанием четвертого и пятого типов нейро-нейрональных временных взаимосвязей. Иными 7.7% синхронных тормозных взаимосвязей встречались в

комбинации с±словами, 30.6 11.8 % отсроченных возбуждающих взаимосвязей.±61.1

7.25%) изменение активности после разрядов±Наконец, у 26 нейронов (55.3 соседних нейронов выглядело как сочетание четвертого с первым или пятым типом 7.5% синхронных тормозных±временных взаимосвязей. То есть 72.2 нейро-нейрональных взаимосвязей встречалось в комбинации с быстрыми или отсроченными возбуждающими взаимосвязями.

Как уже указывалось, среди зарегистрированных нейронов, изменения активности 6.2%) клеток после разрядов соседних нейронов проявлялось как±одиннадцати (23.4 сочетание четвертого и пятого типов временных межнейронных связей. При этом 4.8%) изменялась таким же образом после разрядов±активность шести нейронов (12.8 одной и той же нервной клетки. 11.4%±6.2% синхронных тормозных и 33.3±Это свидетельствует о том что, 16.7 отсроченных возбуждающих наблюдались сочетанно и последовательно после разрядов одного и того же нейрона.

5.7%) наблюдалось сочетанное±Всего же после активности 9 нейронов (19.1 7.3%) и отсроченная активация±последовательное синхронное торможение (25.0 12.1%) соседних нейронных единиц.±(50.0

Выводы

Представленные результаты демонстрируют, что в дорсо-медиальных отделах продолговатого мозга имеется высоко интегрированная функциональная организация локальных нейронных групп с превалированием особых видов временных взаимосвязей нейронной активности. Наиболее частым является сочетание синхронных тормозных взаимосвязей с быстрыми или отсроченными возбуждающими. Сочетание синхронных тормозных с отсроченными возбуждающими взаимосвязями имеет такую особенность, что может проявляться не только как конвергенция возможных влияний соседних нейронов, но и зачастую как преходящая динамика активности отдельного нейрона после разрядов определенного соседнего нейрона.

Литература

1. McAllen, R. M. Analysis of firing correlation between sympathetic premotor neuron pairs in anesthetized cats / R. M. McAllen, D. Trevaks, A. M. Allen // J. Neurophysiology. 2001. Vol. 85. P. 1697–1708.
2. Perkel, D. H. Neuronal spike trains and stochastic point processes. Simultaneous spike trains / D. H. Perkel, G. L. Gerstein, G. P. Moore // Biophysics J. 1967. Vol. 7. P. 419–440.
3. Perkel, D. H. Neuronal spike trains and stochastic point processes. The single spike train / D. H. Perkel, G. L. Gerstein, G. P. Moore // Biophysics J. 1967. Vol. 7. P. 391–418.
4. Prudnikau, H. A. Computing complex for registration of neuronal ensemble activity / H. A. Prudnikau // Bulletin of Russian State Medical University. 2004. Vol. 3, № 34. P. 179.
5. Prudnikau, H. A. Registration of multiunit activity and analysis of neuro-neuronal, cardio-neuronal and respiratory-neuronal temporal relationships / H. A. Prudnikau // Eur Neuropsychopharmacol. 2006. Vol. 16, Suppl. 4. S. 217.
6. Prudnikau, H. A. Temporal Neuronal Relationships in Dorso-Medial Medulla of Rats / H. A. Prudnikau // Abstracts of the 35-th Conference of Young Scientists, Russia, Smolensk. 2007. P. 95–96.