

УДК 612.826+612.886

Л. П. Манукян, В. А. Саргсян

Синаптические механизмы вестибуло-таламических взаимоотношений

(Представлено чл.-кор. НАН РА Л. Р. Манвеляном 9/III 2004)

Известно, что таламус является основным реле передачи восходящих вестибулярных сигналов в кору мозга [1-3]. Основным носителем этих сигналов является восходящий тракт Дейтерса, который хорошо представлен почти у всех млекопитающих [4]. Проекция в составе этого тракта достигают коры мозга обезьяны через вентрозаднее ядро таламуса [5,6], а также зрительной коры кошки через центральное латеральное и парацентральное ядра таламуса [7]. С целью завершения серии наблюдений по афферентному контролю активности вестибуло-спинальных (ВС) нейронов ядра Дейтерса [8] была проведена настоящая работа по исследованию антидромных и синаптических механизмов вестибуло-таламических взаимоотношений.

Опыты проведены на 57 взрослых кошках массой 2.5-3.5 кг, наркотизированных нембуталом (45-50 мг/кг) или 2% рометаром или калипсолом (0.5 мг/кг). Биполярными вольфрамовыми электродами раздражались таламическое ядро Centrum Medianum (билатерально) (СМ) и вентрозаднее ядро таламуса (VPL) (контралатерально), соответственно по следующим стереотаксическим координатам: L 3, H 1, A 7 и L 6, H 1, A 9 [9]. ВС нейроны ядра Дейтерса идентифицировались по их антидромным потенциалам действия (ПД), вызванным раздражением латерального ВС тракта на уровне C_{2-3} шейных сегментов спинного мозга. Биполярно раздражались вестибулярные нервы обеих сторон (0.1-0.15 мА, 0.1-0.5 мс, 1.0-10.0 В). Внутриклеточная активность нейронов ядра Дейтерса регистрировалась стеклянными микроэлектродами с сопротивлением 2-10 МОм, заполненными 2М раствором KCl. Точки раздражения и отведения верифицировались гистологически.

Зарегистрирована внутриклеточная активность 292 нейронов латерального вестибулярного ядра (ЛВЯ), из них 154 реагировали на раздражение СМ и VPL таламуса.

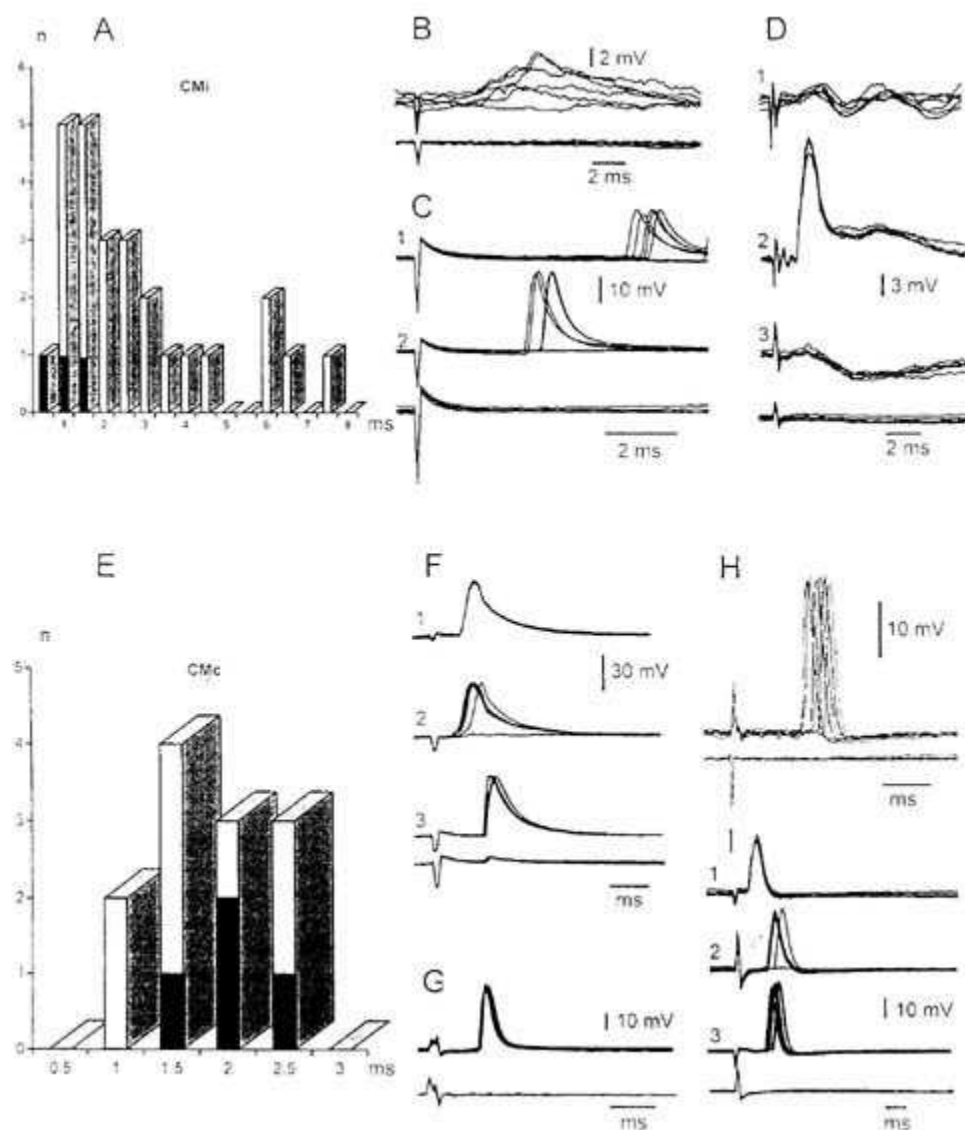


Рис. 1. Антидромные и синаптические потенциалы нейронов ядра Дейтерса, вызванных раздражением ипси- (СМi) и контралатерального (СМс) ядер *Centrum medianum* таламуса. А, Е - гистограмма распределения скрытых периодов потенциалов нейронов ядра Дейтерса вызванные раздражением соответственно СМi и СМс. Темные столбики на А, Е - идентифицированные ВС нейроны; В, D₁ - ВПСР и ТПСР двух нейронов ядра Дейтерса, вызванные раздражением СМi; D_{2,3}; F₂ - конвергенция влияний из ипси-(D 2, F 2) и контралатерального (D 3) VIII нервов на нейроны ядра Дейтерса; C_{1,2} - полисинаптические ПД нейрона ядра Дейтерса при пороговом (C₁) и надпороговом (C₂) раздражении; F 3, G - антидромные ПД двух нейронов, вызванные раздражением СМс; Н - синаптический ПД нейрона ядра Дейтерса, вызванный раздражением СМс. F₁, I₁ - антидромное ПД двух ВС нейронов ядра Дейтерса, вызванное раздражением латерального ВС тракта. F₃ - антидромный ПД того же нейрона на раздражение СМс. I_{2,3} - конвергенция влияний из СМс (I₂) и VPL (I₃) на ВС нейрон ядра Дейтерса. Здесь и на следующем рисунке приведенные потенциалы зарегистрированы усилителем постоянного тока при наложении 5-10 пробегов луча; частота повторения 5/с. Нижние записи на В - I - потенциалы поля при

Ответы на раздражение СМ. Раздражение как ипсилатерального СМ (СМ_и), так и контралатерального СМ (СМ_с) вызвало в нейронах ядра Дейтерса преимущественно синаптические ответы (рис.1,С,Н). В случае раздражения СМ_и они возникали со скрытым периодом 0.8-26.0 (n=23) (рис.1,А). Моно- и полисинаптические возбуждающие постсинаптические потенциалы (ВПСП) и тормозной постсинаптический потенциал (ТПСП) на раздражение СМ_и регистрировались относительно реже, что, вероятно, можно объяснить низким порогом деполяризации для вызова ортодромного потенциала действия (ПД) (рис.1,В и D₁). 5 нейронов из 23, активированных от СМ_и, были идентифицированы как ВС нейроны (рис.1,А, темные столбики). В трех нейронах ядра Дейтерса стимуляция СМ_и вызывала антидромные ПД.

Раздражение СМ_с вызывало в нейронах ядра Дейтерса также преимущественно ортодромные ПД, со скрытым периодом 1.1-2.7 (рис.1,Е). 4 из них были идентифицированы как ВС нейроны (рис.1, Е, темные столбики; F₃). Среди ортодромных ПД два возникали моносинаптически, а остальные - ди- и полисинаптически. В четырех нейронах раздражение СМ_с вызывало антидромные ПД (рис.1,F₁,G). ВПСП и ТПСП в ответ на раздражение СМ_с не наблюдались. Была отмечена конвергенция влияния от СМ_и, контра- и ипсилатерального VIII нервов (рис.1,D), а также ипсилатерального VIII нерва и СМ_с на ВС нейроны ядра Дейтерса (рис.1,F). В некоторых ВС нейронах ядра Дейтерса наблюдалась конвергенция влияния от СМ_и и СМ_с (рис.1,I).

Ответы на раздражение VPL таламуса. Раздражение контралатерального VPL таламуса в 108 нейронах ЛВЯ вызывало в основном полисинаптические реакции. Они возникали со скрытым периодом в широких пределах от 1.2 до 36.0 (рис.2,А). 22 нейрона из этой группы были идентифицированы как ВС нейроны (рис.2,А темные столбики; В,2, Е₁,F₃). В 8 нейронах вызывались полисинаптические ВПСП, на верхушке которых, как правило, возникали вспышки ПД (рис.2,F₁,G_{1,2}). Реже раздражение VPL таламуса вызывало ТПСП

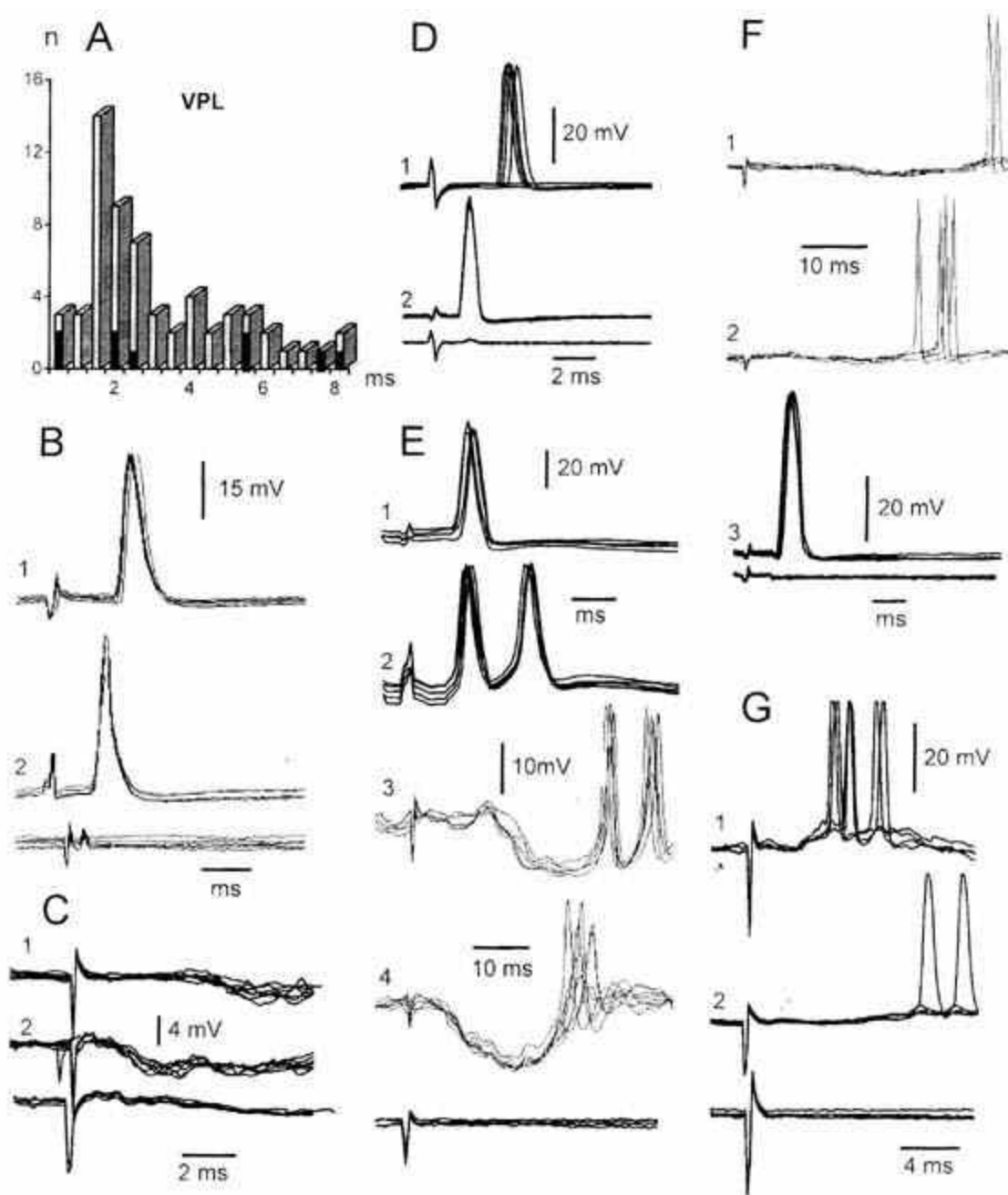


Рис. 2. - Антидромные и синаптические потенциалы нейронов ядра Дейтерса, вызванные раздражением контралатерального вентрозаднего ядра таламуса. А - гистограмма распределения скрытых периодов потенциалов нейронов ядра Дейтерса вызванные раздражением VPL. Темные столбики - идентифицированные ВС нейроны. В₁, D₁, F₁ и G - (В₁) и полисинаптические ПД трех нейронов ядра Дейтерса на раздражение VPL; В₂, D₂, E₁ и F₃ - антидромные ПД четырех ВС нейронов ядра Дейтерса, вызванные раздражением латерального ВС тракта; С₁, E₃ - ТПСП (С₁) с реакцией облегчения (Е₃) двух нейронов ядра Дейтерса на раздражение VPL. С₂, E₄ и F₂ - ТПСП (С₂, E₄) и полисинаптические ПД двух нейронов ядра Дейтерса на раздражение контралатерального VIII нерва; E₂ - ответ нейрона на раздражение ипсилатерального VIII нерва; E - пример конвергенции влияний из ипси-

(E₂) и контралатерального (E₄) VIII нервов и VPL (E₃) на ВС нейрон (E₁) ядра Дейтерса.

Нижние записи на В - G - потенциалы поля при внеклеточном отведении.

(рис.2,C₁), которые завершались реакцией облегчения (рис.2,E₃). В пяти нейронах ядра Дейтерса раздражение VPL таламуса вызывало ПД с очень коротким скрытым периодом (0.1-0.3), которые, вероятно, можно отнести к разряду интрааксональных. Наблюдалась широкая конвергенция влияний на нейронах ядра Дейтерса со стороны VPL таламуса, контра- и ипсилатерального VIII нервов (рис.2,E).

Проведенные эксперименты показали, что раздражение таламических ядер СМ и VPL в большинстве нейронов ядра Дейтерса вызывает полисинаптические и реже моносинаптические реакции. Это свидетельствует о том, что, как и в случае множества уже изученных структур ЦНС [8,10], таламус также прямо или опосредованно модулирует деятельность ВС системы. Регистрация антидромных реакций нейронов ядра Дейтерса на раздражение СМ указывает также на наличие обратной связи с таламусом. Полученная в таком случае вестибулярная информация достигает затем коры мозга и дальше через кортико-спинальный путь участвует в контроле мотонейронов спинного мозга.

Таким образом, вестибуло-таламические пути, вовлекаясь в интегративную деятельность ядра Дейтерса, активно участвуют в процессе регуляции позы и ориентации тела в пространстве.

Авторы выражают свою благодарность NFSAT за содействие в приобретении установки "APP-1 all Purpose Pipette Puller". Изготовленные на этой установке микроэлектроды использовались в проведении настоящего исследования.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели НАН РА

Литература

1. *Maciewicz R. J., Phipps B. S., Bry J., Highstein M.* - Brain Res. 1982. V. 252. P. 1-11.
2. *Nagata S.* - Brain Res. 1986. V. 376. P. 57-70.
3. *Wild J. M.* - J. Comp. Neurol. 1988. V. 271. P. 451-460.
4. *Baker R., Highstein S. M.* - J. Neurophysiol. 1978. V. 41. P. 1929-1946.
5. *Buttner U., Lang W.* - In: R. Granit and O. Pompeiano, Progress in Brain Research. V. 50. Reflex Control of Posture and Movement. Elsevier. Amsterdam. 1979. P. 581-588.
6. *Buttner U., Henn V., Oswald H. P.* - Brain Res. 1977. V. 30. P. 435-444.
7. *Vanni-Mercier G., Magnin M.* - Exp. Brain Res. 1982. V.45. P. 451-455.
8. *Sarkisian V. H.* - Arch. Italian Biology. 2000. V. 138. P. 245-353.
9. *Berman A. L.* The brain stem of the cat. A cytoarchitectonic atlas with stereotaxic coordinates. Wisconsin. Madison etc. 1968.
10. *Wilson V. J., Melvill-Jones, G.* - Mammalian Vestibular Physiology. Plenum Press. New York. London. 1979. P. 356.

Լ. Փ. Մանուկյան, Վ. Հ. Սարգսյան

**Վեստիբուլաթալամուսային փոխհարաբերությունների
սինապսային մեխանիզմները**

Դիտարկվել են կատվի Դեյտերսի կողմնային վեստիբուլային կորիզի նեյրոնների և թալամուսի կորիզների միջև առկա փոխհարաբերությունները: Ցույց է տրվել, որ թալամուսի Centrum Medianum և հետին վենտրալ կորիզների (VPL) էլեկտրական դրդումը Դեյտերսի կորիզի նեյրոնների մեծ մասի մոտ հրահրում է բազմասինապսային, իսկ երբեմն նաև մոնոսինապսային պատասխաններ: Սա վկայում է, որ ինչպես ուղեղի բազմաթիվ ուսումնասիրված այլ կենտրոնների դեպքում, թալամուսը նույնպես ուղղակի կամ միջնորդավորված կերպով մոդուլացնում է վեստիբուլատոնոլեդային համակարգը: Իր հերթին Դեյտերսի նեյրոնները իրենց վերընթաց աքսոնների միջոցով վեստիբուլային ինֆորմացիան հասցնում են թալամուս, որն այնուհետև կեղևային մշակումից հետո կեղևատոնոլեդային ուղիով մասնակցում է ողնուղեղի շարժիչ նեյրոնների հսկողությանը: Վերջին հաշվով վեստիբուլաթալամուսային կապերը, ընդգրկվելով Դեյտերսի կորիզի ամբողջացնող գործունեության մեջ, իրենց ուրույն մասնակցությունն են դրսևորում տարածության մեջ մարմնի դիրքի և կողմնորոշման կարգավորման գործընթացում: