

ДИСКУСІЇ

Про періелектротон

А. А. Трададюк

М. Є. Введенський у 1920 р. описав зміни збудливості, які настають на деякій віддалі від поляризуючих електродів. Ці зміни протилежні тим, що відбуваються безпосередньо біля поляризуючих електродів. Це явище було названо М. Є. Введенським періелектротонем або побічними електротонічними змінами збудливості. Біля аноду поляризуючого струму збудливість знижується. На віддалі ж 2,5—3 см від аноду вона підвищується. Біля катоду збудливість підвищується, а на віддалі 2,5—3 см від нього — знижується.

При розмиканні поляризуючого струму зміни збудливості навколо електродів стають протилежними. Отже, періелектротонічні зміни збудливості при розмиканні поляризуючого струму також протилежні змінам, що виникають поблизу поляризуючих електродів.

Сам М. Є. Введенський не встиг детально дослідити періелектротон, тому його учні і послідовники продовжували вивчати умови і закономірності виникнення і перебігу періелектротону.

Літературні дані з цього питання часто суперечливі.

Л. Л. Васильєв (1930) при поляризації нерва сильними струмами в умовах відносно доброї ізоляції спостерігав періелектротон лише в 20% випадків.

І. А. Аршавський (1935) на основі власних досліджень прийшов до висновку, що для виникнення періелектротону треба застосовувати слабку напругу поляризуючого струму (не більше 1 в). Невдачі Васильєва він пояснює застосуванням сильних поляризуючих струмів.

М. Є. Введенський застосовував як слабкий, так і сильний поляризуючий струм, причому періелектротон був виявлений в обох випадках. Він вважав, що одержати періелектротон у зимових жаб неможливо. Однак Д. Гедевані (1932, 1933), С. І. Фудель-Осипова (1949), повторивши досліди Гедевані, спостерігали періелектротон і в зимових жаб після того, як вони протягом деякого часу знаходились у лабораторії.

Немає єдиної думки і в питанні про межі переходу електротону в періелектротон.

М. Є. Введенський вказував, що періелектротон виникає на віддалі 2,5—3 см від поляризуючих електродів. За П. О. Макаровим (1944), перикателектротон виникає на віддалі 17 мм від катоду, а періанелектротон — 19,5 мм від аноду.

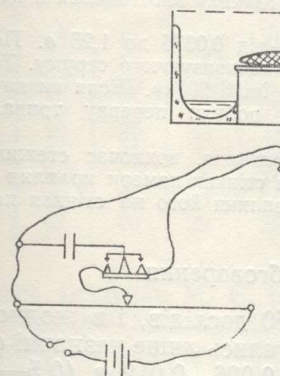
Є. Гальвас (1944) відзначає, що межа переходу електротону в періанелектротон знаходиться на віддалі 16—20 мм від аноду; для перикателектротону — 26—36 мм від катоду.

С. І. Фудель-Осипова (1949) вказує, що точно встановити межі періелектротону, а також час, через який він виникає після замикання поляризуючого струму, неможливо. Не можна це пов'язати з силою або

напрямом поляризуючого зв'язаний з електротонічними

Л. Цкіпурідзе (1937) перші дві-три хвилини після перикателектротон триває

Багато учнів і послідовників Л. Васильєва, 1925—1930; І.



І. Аршавський, 1935) вивчав їх з різними альтерованими кож різноманітні й суперечливі

І. Ветюков (1930) при цьому поблизу місця альтерації підвищується. Л. Васильєв під впливом KCl і CaCl₂ при

І. Аршавський (1935) внаслідок спостерігав підвищення збудливості. М. Резвяков (1932) виявив у віддалених від місця збудливість, а при тепловій — підвищення

Незважаючи на одержані дані, надають великого теоретичного значення фізіологічних явищ, які відносяться до періелектротону і особливо до періанелектротону

Це й наводить нас на думку, що періелектротон і особливо періанелектротон

Досліди провадились на періанелектротоні жаби (Rana ridibundus) склі, укріпленому на пробковій підставі, також поміщався на склі, укріпленому кип'ятили в парафіні протягом деякого часу. Жолобок заповнювали поляризуючий струм не міг розгледіти

напрямом поляризуючого струму, оскільки періелектротон не завжди зв'язаний з електротонічними змінами збудливості.

Л. Цкіпурідзе (1937) вказує, що періанелектротон зберігається в перші дві-три хвилини після замикання поляризуючого струму, тоді як перикателектротон триває весь час, поки замкнутий поляризуючий струм.

Багато учнів і послідовників Введенського (М. Резвяков, 1925; Л. Васильєв, 1925—1930; І. Ветюков, 1930; І. Берітов і Л. Цкіпурідзе, 1935;

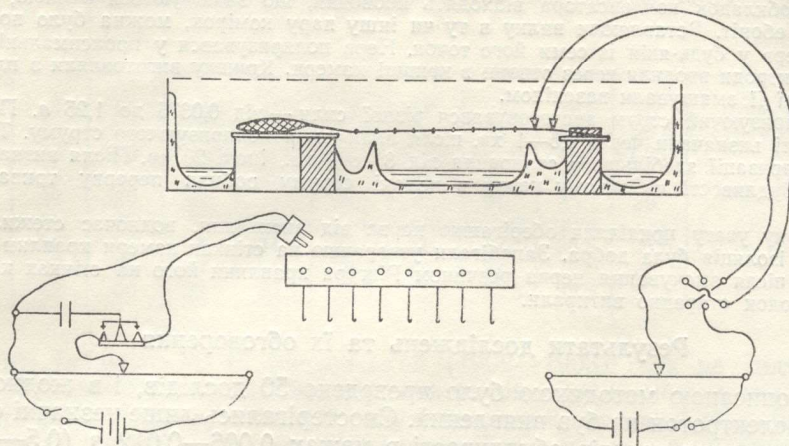


Схема установки.

І. Аршавський, 1935) вивчали зміни збудливості в частинах нерва, суміжних з різними альтерованими речовинами. Але дані цих дослідників також різноманітні й суперечливі.

І. Ветюков (1930) при альтерації нервів KCl і $CaCl_2$ спостерігав, що поблизу місця альтерації збудливість знижується, а на віддалі 8 мм підвищується. Л. Васильєв (1925) показав, що побічні парабіотичні зміни під впливом KCl і $CaCl_2$ протилежні.

І. Аршавський (1935) на віддалі 25 мм від місця холодової альтерації спостерігав підвищення збудливості, а при теплової альтерації — зниження. М. Резвяков (1921—1923), навпаки, при холодовій альтерації виявив у віддалених від місця альтерації ділянках нерва зниження збудливості, а при теплової — підвищення.

Незважаючи на одержані суперечливі дані, явищу періелектротону надають великого теоретичного значення. Ним часто пояснюється ряд фізіологічних явищ, які відбуваються як у периферичній, так і в центральній нервовій системі.

Це й навело нас на думку зайнятись вивченням умов виникнення періелектротону і особливо звернути увагу на роль галуження поляризуючого струму.

Методика

Досліди провадилися на нервово-м'язовому препараті — *p. ischiadicus* — *m. gastrocnemius* жаби (*Rana ridibunda* і *Rana esculenta*). М'яз препарата містився на склі, укріпленому на пробковій підставці, вкритій шаром парафіну. Шматочок хребта також поміщався на склі, укріпленому на ебонітовій підставці заввишки 3,5 см. Камеру кип'ятили в парафіні протягом двох годин. Посередині камери було зроблено спеціальний жолобок з парафіну, висота стінок якого становила 3 см, товщина — до 1 см (див. рис.). Жолобок заповнювали дистильованою водою. Завдяки такій будові камери поляризуючий струм не міг розгалужуватися всередині камери. Нерв містився на

восьми срібних, добре ізолюваних електродах, які знаходилися на висоті 2,5 см від дна камери.

Електроди закріплені на ебонітовій дошці на віддалі 0,5 см один від одного. В дошці для електродів зроблені комірки, заповнені ртуттю. Дошечка прикріплена зовні до бокової стінки камери так, що електроди знаходились всередині камери. Для кожного електрода в боковій стінці камери були зроблені отвори, всередині вкриті парафіном. Зміни збудливості визначались у семи точках нерва розрядом конденсатора ємністю 0,013 μF , який заряджався від акумулятора в 1,25 в через потенціометр (струна реохорда), що давало можливість регулювати напругу в конденсаторі.

Від обкладок конденсатора відходять проводки, що закінчуються вилкою, вставленою в ебоніт. Вставляючи вилку в ту чи іншу пару комірок, можна було подразнювати нерв у будь-якій із семи його точок. Нерв поляризувався у проксимальній частині. Електроди вводили через отвори в кришці камери. Кришку виготовляли з плексигласу, краї її змащували вазеліном.

Поляризуючий струм застосовувався різної сили — від 0,0375 до 1,25 в. Пороги збудливості визначали через 0,5—1 хв. після включення поляризуючого струму. Тривалість поляризації здебільшого становила від 3 до 9 хв., іноді 20 хв. Після визначення порогів збудливості по всьому нерву в подачі струму робили перерву тривалістю 1,5—2 хв.

Велику увагу приділяли оберіганню нерва від висихання, водночас стежили за тим, щоб ізоляція була добра. Запобігали утворенню на стінках камери краплин роси, для чого після змочування нерва розчином Рінгера краплини його на стінках камери і перегородок старанно витирали.

Результати досліджень та їх обговорення

За описаною методикою було проведено 50 дослідів, і в жодному з них періелектротон не був виявлений. Спостерігались лише незначні спонтанні коливання порогів збудливості в межах 0,006—0,012 в (0,5—1 см струни реохорда). Про це свідчить протокол дослідів від 18.VI 1955 р.

Дослід від 18.VI 1955 р. Жаба самиця (*Rana esculenta*)

Нервово-м'язовий препарат виготовлений о 9 год. 30 хв. і занурений в розчин Рінгера. Взятий для дослідів о 10 год. 35 хв.; температура повітря в лабораторії 20° С; $V_{\text{ак}} = 1,2$ в; $C = 0,013$ μF .

Год.	Хв.	Сек.	Примітка						
10	36	00	16	17	14,5	14	14,5	14,5	17
	39	00	16,5	17	15	13,5	14,5	14,5	16,5
	42	00	Увімкнуто низхідний поляризуючий струм 0,072 в						
	43	00	14,5	14,5	14	13,5	14,5	14,5	16,5
	46	00	12	14,5	14	13,5	14	14	16
	49	00	12,5	14	13,5	14	14	14,5	16,5
	52	00	Виключено поляризуючий струм						
	52	15	18	18	14	14	14	14,5	16,5
	55	15	16	17	14,5	14,5	14,5	15	17
	58	00	Препарат змочено розчином Рінгера						
11	60	00	18	15,5	14,5	14,5	14,5	15	18
	03	00	17,5	15,5	14	14,0	14,5	15	17,5
	06	00	Увімкнуто висхідний поляризуючий струм 0,072 в						
	07	00	24,5	18,5	15	14,5	14,5	15	17,5
	10	00	23,5	18	15	14	14,5	15,5	18
	13	00	Виключено поляризуючий струм						
	13	15	16	15,5	14,5	14,0	14,5	15,5	18
	16	15	18,5	15	14,5	14	15	15	18
	20	00	18	15,5	14,5	14,5	14,5	15,5	17,5

Аналогічні зміни збудливості були виявлені і в інших дослідях. Незважаючи на великий діапазон сили поляризуючого струму, а також тривалість поляризації, періелектротон не був виявлений.

Електротонічні зміни збудливості захоплюють ділянку нерва від 1,5 до 3 см залежно від сили поляризуючого струму.

Чим сильніший тротонічні зміни збудливості, тим більш виразний протокол дослідів.

Дослід від 18.VI 1955 р. Жаба самиця (*Rana esculenta*)
Нервово-м'язовий препарат виготовлений о 9 год. 30 хв. і занурений в розчин Рінгера. Взятий для дослідів о 10 год. 35 хв.; температура повітря в лабораторії 20° С; $V_{\text{ак}} = 1,2$ в; $C = 0,013$ μF .

Год.	Хв.	Сек.	
15	15	00	29,5
	20	00	28,5
	25	00	Увімк
	25	30	17
	28	30	20
	31	45	
	32	00	34
	37	00	30
	42	00	29

Як вказував М. С. І. Фудель-Осипова, що створити штучні умови можна створити штучні умови, якщо електрода з нервом будуть ми штучно створити. Електротонічні зміни нерва, що з'єднує нерв з м'язом, після зняття нитки. В результаті цих дослідів (див. протокол) Як видно з наведеного поляризуючого електроду так звані періелектротони.

Після з'єднання нерва з м'язом на віддалі 2,5—3 см від нерва збудливості, протилежній збільшення віддалі від нерва.

При низхідному полюсі позитивного полюса збудливості, а не електротон, що створює негативного полюса збудливості, на віддалі 25—30 мм від нерва, що створювало вторинний електротон.

М. Я. Перна (1932)

збудливості в нервово-м'язовому препараті для виникнення вторинних електротонів збудливості, використовуючи електродами штучні електротони, точок м'яза. При цьому виходу з нерва) підвищення збудливості створювався вторинний електротон.

Д. Гедевані (1932) періелектротонічні зміни збудливості між електротонами і нервом, тобто коли між ними

Чим сильніший поляризуючий струм, тим далі поширюються електротонічні зміни збудливості і тим вони виразніші. Про це свідчать дані протоколу досліду від 13.VI 1955 р.

Дослід від 13.VI 1955 р. Жаба самиця (*Rana ridibunda*)

Нервово-м'язовий препарат виготовлений об 11 год. 15 хв. і занурений в розчин Рінгера.

Взятий для досліду о 15 год.; температура повітря в лабораторії 22° С.

$V_{ак} = 1,25 \text{ в}, C = 0,013 \text{ мкФ.}$

Год.	Хв.	Сек.								Примітка
15	15	00	29,5	31,5	29,5	34	23	38,5	26	Пороги в см струни реохорда
	20	00	28,5	31	29,5	34	23	38	26,5	
	25	00	Увімкнуто низхідний поляризуючий струм в 1,25 в							
	25	30	17	22	24	29	21	38	26	
	28	30	20	23	24,5	30,5	21	38	26	
	31	45	Виключено поляризуючий струм							
	32	00	34	34	29,5	31	22	38,5	26,5	
	37	00	30	31	30	34	23	38	26	
	42	00	29	30,5	29,5	33,5	22,5	38,5	26,5	

Як вказував М. Є. Введенський (1902—1903) і як це підтвердила С. І. Фудель-Осипова (1949), періелектротон завжди можна виявити, якщо створити штучні умови для галуження поляризуючого струму. Ці умови можна створити шляхом з'єднання проксимального поляризуючого електрода з нервом біля м'яза за допомогою вологої нитки. У 24 дослідах ми штучно створювали умови для галуження поляризуючого струму. Електротонічні зміни збудливості досліджували до накладання вологої нитки, що з'єднує нерв з проксимальним поляризуючим електродом, і після зняття нитки. В протоколі досліду від 20.VI 1955 р. наведені результати цих дослідів (див. стор. 130).

Як видно з наведеного протоколу, до з'єднання ниткою проксимального поляризуючого електрода з нервом біля м'яза, а також після зняття нитки так звані періелектротонічні зміни збудливості не виникають.

Після з'єднання ниткою проксимального поляризуючого електрода на віддалі 2,5—3 см від поляризуючих електродів спостерігались зміни збудливості, протилежні електротонічним. Глибина цих змін, в міру збільшення віддалі від місця поляризації, наростала.

При низхідному поляризуючому струмі з'єднання вологою ниткою позитивного полюса з нервом біля м'яза викликало на віддалі 25—30 мм анелектротон, що створювало враження перикателектротону. З'єднання негативного полюса з нервом при висхідному струмі викликало на віддалі 25—30 мм від дистального поляризуючого електрода кателектротон, що створювало враження періанелектротону.

М. Я. Перна (1913—1914) детально вивчав електротонічні зміни збудливості в нервово-м'язовому препараті, штучно створюючи умови для виникнення вторинних полюсів. Він накладав на нерв між поляризуючими електродами шматок вати, змочений в розчині Рінгера, або шматочок м'яза. При цьому він спостерігав, що в місці входження струму в вату (виходу з нерва) виникає вторинний катод, що спричинялося до підвищення збудливості. Там, де струм виходив з вати і входив у нерв, створювався вторинний анод, що викликало зниження збудливості.

Д. Гедевані (1932), вивчаючи явища періелектротону, встановив, що періелектротонічні зміни збудливості виникають і тоді, коли ділянку нерва між електротонами і періелектротонами умертвити аміаком або кокаїном, тобто коли між ними немає ніякого фізіологічного зв'язку.

Дослід від 20.VI 1955 р. Жаба самиця (*Rana esculenta*)

Нервово-м'язовий препарат виготовлений о 14 год. 45 хв. і занурений в розчин Рінгера.

Взятий для дослідів о 16 год. 50 хв. Температура повітря в лабораторії 23° С.

$$V_{ак} = 1,25 \text{ в}; C = 0,013 \text{ мФ}$$

Год.	Хв.	Сек.								Примітка
16	50	00	20	19	16	17,5	9,5	24	21	Пороги в см струни реохорда (потен- ціометра)
	53	00	19,5	18,5	15,5	17,5	10	24	21	
	56	00	Увімкнуто висхідний поляризуючий струм в 0,94 в							
	57	00	45	20	15	17,5	10	23,5	20,5	
	60	00	42	21	15	17	9,5	24	20,5	
17	3	00	42	21,5	15	17	10	24,5	20,5	
	6	00	Виключено поляризуючий струм							
	6	15	14	15,5	15	17	10	24,5	20,5	
	9	15	20	18,5	15	17	10	24,5	20,5	
	10	00	Препарат змочено розчином Рінгера							
	13	00	23,5	19	16,5	19	12	25	19,5	
	16	00	23,5	19,5	16,5	19	12	25	19,5	
	18	00	Накладено вологу нитку, яка з'єднує проксималь- ний поляризуючий електрод з нервом біля м'яза							
	19	30	Увімкнуто висхідний поляризуючий струм в 0,94 в							
	20	00	34	32	18	19	10	20	11,5	
	23	00	33	27	18,5	17,5	9	21	12	
	25	45	Виключено поляризуючий струм							
	26	00	17	17	15,5	17,5	12,5	25,5	21	
	29	00	24	19,5	18	19,5	12,5	26,5	23	
	32	00	24,5	19,0	18,5	19,5	12,0	26,5	22,5	
	32	30	Нитку знято							
	34	30	Увімкнуто висхідний поляризуючий струм в 0,94 в							
	35	00	32	23	19	21	12,0	26,5	22,5	
	38	00	31	21	18,5	21,5	12,0	26,5	23	
	40	45	Виключено поляризуючий струм							
	41	00	19,5	14	17	19,5	11,0	26,5	23	
	44	00	22	20	18,5	20,5	12,0	27	22,5	
	47	00	22,5	19,5	19,5	20	11,5	26,5	23	

Дані С. І. Фудель-Осипової (1949) свідчать про те, що характер ви-
никнення і перебігу періелектротону не залежить від електротону. І. С. Бе-
рітов (1935) для виявлення парабіотичних змін збудливості переподраз-
нював проксимальний кінець нерва фарадичним струмом. Для усунен-
ня петель струму, що розгалужується, він застосував кільце Герінга,
яке заземляв. При цьому ніяких побічних змін збудливості виявлено не
було.

Одержані мною дані, а також дані М. Є. Введенського (1902—1903),
М. Я. Перна (1913—1914), І. С. Берітова (1935), С. І. Фудель-Осипової
(1949) переконливо показують, що періелектротон є результатом галу-
ження поляризуючого струму. Отже, так званий періелектротон, будучи
результатом галуження поляризуючого струму і створення вторинних по-
люсів, являє собою електротон, викликаний галуженням поляризуючого
струму, тобто він є результатом методичної помилки.

ЛІТЕРАТУРА

- Аршавский И. А. и Курмаев О., Физиол. журн. СССР, т. XVIII, вып. 4,
1935.
Беритов И. С. и Цкипуридзе Л., Физиол. журн. СССР, т. XVIII,
вып. 3, 1935.
Васильев Л. Л., Новое в рефлексологии и физиологии, т. I, 1925.
Васильев Л. Л., Сб. работ физиол. лабор. ЛГУ, 1930.

Введенский Н. Е.,
Введенский Н. Е.,
Ветюков И., Труды
Гальвас Е., Бюлл.
Гедевани Д., Физиол.
Макаров П. О., Учен.
Макаров П. О., Бюл.
Перна Н. Я., О фун-
ного тока, Эстон. издат., 194
Резвяков Н., Русск.
85, 1922.
Удельнов М., Учен.
Фудель-Осипова
№ 5, 1949.
Цкипуридзе Л., Т.
Київський держуніверси
Інститут фізіології

В опытах на нервно-
и *Rana esculenta*) были
ризации нерва восходящ.
силы и длительности.

Пороги возбудимост
стоящих друг от друга н
тродов, разрядом конден
Задачей настоящего
же условий, необходимы
тротона.

Опыты проводились
препарата от подсыхания
проводов, электродов и к
ловий періелектротон не
спонтанные колебания по

Электротонические и
нерва от 15 до 30 мм, в э
сильнее поляризующий то
ческие изменения возбуди

В дальнейших иссле
для ветвления поляризу
проксимального поляризу

Электротонические из
нения нерва вблизи мы
электродом, после соедине

Опыты показали, что д
цы с проксимальным поля
ловиях хорошей изоляции
димости не возникают. Пр
поляризующего электрода
30 мм от дистального поля

- Введенский Н. Е., Собр. соч., т. III, 1952, стор. 225.
Введенский Н. Е., Собр. соч., т. IV, 1952, стор. 352.
Ветюков И., Труды Ленингр. естествен. ин-та, № 7, 1930.
Гальвас Е., Бюлл. exper. биол. и мед., т. XVII, № 6, 1944.
Гедевани Д., Физиол. журн. СССР, т. XV, № 5, 1932.
Гедевани Д., Физиол. журн. СССР, т. XVI, № 1, 1933.
Макаров П. О., Ученые записки ЛГУ, вып. 12, 1944.
Макаров П. О., Бюлл. exper. биол. и мед., т. XVII, № 1—2, 1944.
Пэрна Н. Я., О функцион. измен. нерва и мышцы при пропускании постоянного тока, Эстон. издат., 1941.
Резвяков Н., Русск. физиол. журн. им. И. М. Сеченова, т. 3, 25, 1921; т. 5, 85, 1922.
Удельнов М., Ученые зап. Казанского ун-та, № 4, вып. 5, 1941.
Фудель-Осипова С. И., Труды научно-исслед. ин-та физиологии при КГУ, № 5, 1949.
Ципуридзе Л., Труды ин-та им. Бериташвили, № 3, 1937.
Київський держуніверситет ім. Т. Г. Шевченка,
Інститут фізіології тварин.

О периелектротоне

А. А. Трададюк

Резюме

В опытах на нервно-мышечном препарате лягушки (*Rana ridibunda* и *Rana esculenta*) были исследованы изменения возбудимости при поляризации нерва восходящим и нисходящим постоянным током различной силы и длительности.

Пороги возбудимости определялись в семи точках нерва, равноотстоящих друг от друга на протяжении 3,5—4 см от поляризующих электродов, разрядом конденсатора.

Задачей настоящего исследования было выяснение природы, а также условий, необходимых для возникновения и протекания периелектротона.

Опыты проводились при строгом предохранении нервно-мышечного препарата от подсыхания и при самом тщательном внимании к изоляции проводов, электродов и камеры (см. рисунок). При соблюдении этих условий периелектротон не обнаруживается. Наблюдались незначительные спонтанные колебания порогов в пределах 0,006—0,012 в.

Электротонические изменения возбудимости захватывают участок нерва от 15 до 30 мм, в зависимости от силы поляризующего тока. Чем сильнее поляризующий ток, тем дальше распространяются электротонические изменения возбудимости и тем сильнее они выражены.

В дальнейших исследованиях мы искусственно создавали условия для ветвления поляризующего тока путем соединения влажной ниткой проксимального поляризующего электрода с нервом вблизи мышцы.

Электротонические изменения возбудимости наблюдались до соединения нерва вблизи мышцы ниткой с проксимальным поляризующим электродом, после соединения и после снятия нитки.

Опыты показали, что до соединения ниткой участка нерва возле мышцы с проксимальным поляризующим электродом и после снятия ее в условиях хорошей изоляции побочные электротонические изменения возбудимости не возникают. При соединении влажной ниткой проксимального поляризующего электрода с нервом возле мышцы на расстоянии 25—30 мм от дистального поляризующего электрода наблюдались изменения