

Вплив ультрачастотного електромагнітного поля на рефлекторну діяльність спинного мозку, альтерованого іонами калію і кальцію

Ф. І. Гришко

Нами встановлено, що рефлекторна збудливість спинного мозку при короткотривалому опроміненні його ультракороткими електромагнітними хвилями підвищується.

Питання про механізм впливу ультрачастотного поля на нервову систему, незважаючи на численні дослідження, ще не з'ясоване. Є дані, що в спинному мозку при опроміненні його ультракороткими хвилями утворюється електронегативність (Д. О. Кочерга [4]), в опроміненій ділянці нерва збільшується проникність протоплазматичних мембран (Н. В. Бекаурі [1]).

Відомо, що іони калію, деполяризуючи протоплазматичні мембрани нервових елементів і збільшуючи їх проникність, підвищують збудливість нерва, а іони кальцію, навпаки, ущільнюючи протоплазматичні мембрани й утворюючи гіперполяризацію, знижують збудливість нерва.

Про дію іонів калію і кальцію на спинний мозок є дані, що рефлекторна збудливість спинного мозку під впливом іонів калію підвищується, а під впливом іонів кальцію знижується (Л. С. Штерн, [9]; С. П. Пишина, [8]; Т. М. Мамонець, [5], та інші). П. Герлах [10] встановив, що хлористий кальцій подовжує тривалість «переживання» центральної нервової системи, додавання хлористого калію погіршує її функціональний стан.

Ф. П. Петров [6, 7], пізніше І. І. Калінін [2] спостерігали зниження рефлекторної діяльності спинного мозку, альтерованого іонами калію, і посилення рефлекторної діяльності під впливом іонів кальцію.

Ми поставили перед собою завдання вивчити вплив опромінення ультрачастотного електромагнітного поля на рефлекторну збудливість спинного мозку, альтерованого іонами калію і кальцію. Одержані дані дозволяють наблизитись до з'ясування питання про механізм впливу ультрачастотного поля на нервову систему.

Методика досліджень

Досліди провадились на весняних спінальних жабах (*Rana ridibunda*). Оголяли ділянку спинного мозку, в якій беруть початок VIII, IX і X спинномозкові корінці, на цю ділянку накладали ватний тампон, змочений або ізотонічним розчином хлористого кальцію (0,99%), або ізотонічним розчином хлористого калію (0,89%), або розчином Рінгера з підвищеним вмістом хлористого калію (до 0,45% або 0,24%) і з відповідним зменшенням кількості хлористого натрію.

Склад розчинів з підвищеним вмістом хлористого калію був такий:

1. NaCl	— 0,28%	або	2. NaCl	— 0,46%
KCl	— 0,464%		KCl	— 0,234%
CaCl ₂	— 0,013%		CaCl ₂	— 0,013%
NaHCO ₃	— 0,2%		NaHCO ₃	— 0,02%

Коли зміни рефлекторної діяльності спинного мозку, які наставали під впливом зазначених розчинів, були різко виражені, препарат опромінювали ультракороткими хвилями від генератора для УВЧ-терапії (довжина хвилі 7,69 м, потужність поля 37 вт, діаметр пластин конденсатора терапевтичного контура 3,8 см, віддаль між пластинами 4 см). Досліди провадились в чотирьох серіях.

1. Вплив ультрачастотного електромагнітного поля на рефлекторну збудливість спинного мозку, альтерованого іонами кальцію

Спочатку був досліджений вплив хлористого кальцію на рефлекторну діяльність спинного мозку. Відпрепарувували напівсухожильний і триголовий м'язи і малогомілковий нерв. При пороговому подраз-

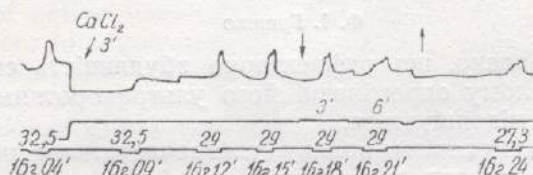


Рис. 1. Вплив опромінення ультракороткими хвилями на рефлекторну діяльність спинного мозку, альтерованого іонами кальцію.

Верхня лінія — скорочення напівсухожильного м'яза; середня лінія — триголовий м'яз; нижня лінія — подразнення малогомілкового нерва. Числа над лінією показують віддаль між котушками індукційного апарата в см при пороговому подразненні, числа під лінією вказують час подразнення. Стрілка, звернена донизу — початок опромінення, стрілка, звернена вгору — кінець.

ненні малогомілкового нерва відзначалося тетанічне рефлекторне скорочення напівсухожильного м'яза, що записувалось на закопченій поверхні кімографа, барабан якого обертався з швидкістю 4 мм/сек. На оголену ділянку спинного мозку накладали тампон, змочений 0,99%-ним розчином хлористого кальцію, після чого визначали порогове подразнення через кожні 3 хв. Коли зміни рефлекторної діяльності під впливом хлористого кальцію були чітко виражені, спинний мозок опромінювали ультракороткими хвилями.

Хлористий кальцій через 6—9 хв. після альтерації ним спинного мозку пригнічував рефлекторну діяльність спинного мозку, поріг збільшувався на 2—3 см шкали індукторія. Іноді в перші 3—5 хв. після альтерації спинного мозку хлористим кальцієм спостерігалось збільшення рефлекторних скорочень напівсухожильного м'яза, яке можна пояснити механічним дотиком. Таке явище спостерігалось і при змочуванні спинного мозку розчином Рінгера.

Опромінення на протязі 2—6 хв. на фоні дії хлористого кальцію збільшувало величину рефлекторного скорочення напівсухожильного м'яза (поріг зменшувався на 2—3 см) або не змінювало її. Хлористий кальцій зменшував скорочення триголового м'яза, а опромінення його збільшувало.

З досліду № 12 від 25.V.1956 р. (рис. 1) видно, що через 3 хв. після альтерації спинного мозку іонами кальцію при тій самій силі подразнення малогомілкового нерва спостерігалось менше скорочення напівсухожильного м'яза (верхня крива), ніж до альтерації, латентний період рефлексу збільшився. Через 6 хв. після альтерації спинного мозку іонами кальцію доводилося застосувати для подразнення нерва струм більшої сили, щоб домогтися порогового скорочення напівсу-

хожильного м'яза. Триголовий м'яз (середня лінія) не скорочувався. На нижній лінії позначені подразнення малогомілкового нерва.

Опромінення спинного мозку ультракороткими хвилями (3—6 хв.), як видно з рисунка, не змінювало величини скорочення напівсухожильного м'яза; після припинення опромінення скорочення напівсухожильного м'яза зменшились.

Через 48 хв. після альтерації спинного мозку іонами кальцію і через 32 хв. після припинення опромінення рефлекторна діяльність спинного мозку припинилась.

Відновлення рефлекторної збудливості спинного мозку до норми після припинення опромінення (в тих випадках, коли вона посилювалась) відбувалось через 3—30 хв.

2. Вплив ультрачастотного поля на реципрокне гальмування в спинному мозку, альтерованому іонами кальцію

За даними Т. М. Мамонця [5], хлористий кальцій посилює реципрокне гальмування в спинному мозку. Тому цікаво було дослідити

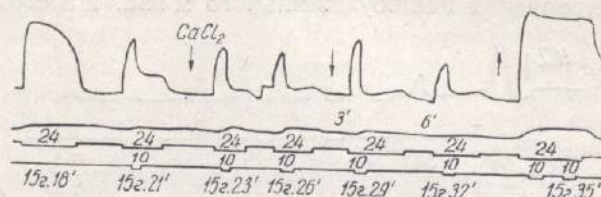


Рис. 2. Вплив опромінення ультракороткими хвилями на реципрокне гальмування в спинному мозку, альтерованому іонами кальцію.

Позначення верхніх трьох ліній таке саме, як і на рис. 1. Нижня лінія відбиває подразнення шкіри передньої і інселятеральної кінцівки.

вплив ультрачастотного поля на реципрокне гальмування в спинному мозку, альтерованому іонами кальцію.

Гальмування рефлекторного скорочення напівсухожильного м'яза до альтерації спинного мозку іонами кальцію спричиняли подразненням шкіри передньої інселятеральної кінцівки (відношення подразнень малогомілкового нерва і шкіри становило 35:11), розслаблення м'яза при цьому досягало 70—90%. Потім на спинний мозок накладали тампон, змочений ізотонічним розчином хлористого кальцію. Коли дія хлористого кальцію була чітко виражена, спинний мозок опромінювали.

Гальмування згинального рефлексу під впливом хлористого кальцію через 3—10 хв. після альтерації ним спинного мозку поглиблювалось, розслаблення напівсухожильного м'яза при цьому збільшувалось на 15—30%. Опромінення спинного мозку на фоні дії хлористого кальцію ослаблювало реципрокне гальмування, розслаблення напівсухожильного м'яза зменшувалось на 50—70%. Іноді величина розслаблення не змінювалась.

Через 6—38 хв. після припинення опромінення гальмування відновлювалось до вихідного рівня, часто після припинення опромінення гальмування не можна було відтворити.

На рис. 2 (дослід № 9 від 1. IV 1956 р.) відображено вплив опромінення на гальмування згинального рефлексу на фоні альтерації

спинного мозку хлористим кальцієм. З рис. 2 видно, що при подразненні шкіри розвинулось значне гальмування (розслаблення напівсухожильного м'яза досягло 70%). Через 2 хв. після альтерації спинного мозку хлористим кальцієм розслаблення напівсухожильного м'яза збільшилось на 15%, через 5 хв. після альтерації гальмування досягло 100%. При опроміненні на протязі 3 — 6 хв. гальмування помітно ослабло (розслаблення напівсухожильного м'яза досягло 80%), але величина скорочення зменшилась. Через 3 хв. після припинення опромінення викликати гальмування при тих самих умовах виявилось неможливим. Триголовий м'яз скорочувався слабо, без істотних змін при альтерації і опроміненні.

Отже, спостерігається протилежна дія хлористого кальцію й опромінення на рефлекторне скорочення напівсухожильного м'яза і на реципрокне гальмування в спинному мозку.

3. Вплив ультрачастотного поля на рефлекторне скорочення напівсухожильного м'яза при альтерації спинного мозку іонами калію

При тетанізації малогомілкового нерва спостерігалось порогове рефлекторне скорочення напівсухожильного м'яза. На оголену ділянку

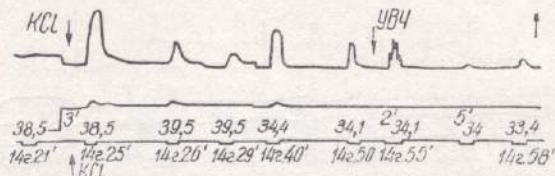


Рис. 3. Вплив ультрачастотного електромагнітного поля на рефлекторну діяльність спинного мозку, альтерованого хлористим калієм.

Позначення ліній таке саме, як і на рис. 1.

спинного мозку накладали тампон, змочений ізотонічним розчином хлористого калію або розчином Рінгера з підвищеним (до 0,45% або 0,22%) вмістом хлористого калію з відповідним зменшенням кількості хлористого натрію.

Через 3 хв. після накладення тампону рефлекторні скорочення збільшувались. Порогове подразнення зменшувалось на 1 см шкали індукторія, а через 10 — 30 хв. після накладення тампона скорочення зменшувались.

В зв'язку з тим, що досліди провадились на весняних жабах, які від тривалого утримання в штучних умовах були виснажені, альтерація спинного мозку ізотонічним (0,89%) розчином хлористого калію пригнічувала рефлекторну діяльність спинного мозку швидше, ніж альтерація хлористим калієм меншої концентрації (іноді пригнічення наставало без попередньої стадії підвищення збудливості).

Опромінення спинного мозку (через 3 — 8 хв. після початку) на фоні пригнічення рефлекторної діяльності хлористим калієм (у другій фазі) зменшувало величину рефлекторного скорочення. Короткотривале опромінення (до 4 хв.) на фоні посиленої хлористим калієм рефлекторної діяльності (в першій фазі) посилювало рефлекторну збудливість спинного мозку; тривале опромінення при цих самих умовах пригнічувало рефлекторну діяльність спинного мозку. Хлористий калій збільшував скорочення триголового м'яза, опромінення спинного мозку також їх збільшувало або не змінювало. Рефлекторні скорочення

відновлювались до вихідного рівня через 3—17 хв. після припинення опромінення. Якщо хлористий калій і наступне опромінення сильно знижували рефлекторну збудливість спинного мозку, то препарат через деякий час гинув.

Як видно з рис. 3 (дослід № 1 від 5. VI 1956 р.), порогове скорочення напівсухожильного м'яза через 3 хв. після накладення на спинний мозок тампона, змоченого ізотонічним розчином хлористого калію, збільшилось (верхня крива), через 18 хв. після накладення тампону скорочення зменшилось; поріг з 39,5 см збільшився до 34,4 см. Наступне опромінення (2 хв.) не змінило величини скорочення (тетанус став зубчастим), через 5—8 хв. від початку опромінення скорочення зменшилось. Після припинення опромінення не можна було викликати рефлекторне скорочення за тих же умов. Триголовий м'яз не скорочувався, під час альтерації спинного мозку хлористим калієм скорочення з'явились, а потім зникло.

Таким чином, хлористий калій і опромінення впливають на рефлекторну діяльність спинного мозку в одному напрямі.

За даними Т. М. Мамонець [5], хлористий калій (0,14%) при перфузії ним спинного мозку утруднює розвиток реципрокного гальмування в спинному мозку. П. Г. Костюк [3] також прийшов до висновку, що калійова альтерація (0,5—0,89%) спинного мозку утруднює гальмування в двонейронній дузі. За нашими даними, короткотривале опромінення ультракороткими хвилями ослаблює реципрокне гальмування в спинному мозку, тобто діє так само, як хлористий калій. Тому виникла необхідність дослідити вплив опромінення ультракороткими хвилями спинного мозку, альтерованого хлористим калієм, на реципрокне гальмування в спинному мозку.

4. Вплив ультрачастотного поля на реципрокне гальмування в спинному мозку, альтерованому іонами калію

Гальмування рефлекторного скорочення напівсухожильного м'яза розвивалось при тетанізації шкіри передньої іпселатеральної кінцівки, м'яз при цьому розслаблювався на 70—90%. На спинний мозок накладали ватний тампон, змочений 0,45%-ним розчином хлористого калію (на розчині Рінгера з відповідним зменшенням вмісту хлористого натрію).

Через 3—6 хв. після накладення тампона гальмування ослабло (розслаблення м'яза зменшилось на 15—30%), через 6—9 хв. після накладення тампона на спинний мозок гальмування посилювалось (розслаблення м'яза збільшилось на 30%).

Опромінення (3 хв.) спинного мозку на фоні гальмування, ослабленого хлористим калієм (якщо скорочення напівсухожильного м'яза не зменшувались), зменшувало гальмування; розслаблення напівсухожильного м'яза при цьому зменшувалось на 3—50%. Опромінення на протязі 5—6 хв. за цих умов посилювало гальмування. Якщо внаслідок дії хлористого калію на спинний мозок рефлекторні скорочення напівсухожильного м'яза при тій же силі подразнення з кожним наступним подразненням зменшувались, то опромінення на протязі 2—3 хв. різко зменшувало скорочення або вони зникали зовсім. Гальмування в таких випадках поглиблювалось. Відновлення гальмування до вихідного рівня відбувалось через 7—10 хв. після припинення опромінення.

На рис. 4 (дослід № 1 від 14. VI 1956 р.) видно, що через 3 хв. після накладення на спинний мозок тампона, змоченого 0,45%-ним

розчином хлористого калію (при тій же силі струму для подразнення малогосмілкового нерва і шкіри), викликати гальмування неможливо, незважаючи на довшу тривалість подразнення шкіри. Через 7 хв. після накладення тампона гальмування посилюється. При наступному опроміненні спинного мозку ультракороткими хвилями (3 хв.) відтворити гальмування при тій же силі подразнення нерва і шкіри було неможливо. Через 6 хв. після початку спромінення воно посилюється, через 6 хв.

після припинення опромінення — ослабло. Триголовий м'яз на дію хлористого калію і опромінення реагував так само, як напівсухожильний м'яз, але скорочення були незначними.

Отже, ультрачастотне електромагнітне поле і хлористий калій впливають на реципрокне гальмування в спинному мозку в одному напрямі. Якщо при дії хлористого калію на спинний мозок гальмування ослаблюється (або вже настало посилене гальмування, а величина скорочення напівсухожильного м'яза не змінилась), то короткотривале опромінення спинного мозку утруднює відтворення гальмування, а тривале опромінення його посилює. Якщо при альтерації спинного мозку хлористим ка-

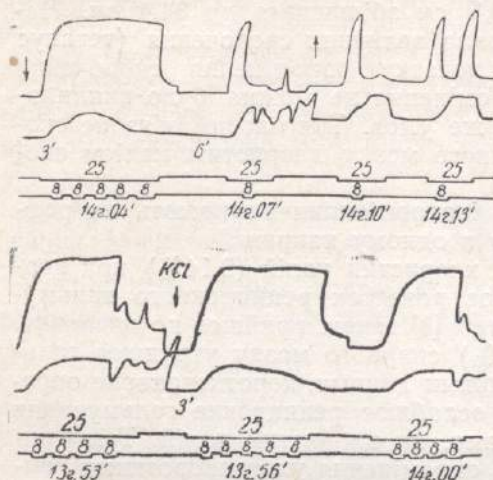


Рис. 4. Вплив ультрачастотного поля на реципрокне гальмування в спинному мозку, альтерованому іонами калію.

Позначення ліній таке саме, як на рис. 1 і 2.

лієм скорочення зменшуються (в другій фазі), то опромінення ще більше їх ослаблює, а гальмування поглиблює.

Аналогічні досліди в 1939 р. були проведені Д. О. Кочергою [4]. Опромінюючи ультракороткими хвилями спинний мозок (довжина хвиль 6 і 13 м, потужність поля 500 і 17 вт), альтерований ізотонічними розчинами хлористого кальцію і калію, він констатував, що хлористий кальцій знижує величину порогового подразнення напівсухожильного м'яза; опромінення в першій фазі дії хлористого кальцію погіршувало функціональний стан спинного мозку. Опромінення спинного мозку, альтерованого іонами калію, в перші секунди відновлювало знижену під впливом хлористого калію збудливість, а тривале опромінення різко підвищувало порого подразнення. Отже, результати дослідів Д. О. Кочерги протилежні нашим спостереженням. Зниження збудливості спинного мозку, альтерованого іонами калію, можливо, пояснюється тим, що ізотонічний і гіпертонічний розчини хлористого калію були надто великої концентрації для виснажених під час штучного утримання зимових і весняних жаб. Крім того, при альтерації гіпертонічним розчином до дії хлористого калію приєднувався осмотичний тиск. Короткотривале підвищення збудливості (тривалість автором не зазначена) спинного мозку при альтерації його хлористим кальцієм могло бути наслідком механічного дотику тампона до спинного мозку, що іноді спостерігалось в наших дослідах при накладенні тампона, змоченого розчином Рінгера. Дані про вплив опромінення спинного мозку, альтерованого хлористим калієм і кальцієм, одержані в дослі-

дах Д. О. Кочерги, неможливо порівнювати з результатами наших дослідів з опроміненням спинного мозку, альтерованого хлористим калієм і кальцієм.

Зважаючи на те, що іони кальцію ущільнюють протоплазматичні мембрани, а іони калію збільшують проникність мембран і деполяризують їх, а також, що короткотривале опромінення впливає на спинний мозок в одному напрямі з іонами калію і в протилежному напрямі з іонами кальцію, можна вважати, що при опроміненні спинного мозку створюється деполяризація протоплазматичних мембран і збільшується їх проникність. Тому при короткотривалому опроміненні збудливість підвищується, а при тривалому опроміненні в результаті надмірного розпушення мембран рефлекторна збудливість спинного мозку знижується.

Висновки

1. Хлористий кальцій (0,99%) знижує рефлекторну збудливість спинного мозку. Опромінення (2—6 хв.) ультракороткими хвилями на фоні дії хлористого кальцію підвищує збудливість спинного мозку, а іноді не змінює її.

2. Реципрокне гальмування в спинному мозку, альтерованому розчином хлористого кальцію (0,99%), посилюється. Короткотривале опромінення спинного мозку ультракороткими хвилями на фоні кальцієвої альтерації ослаблює реципрокне гальмування в спинному мозку.

3. Хлористий калій (0,89%, 0,45%, 0,22%) на початку своєї дії посилює збудливість спинного мозку, через 10—30 хв. під впливом хлористого калію збудливість знижується. Опромінення на протязі 3—8 хв. в другій фазі дії хлористого калію знижує рефлекторну збудливість спинного мозку. Короткотривале опромінення в першій фазі дії хлористого калію на спинний мозок посилює рефлекторну збудливість, тривале опромінення в цих умовах знижує збудливість спинного мозку.

4. Реципрокне гальмування в спинному мозку, альтерованому хлористим калієм (0,45%), на початку дії хлористого калію ослаблюється, при тривалій дії — посилюється. Опромінення (2—3 хв.) спинного мозку в першій і другій фазах калієвої альтерації, якщо величина скорочень не змінюється, ослаблює реципрокне гальмування; опромінення на протязі 5—6 хв. посилює гальмування.

Якщо рефлекторні скорочення напівсухожильного м'яза зменшуються при калієвій альтерації, то опромінення (2—3 хв.) посилює гальмування, а збудливість знижує ще сильніше.

5. При опроміненні спинного мозку ультракороткими хвилями утворюється деполяризація протоплазматичних мембран нервових елементів спинного мозку та збільшується їх проникність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бекаური Н. В., Физиол. журн. СССР, т. 31, в. 2, 1941, с. 184.
2. Калинин И. И., Физиол. журн. СССР, т. 24, в. 4, 1938, с. 726.
3. Костюк П. Г., Физиол. журн. АН УРСР, т. 1, № 3, 1955, с. 27.
4. Кочерга Д. А., Сб. работ Ин-та физиологии животных при Днепропетровском госуниверситете, т. III, 1940, с. 123.
5. Мамонец Т. М., Влияние ионов калия и кальция на рефлекторную деятельность спинного мозга, Дисс., К., 1955.
6. Петров Ф. П., Физиол. журн. СССР, т. 17, в. 4, 1934.
7. Петров Ф. П., Труды Ин-та им. В. М. Бехтерева, Л., т. II, 1935, с. 121.

8. Пышина С. П., Физиол. журн. СССР, т. 51, в. 1, 1955, с. 64.
9. Штерн Л. С., Физиол. журн. СССР, т. 23, 1937, с. 480.
10. Gerlach P., Biochem. Ztschr., Bd. 61, 1914, S. 125.

Київський державний університет
ім. Т. Г. Шевченка,
кафедра фізіології тварин

Надійшла до редакції
1. VII 1957 р.

Влияние ультрачастотного электромагнитного поля на рефлекторную деятельность спинного мозга, альтерированного ионами калия и кальция

Ф. И. Гришко

Резюме

1. Хлористый кальций (0,99%-ный раствор) при локальном его приложении к поясничной области спинного мозга в начале своего действия снижает рефлекторную возбудимость спинного мозга. Облучение (2—6 мин.) ультракороткими волнами на фоне действия хлористого кальция повышает возбудимость спинного мозга, а иногда не изменяет ее.

2. Реципрокное торможение в спинном мозгу, альтерированном раствором хлористого кальция (0,99%), усиливается. Кратковременное облучение спинного мозга ультракороткими волнами на фоне кальциевой альтерации ослабляет реципрокное торможение в спинном мозгу.

3. Хлористый кальций (0,89%; 0,49%; 0,22%) в начале своего действия усиливает рефлекторную возбудимость спинного мозга; облучение на протяжении 3—8 мин. во второй фазе действия хлористого калия снижает рефлекторную возбудимость спинного мозга. Кратковременное облучение в первую фазу действия хлористого калия еще больше усиливает рефлекторную возбудимость; длительное облучение в этих условиях снижает возбудимость спинного мозга.

4. Реципрокное торможение в спинном мозгу, альтерированном хлористым калием (0,45%), в начале его действия ослабляется, а при длительном действии хлористого калия усиливается. Облучение в течение 2—3 мин. спинного мозга в первой и второй фазах калиевой альтерации, если величина сокращений не изменяется, ослабляет реципрокное торможение, а облучение на протяжении 5—6 мин. усиливает его.

5. При облучении спинного мозга ультракороткими волнами происходит деполяризация протоплазматических мембран нервных элементов спинного мозга и увеличивается их проницаемость.