

Характеристика перекисного окислення ліпідів тканин внутрішніх органів і показників ліпідного обміну плазми крові за умов гіпогеомагнітного поля

В опытах на морских свинках и белых крысах установлено, что ослабленное в 100 раз магнитное поле Земли значительно повышает активность перекисного окисления липидов (ПОЛ) в тканях внутренних органов. В легких, печени, почках, тонкой кишке в условиях действия гипогеомагнитного поля (ГГМП) снижается ферментативная антиокислительная активность, а в сердце — неферментативные механизмы. Данный процесс сопровождается у морских свинок снижением холестерина, фосфолипидов, триглицеридов и повышением значений этих показателей у белых крыс после 5-суточного пребывания животных в гипогеомагнитной камере. Результаты опытов на белых крысах позволили заключить, что 5-суточное влияние ГГМП способствует замене углеводного обмена на липидный. Реакция морских свинок на пребывание животных в условиях ослабленного магнитного поля Земли проявляется снижением значений показателей липидного обмена в сыворотке плазмы крови.

Вступ

До факторів, які змінюють інтенсивність перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) можна віднести магнітне поле [7, 8]. За деякими даними [2, 15] постійне магнітне поле (ПМП) з індукцією 520 мТл і експозицією 3 год пригнічує ПОЛ, нормалізує стан фосфоліпідного оточення акцепторного утворення, а також інтенсивність імпульсації рецепторних клітин мишей. Таким чином, дія сильного ПМП ідентична впливу антиоксидантів, які модулюють структури мембран і метаболізм клітин.

Протилежний ефект дії змінного магнітного поля (ЗМП) з індукцією 20 мТл, різної тривалості і кратності при частоті 50 Гц, оскільки у щурів значно активується вільне радикальне окислення ліпідів біологічних мембран внаслідок зниження антиокисної активності ліпідів і активності антиперекисного захисту [6, 14]. При цьому відбувається пригнічення тканинного дихання, активація анаеробного гліколізу, порушується функція мітохондрій, змінюється толерантність тканин до інсуліну, а значить і чутливість рецепторів до гормонів, знижується вміст циклічної аденозинмонофосфорної кислоти і збільшується — циклічної гуанозинмонофосфорної кислоти у печінці.

Інший характер змін ПОЛ спостерігається при дії на організм слабких магнітних полів (МП). Так, дослідження динаміки вмісту продуктів ПОЛ і сумарних тілових груп у головному мозку мишей при дії МП інфранизької частоти (0,8 і 8 Гц) і індукцією 30 мкТл показало, що вплив фізичного фактору призводить до асинхронності зв'язків між ПОЛ і обміном тілових груп при частоті 0,8 Гц, що зумовлює розвиток стрес-реакцій у більшості випадків [5]. Вплив ЗМП із частотою 8 Гц має антистресову дію, що характеризується певною потужністю і активацією систем антиоксидантної активності і ПОЛ [12]. У праці Мартинюка з співавт. [5] показано, що різниця модифікуючої дії МП на радіорезистентність тварин залежить від частоти цього поля. Да-

них про вплив гіпогеомагнітного поля (ГГМП) на ПОЛ у доступній нам літературі не виявлено, що стало підставою дослідження впливу ослабленого МП Землі для визначення показників не тільки активності ПОЛ, але й ліпідного обміну плазми щурів і морських свинок.

Методика

Досліди проводили на 60 морських свинках масою 0,3—0,4 кг і 20 білих щурах масою від 0,2 до 0,25 кг, які підлягали впливу ГГМП протягом 1, 3, 5 діб в екрануючій камері об'ємов 2,4 м³ із коефіцієнтом екранізації 100. Залишкове МП Землі становило в середині споруди 0,48 мкТл за вертикальним вектором і 0,056 мкТл — за горизонтальним.

Визначення активності ПОЛ здійснювали за методом Владимірова і Арчакова [3]; в одержаних ліпідних екстрактах визначали концентрацію загальних ліпідів [16]; холестеролу за методом Ілька [13] у модифікації Ліса [17]; тригліцериди за методом Панчишина з співавт. [9]; загальні фосфоліпіди згідно з [1], а вільні жирні кислоти — Прохорова з співавт. [10].

Результати та їх обговорення

Результати досліджень перебування морських свинок за умов дії ГГМП представлено в табл. 1. Продемонстровано, що вплив ослабленого МП Землі

Таблиця 1. Інтенсивність процесів перекисного окислення ліпідів у морських свинок (мкмоль мл⁻¹ год⁻¹ за умов дії гіпогеомагнітного поля (ГГМП), n=10

Показник	Інтактні тварини (контроль)	Тварини, які підлягали впливу ГТМП		
		1 доб	3 доб	5 діб
Легені				
Загальне перекисне окислення	14,9±0,1	71,3±4,1	74,1±3,8	78,8±4,5
НАДФ·Н-залежне окислення	17,9±0,7	94,2±5,4	152,7±101,2	211,3±26,9
Аскорбат-залежне окислення	37,2±2,1	295,0±9,6	306,0±7,0	351,0±19,6
Серце				
Загальне перекисне окислення	11,5±0,6	43,5±4,5	34,1±1,7	33,9±1,1
НАДФ·Н-залежне окислення	16,0±1,2	235,0±16,8	366,5±10,3	266,6±19,3
Аскорбат-залежне окислення	35,4±2,2	237,0±9,2	216,8±10,3	211,3±23,4
Печінка				
Загальне перекисне окислення	15,4±0,6	66,1±4,2	133,8±11,1	81,1±7,1
НАДФ·Н-залежне окислення	19,0±1,0	291,0±15,2	298,3±18,3	308,4±30,4
Аскорбат-залежне окислення	39,9±2,6	291,7±26,4	382,4±8,3	367,4±22,4
Нирки				
Загальне перекисне окислення	19,8±1,4	68,6±6,4	109,2±3,8	167,3±7,4
НАДФ·Н-залежне окислення	22,1±1,0	211,5±16,5	258,9±7,2	320,7±9,9
Аскорбат-залежне окислення	363,0±2,5	272,9±8,4	327,6±7,5	362,8±10,3
Тонка кишка				
Загальне перекисне окислення	11,2±0,5	40,4±5,5	40,9±1,9	54,2±1,7
НАДФ·Н-залежне окислення	15,6±1,0	40,5±3,2	59,8±2,7	72,9±3,1
Аскорбат-залежне окислення	33,7±2,5	121,3±6,6	125,5±3,2	163,7±9,2

значно підвищував активність процесів ПОЛ у всіх досліджуваних органах. Особливістю цих змін є загальна направленість підвищення значень показників ферментативного НАДФ·Н-залежного і аскорбатзалежного (АЗ) окислення в більшій мірі, ніж загального перекисного окислення (ЗПО). Так, у легенях загальний вміст ПОЛ збільшувався на 378, 400, 428 % при дії ГГМП протягом 1, 3, 5 діб; в системі НАДФ·Н-залежного у 5, 8, 11 разів, а в системі АЗ окислення — у 8, 9, 9,5 разів.

Дія ГГМП на процеси ПОЛ міокарда призвела до підвищення рівня маіонового діальдегіду в 3 рази, в той же час АЗ окислення і НАДФ·Н збільшувалися в 6—22 рази. Аналогічна направленість змін під час перебування тварин за умов ГГМП спостерігалася у печінці і нирках. Тільки в тканинах тонкої кишки активність ПОЛ пропорційно підвищувалася у всіх системах у 3—5 разів.

Таким чином, НАДФ·Н-залежне ПОЛ у інтактних тварин більш активне ніж АЗ, що свідчить про високу антиоксидантну активність відносно АЗ вільнорадикальних процесів, ніж до ферментативних. Це пов'язано з більшою перевагою ферментативного ПОЛ і необхідністю посиленого захисту від продуктів вільнорадикального ПОЛ, що зберігає активність ЗПО на низькому стаціонарному рівні.

При дії ГГМП активності захисних систем ПОЛ не достатньо, щоб компенсувати підвищення утворень продуктів ПОЛ у досліджуваних органах. Отже, ГГМП по відношенню до морських свинок виступає як пошкоджуючий фактор. У легенях, печінці, нирках, кишечнику за умов дії ГГМП переважно знижується ферментативна антиокисна активність механізмів, а в серці — неферментативні механізми. Цю неоднозначність можна пояснити тим, що в серці в процесі еволюції виробилися більш стійкі механізми регуляції діяльності органу. Про це свідчить менша ступінь загальної активності ПОЛ, ніж в інших органах, як відповідь дії ослабленого МП Землі.

Механізм фізичної взаємодії МП із біологічними системами повинен піддаватися відомим законам термодинаміки. Однак, його взаємодія з речовиною являє собою лише початок ланцюга послідовних явищ, які розвиваються під впливом даного фактору. Це мотивує необхідність розгляду тих складних інтегральних схем, які характеризують здатність організму селектувати та посилювати первинні збурення, викликані відсутністю МП.

З цієї метою проведено дослідження на 20 морських свинках і 20 щурах, які протягом 1, 3, 5 діб знаходилися за умов дії ГГМП для визначення в плазмі крові концентрації холестерину, тригліцеридів, загальних ліпідів. Як видно з результатів, представлених в табл. 2 під час дії цього фактору при всіх застосованих фізико-технічних умовах ліпідний обмін порушується. Так, у морських свинок концентрація терину за умов 1-, 3-добового впливу ГГМП вірогідно збільшувалася й різко зменшувалася за 5-ту добу. У щурів за умов впливу ГГМП вміст холестерину підвищувався лише після 1-ї доби дії ослабленого МП Землі.

Слід зазначити вірогідне підвищення концентрації фосфоліпідів у плазмі морських свинок за 1-шу добу і зменшення значень цього показника за 3-тю, 5-ту доби впливу ГГМП. У плазмі щурів після дії ГГМП при всіх формах досліду спостерігалася підвищення концентрації фосфоліпідів ($P < 0,05$). Таку саму направленість виявлено і відносно тригліцеридів плазми — зниження їх у морських свинок за 5-ту добу і підвищення — у щурів за 3-тю і 5-ту доби.

Таблиця 2. Показники ліпідного обміну в сироватці крові морських свинок і щурів за умов впливу гіпогеомагнітного поля (ГГМП, n=5)

Показник	Інтактні тварини (контроль)	Тварини, які підлягали дії ГТМП		
		1 доба	3 доби	5 діб
Морські свинки				
Холестерин (г/л)	0,49±0,05	0,67±0,02*	0,64±0,05*	0,27±0,03*
Неестифіковані жирні кислоти (мекв/л)	4,93±0,20	4,71±0,32	5,04±0,29	4,22±0,18*
Загальні ліпіди (г/л)	4,31±0,01	6,37±0,25*	5,78±0,34*	5,17±0,05
Тригліцериди (г/л)	0,99±0,04	1,23±0,05*	1,15±0,10	0,38±0,04*
Загальні фосфоліпіди (г/л)	1,53±0,68	2,50±1,10*	0,63±0,03*	0,57±0,04*
Щури				
Холестерин (г/л)	1,30±0,01	0,73±0,08*	1,12±0,08	1,55±0,18
Неестифіковані жирні кислоти (мекв/л)	4,26±0,15	4,67±0,17	5,19±0,26*	4,57±0,20
Загальні ліпіди (г/л)	5,10±0,07	7,49±0,71*	6,93±0,48*	6,20±0,25*
Тригліцериди (г/л)	0,58±0,01	0,56±0,01	1,59±0,03*	1,35±0,08*
Загальні фосфоліпіди (г/л)	2,09±0,07	2,43±0,12*	2,48±0,12*	2,44±0,12*

P<0,05.

Різноманітність реакції зберігається під час визначення концентрації неестифікованих жирних кислот (НЕЖК) у тварин, що можливо визначено видовою специфічністю морських свинок і щурів до дії даного фізичного фактору. Єдиним показником, який має однакову направленість до дії ГГМП у цих тварин виявилися загальні фосфоліпіди, в яких концентрація їх у плазмі крові вірогідно збільшувалася.

Таким чином, у реакції біологічних систем на вплив ГГМП важливе значення має ліпідний обмін. Очевидно, під впливом даного фізичного фактору посилюється інтенсивність ПОЛ, внаслідок чого пошкоджуються основні функції мембран — бар'єрні та каталітичні. В першу чергу, іонна провідність піддається моделюванню. Крім таких пошкоджень, викликаних ПОЛ можуть модифікуватися властивості ліпідного бішару. Обидва типи реакції призводять до цитолітичного пошкодження клітин. Токсичні фактори, які при цьому утворюються, збільшують активність фосфоліпаз, що в свою чергу проявляється у зниженні концентрації фосфоліпідів, особливо, у морських свинок за 3-тю, 5-ту доби впливу ГГМП, що сприяє подальшому пошкодженню мембран.

За деякими даними [11, 12] слабе ЗМП з напругою 4,1 А/м і частотою 8 Гц впливає на інтактних щурів і 8-кратна дія МП знижує концентрацію холестерину, загальних ліпідів, тригліцеридів. Але те саме МП при дії на тварин за умов гіпокінезії і ослабленого в 12,5 разів МП Землі збільшує значення показників ліпідного обміну в крові і нормалізує їх у печінці. Таким чином, знайдені параметри ЗМП корелюють порушення ліпідного обміну у тварин, які знаходяться за умов обмеженої рухливості і гіпогеомагнітного середовища. Інший характер змін виявлено при дії ЗМП напругою 20 мТл і частотою 50 Гц, де у щурів виявлено збільшення значення НЕЖК, фосфоліпідів у крові, печінці, міокарді [4]. Напруга МП 7,5 кА/м промислової частоти знижує вміст вільних жирних кислот,

тригліцеридів, вільних ефірів, холестеролу на 30 % у мітохондріях печінки щурів [14]. Це пов'язують з активацією ліпаз та інтенсифікацією використання жирів в енергетиці клітин.

Таким чином, виявлена загальна направленість обміну речовин у щурів на дію ГГМП, ЗМП промислової частоти, де дані форми впливу сприяють переходу вуглеводного обміну на ліпідний. Реакція морських мвинок на дію ГГМП виявляється протилежною: при 5-добовому перебуванні тварин за умов ослабленого в 100 раз МП Землі спостерігається зниження значень усіх показників ліпідного обміну в сироватці плазми крові.

V.I.Babych

CHARACTERISTIC OF PEROXIDE OXIDATION OF LIPIDS IN TISSUES OF INNER ORGANS AND OF LIPID METABOLISM INDICES UNDER CONDITIONS OF THE HYPOGEOMAGNETIC FIELD

It was found in experiments on guinea-pigs and white rats that 100-time weakened magnetic field of the earth considerably increased the activity of peroxide oxidation of lipids (POL) in tissues of inner organs. In the lungs, liver, kidneys, small intestine under the influence of hypogeomagnetic field (HGMF) we have observed reduction of ferment antioxidizing activity and of non-ferment mechanisms in the heart. The process is accompanied by reduction of cholesterol, phospholipids and triglycerids in guinea-pigs and by increase of this indices in white rats after 5-day-long stay of animals in the hypogeomagnetic chamber. The data of experiments on white rats underlie a conclusion that the 5-day-long influence of HGMF promotes the change of the carbohydrate metabolism for lipid metabolism. The reaction of guinea-pigs on the stay under the weakened magnetic field of the earth displays in reduction of the level of lipid metabolism indices in the blood serum.

Lviv Medical Institute,
Ministry of Public Health of Ukraine

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антонов В.Ф. Липиды и ионная проницаемость мембран. — М.: Наука, 1982. — 150 с.
2. Аристархов В.М. Мембранные механизмы биоэффектов магнитного поля // Механизмы биологического действия электромагнитных излучений. — Пушино, 1987. — С. 18.
3. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. — М.: Наука, 1972. — 286 с.
4. Макеев В.Б., Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М. и др. Физиологически активные инфранизкочастотные магнитные поля // Электромагнитные поля в биосфере. Биологическое действие электромагнитных полей. — М., 1984. — Т. 2. — С. 62—72.
5. Мартинюк В.С., Копилов А.Н., Сташков А.М. Вплив слабких магнітних полів інфранизких частот на часову організацію обміну тілових груп та продуктів перекисного окислення ліпідів у головному мозку мишей // Фізіол. журн. — 1992. — 38, № 3. — С. 67—71.
6. Мацаберидзе З.П. Изменения некоторых показателей перекисного окисления липидов in vivo при действии переменным магнитным полем // Магнитология. — 1992. — № 2. — С. 6—9.
7. Монич В.А., Малиновская С.Л., Кривошеина И.В. и др. Влияние переменного магнитного поля на интенсивность перекисного окисления липидов // Там же, № 2. — С. 46—47.
8. Ларин В.С., Монич В.А., Малиновская С.Л. и др. Влияние импульсного магнитного поля на процессы перекисного окисления липидов // Там же, № 2. — С. 68.
9. Панчишина М.В., Иванов Ю.А., Бурый И.В. Модификация методики определения содержания триглицеридов в биологических субстратах // Лаб. дело. — 1979. — № 4. — С. 221—224.
10. Прохоров М.Ю., Тиунов М.П., Шакалис Д.А. Простой калориметрический микрометод определения свободных жирных кислот // Там же. — 1977. — № 9. — С. 535—536.
11. Темурьянц Н.А. Нервные и гуморальные механизмы к действию неионизирующих излучений: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — М., 1989. — 29 с.

12. Темурьянц Н.А., Евстафьева Е.В., Макеев В.Б. Коррекция липидного обмена у крыс с ограниченной подвижностью переменным магнитным полем инфранизкой частоты // Биофизика. — 1985. — № 2. — С. 313—316.
13. Холестериноз: Холесерин мембран. Теоретические и клинические эффекты / Ю.М. Лопухин, А.И. Арчаков, Ю.А. Владимиров и др. // М.: Медицина, 1983. — 352 с.
14. Чернышева О.Н. Влияние переменного магнитного поля промышленной частоты на состав липидов печени крыс // Укр. биохим. журн. — 1987. — № 3. — С. 91—94.
15. Braven J., Fischer A.S. Changes in the activity of erythrocyte glutathione peroxidase associated with magnetic fields // Sci. Total Environ. — 1988. — 73, № 3. — P. 267—268.
16. Kibric A.S., Skupp S.J. Colorimetric method for the determination of fatty acids in blood by oxydation with bichromate // Arch. Biochem. Biophys. — 1953. — 44. — P. 134—139.
17. Lica S. Schnellmicromethode zur directen cholesterin-goestimmung // Z.C. Ces. Imm. Med. — 1962. — Bd. 27. — S. 83.

Львів. мед. ін-т
М-ва освіти України

Матеріал надійшов
до редакції 12.02.94