

В. В. Логінов, В. Ф. Русяєв, С. І. Шпак, В. С. Шпак

Вплив електромагнітного випромінювання надвисоких частот на коагуляційні та фібринолітичні властивості крові *in vitro*

Представлены новые гипотезы, описывающие механизм действия электромагнитных волн КВЧ на плазменные и тромбоцитарные факторы гемостаза и систему фибринолиза. Изложение ведется с учетом представления, что плазма и тромбоциты, с соответствующими плазменными и тромбоцитарными факторами, являются первичной мишенью действия электромагнитных волн КВЧ - диапазона.

ВСТУП

Клінічні спостереження свідчать, що зміна електромагнітного режиму біосфери стимулює гемокоагуляцію та фібриноліз у здорових людей і у пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями. Водночас виявляються зміни згортальних і противозгортальних механізмів у результаті чого розвиваються тромбогеморагічні феномени. У зв'язку з цим важливе значення має механізм дії електромагнітних чинників і прогнозування патологічних реакцій з боку системи гемостазу і їх своєчасної корекції [9].

Водночас нині практично відсутні дані про механізми впливу геомагнітних чинників на структурно-функціональну організацію системи гемостазу, про координацію захисних механізмів, надійність роботи системи згортання крові і кількісних методів її оцінки. Все це значно утрудняє організацію ефективних профілактичних і лікувальних заходів і потребує детального вивчення реакцій компонентів системи гемостазу у разі впливу електромагнітних чинників [4,7,10].

Мета нашого дослідження - вивчити відношення клітинної та молекулярної ланки ге-

мостазу з фібринолітичною системою у разі впливу електромагнітного випромінювання надвисоких частот (НВЧ).

МЕТОДИКА

У експерименті досліджували кров 25 практично здорових осіб віком від 16 до 40 років. Кров забирали голками з ліктьової вени в силиконові пробірки і стабілізували 3,8 %-м розчином цитрату натрію у співвідношенні 9:1. Вивчали безтромбоцитарну та тромбоцитарну кров, котрі одержували центрифугуванням при 3000 об/хв протягом 20 хв і при 1000 об/хв протягом 10 хв відповідно.

Визначали біохімічні показники: час рекальцифікації, споживання протромбіну і тромбіновий час, а також використовували інструментальний метод - тромбоеластографію [2]. Крім того, в окремій серії експериментів визначали вміст фібриногену та його похідних і фібринолітичну активність безтромбоцитарної крові [6]. У проведених спостереженнях реєстрували активність чинників гемокоагуляції неопроміненої (контроль) і опроміненої крові після експозицій від 15 до 90 хв (експеримент).

Досліджувані субстрати поміщали у фторопластикові кювети й опромінювали електромагнітним випромінюванням НВЧ за допомогою генератора “Явв-5,6” (частота 53, 57 Гц, довжина хвилі 5,6 мм) із щільністю потоку потужності 10 мВт/см² протягом 15-90 хв *in vitro*. Достовірність розходження контрольних і експериментальних результатів визначали за критерієм t Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТИ

Результати експериментів наведено в табл. 1 і 2.

Після опромінення крові бідної на тромбоцити спостерігали підвищення тромбопластичної й антигепаринової активності. Про це свідчить достовірне зменшення часу рекальцифікації, підвищення споживання протромбіну і скорочення тромбінового часу. Вираженість виявлених зсувів монотонно зростає зі збільшенням тривалості опромінення (див. табл. 1). Визначення цих показників через 90 хв після експериментального впливу виявляє гіпокоагуляційні ефекти як у контрольних, так і в дослідних зразках, про що свідчить подовження часу рекальцифікації, зниження споживання протромбіну і тенденція до подовження тромбінового часу. Слід зазначити, що виявлені зміни виявляються більше в крові, підданій опроміненню. У ек-

спериментах із тромбоцитною кров'ю спостерігалися більш виражені зміни порівняно з такою бідною на тромбоцити. Як і в попередній серії досвідів, у крові багатій на тромбоцити через 90 хв виявляються достовірні гіпокоагуляційні зсуви.

Результати тромбоеластографії також свідчать про наявність гіперкоагуляційних змін в експериментальних субстратах і тенденції до гіпокоагуляції через 90 хв після впливу (див. табл. 2). На тромбоеластограмі в крові бідній на тромбоцити видно зменшення часу релаксації, часу тромбоутворення та максимальної амплітуди кривої відразу після впливу з експозицією 15-90 хв. Тромбоеластограма крові багатой на тромбоцити також характеризується зменшенням часу релаксації та тромбоутворення, але цей процес супроводжується значним збільшенням максимальної амплітуди кривої (42,5 мм у контролі проти 65,0 мм при опроміненні 90 хв).

Слід зазначити, що вміст фібриногену в опроміненій (90 хв) крові вірогідно знижувався (425 мг% ± 9,7 мг% - контроль, 105 мг% ± 24,0 мг% - дослід), а фібринолітична активність підвищувалася пропорційно часу експозиції (225,0 хв ± 2,0 хв - контроль, 200,0 хв ± 3,0 хв - дослід). За допомогою етанолового тесту [2] виявлено, що при всіх експозиціях гель не утворювався, але спостерігала поява значної зернистості (30 і 90 хв) і тен-

Таблиця 1. Гемокоагуляційні властивості крові у разі опромінення електромагнітним випромінюванням НВЧ($x \pm S_x$)

Показник	До впливу (контроль)	Після впливу через		
		15 хв	30 хв	90 хв
Кров бідна на тромбоцити				
Час рекальцифікації, с	144,0±2,2	130,0±2,3**	121,0±1,9**	105,0±2,5***
Споживання протромбіну, с	132,0±1,7	138,0±1,6*	145,0±2,9**	166,0±3,1***
Тромбіновий час, с	34,0±0,6	32,0±0,5**	29,0±1,5**	28,0±1,7**
Кров багата на тромбоцити				
Час рекальцифікації, с	89,0±2,3	80,0±2,3**	72,0±3,5**	66,0±4,2**
Споживання протромбіну, с	149,0±1,9	155,0±2,9*	164,0±3,1**	172,0±4,1**
Тромбіновий час, с	35,0±0,8	33,0±0,5*	29,0±1,6**	25,0±2,4**

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001 (Тут і в табл. 2).

Таблиця 2. Тромбоеластографічні показники крові у разі опромінення електромагнітним випромінюванням НВЧ ($x \pm S_x$)

Показник	До впливу (контроль)	Після впливу через		
		15 хв	30 хв	90 хв
Кров бідна на тромбоцити				
Час реакції, с	190,0±6,0	150,5±11,5**	115,5±18,0**	81,0±15,0**
Час тромбоеутворення, с	32,0±2,0	25,5±1,0**	21,0±3,0**	15,5±3,0**
Максимальна амплітуда кривої, мм	42,5±0,6	40,0±1,0**	35,9±3,0**	31,0±3,5**
Кров багата на тромбоцити				
Час реакції, с	160,0±6,0	130,5±6,5**	98,5±15,0**	67,0±18,0**
Час тромбоеутворення, с	21,0±0,4	19,5±0,2*	17,0±1,2**	11,5±3,0**
Максимальна амплітуда кривої, мм	42,5±2,4	50,0±1,0**	53,5±2,5**	65,0±7,0**

денція до желеутворення, що, цілком імовірно, свідчить про наявність у плазмі невеликої кількості комплексів фібрин-мономера (особливо при експозиції 90 хв)

ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз результатів дослідження дозволяє зробити висновок про те, що вплив електромагнітного випромінювання НВЧ викликає гіперкоагуляційні зміни відразу після впливу і вірогідно зменшує активність прокоагулянтів через 90 хв після опромінення. Ймовірно, відбувається активація протромбіну, що утримується в крові. Як відомо, активація цього ферменту здійснюється внаслідок відщиплення протромбіназою фрагментів молекули прокоагулянта. Оскільки спостерігається збільшення споживання протромбіну пропорційно часу опромінення, можна припустити, що електромагнітне випромінювання НВЧ викликає деформацію і наступну активацію молекули протромбіну. Тому можливо, що гіперкоагуляційні ефекти, виявлені в наших досвідах, зумовлені деструкцією молекули протромбіну в результаті її поляризації електромагнітним випромінюванням НВЧ. Відповідно в крові багатій на тромбоцити спостерігаються більш виражені зміни, що свідчать про вплив на процес коагуляції чинників, що звільняються тромбоцитами, а саме, тромбопластичного чинника 3. Сліди тромбіну, які

з'являються, забезпечують латентне утворення фібрину, що і викликає збільшення антитромбінової активності в крові бідній на тромбоцити. На користь цього свідчить також зміна вмісту фібриногену і його похідних.

Збільшення максимальної амплітуди тромбоеластограм можна пояснити таким чином: деякі плазменні чинники згортання концентруються кров'яними пластинками [3]. Так, якщо на частку фібриногену припадає 3 % усього білка крові, то в тромбоцитах його утримання становить 12 %. Тому зниження концентрації фібриногену в безтромбоцитарній крові компенсується активацією кров'яних пластинок у крові багатій на тромбоцити і виділення з них значної кількості фібриногену. Цей процес сприяє утворенню пружного згустка і відповідного збільшення максимальної амплітуди ТЕГ [5]. Звільнення тромбоцитарних чинників (можливо, чинника 2), повинно прискорювати перехід фібриногену у фібрин і стимулювати ущільнення фібринового згустка.

Поряд із гіперкоагуляційними змінами в експериментальній крові з низьким вмістом тромбоцитів виявляється активація фібринолізу. Не виключено, що цей ефект зумовлений безпосереднім впливом електромагнітного випромінювання НВЧ на молекулу плазміногену [8]. Поява плазміну сприяє лізису фібриногену, нестабілізованого фібрину, утворенню ПДФ, яким властивий, як відомо,

гіпокоагуляційний вплив [1]. На нашу думку, саме цей механізм забезпечує гіпокоагуляційний ефект у крові через 90 хв після опромінення.

Таким чином, можна зробити висновок, що електромагнітне випромінювання *in vitro* викликає гіперкоагуляційні зміни в крові бідній і багатій на тромбоцити, підвищує антитромбінову активність крові, а також призводить до зменшення вмісту фібриногену і підвищує фібринолітичну активність, стимулює реакцію звільнення тромбоцитарних чинників гемокоагуляції.

**V.V. Loginov, V. F. Rusyaev, S.I. Shpak,
V.S Shpak**

INFLUENCE MM-WAVES RADIATION ON THE COAGULATION AND FIBRINOLITIC PROPERTY BLOOD

It is shown that new hypotheses concerning the mechanism of low-intensity mm-wave radiation effect on plasma and thrombosis haemocoagulation and fibrinolytic system. It is supposed that plasma and thrombosis factors in the area of irradiation can be primary receptor that transfer external radiation onto primary physiological targets.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андреевко Г.В. Фибринолиз (биохимия, физиология, патология). - М.: Изд-во Москов. ун-та, 1979. - 41 с.

2. Балуда В. П. Методы исследования системы гемостаза // Лаб. дело. - 1959. - № 2. - С.47-49.
3. Баркаган З.С. Геморрагические заболевания и синдромы. - М.: Медицина, 1980. - 336 с.
4. Девятков Н.Д., Бецкий О.В. Особенности взаимодействия ММ-излучения низкой интенсивности с биологическими объектами. — Сб. статей “Применение миллиметрового излучения низкой интенсивности в биологии и медицине” / Под ред. Н.Д. Девяткова. - М.: ИРЭ РАН СССР, 1985. - С.32-39.
5. Козинец Г.И. Свойства форменных элементов крови. — В кн.: Исследование системы крови в клинической практике. - М.: Триада-Х, 1997. - С.315-386.
6. Лабораторные методы исследования в клинике / Под ред. В.В.Меньшикова. - М.: Медицина, 1987. - 365 с.
7. Логинов В.В., Русяев В.Ф., Туманянц Е.Н. Влияние электромагнитного излучения ЭМИ КВЧ на эритроциты человека (in vitro) // Миллиметровые волны в биологии и медицине. - 1999. - №3. - С. 25-27.
8. Малолеткина Л.А. Действие электромагнитных волн миллиметрового диапазона на свертывающую и фибринолитическую системы крови // Вопр. курортологии, физиотерапия и лечеб. физ. культуры. - 1978. - № 4. - С.71 - 75.
9. Рождественская Е. Д. Влияние гелиогеофизических факторов на состояние гемокоагуляции и их значение в патогенезе и прогнозировании тромботических и геморрагических осложнений и сердечно-сосудистых заболеваниях.: Автореф. дисс. ... д-ра биол.наук. - Свердловск, 1973. - 21 с.
10. Синицын Н.И., Петросян В.И., Елкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В., Бецкий О. В. Особая роль системы “миллиметровые волны — водная среда” в природе // Биомед. радиоэлектроника. - 1998. - №1. - С.15-21.

Крим. мед. ун-т ім. С.І.Георгієвського

*Матеріал надійшов до
редакції 30.08.99*