УДК 546.221:612.1

Заічко Н.В., Пентюк Н.О., Пентюк Л.О., Мельник А.В., Андрушко І.І.

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ГІДРОГЕН СУЛЬФІДУ В СИРОВАТЦІ КРОВІ

Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ГІДРОГЕН СУЛЬФІДУ В СИРОВАТЦІ КРОВІ – Розроблено чутливий метод визначення рівня сульфід-аніона в сироватці крові, заснований на реакці між сульфід-аніоном та пара-фенілендіаміном в присутності іонів заліза (III). Вміст сульфід-аніона в сироватці крові практично здорових осіб складав 72,4±1,48 мкмоль/л. У хворих з артеріальною гіпертензією та ішемічною хворобою серця відмічається зниження рівня сульфід-аніона в сироватці крові, а у хворих з цирозом печінки – його зростання.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГИДРОГЕН СУЛЬФИДА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ – Разработан чувствительный метод определения уровня сульфид-аниона в сыворотке крови, основаный на реакции между сульфидом и пара-фенилендиамином в присутствии ионов железа (III). Содержание сульфид-аниона в крови практически здоровых людей составляет 72,4±1,48 мкмоль/л. У больных с артериальной гипертензией и ишемической болезнью сердца отмечается снижение уровня сульфид-аниона в сыворотке крови, а у больных циррозом печени – его повышение.

DETERMINATION OF HYDROGEN SULFIDE IN BLOOD SERUM – The sensitive method of determination of sulfide ion in blood serum was devised. The method was based on the reaction of sulfide ion and p-phenylenediamine in the presence of iron (III). The blood level of sulfide ion was 72,4±1,48 micromol/l in blood serum of healthy individuals. The hypertensive patients and patients with ishemic heart disease have a low blood level of sulfide ion, but the patients with liver cirrhosis have a high level of sulfide ion.

Ключові слова: гідроген сульфід, пара-фенілендіамін, тіонін, сироватка крові.

Ключевые слова: гидроген сульфид, пара-фенилендиамин, тионин, сыворотка крови.

Key words: hydrogen sulfide, p-phenylenediamine, thionine, blood serum.

ВСТУП В останні роки накопичились численні факти про причетність порушень обміну гомоцисте ну та цисте ну до формування серцево-судинно патології та інших захворювань [1], а також з'ясувалось, що ці амінокислоти слугують джерелом високоактивних продуктів [3], таких як гідроген сульфід (H_2S) та діоксид сірки (SO_2). Ці молекули утворюються за участі піридоксальзалежних ферментів цистатіонін-β-синтетази (КФ 4.2.1.22), цистатіонін-γ-ліази (КФ 4.4.1.1) та цисте намінотрансферази (КФ 2.6.1.3) практично в усіх тканинах, а особливо в ендотелі судин [4]. Доведена причетність H_2S до регуляці судинного тонусу та нейромодуляці , що ставить х в один ряд з оксидом азоту та монооксидом вуглецю [6]. H_2S має здатність розширювати судини, гальмувати агрегацію тромбоцитів, доведено його участь в запальних реакціях тощо [4].

Цілком очевидно, що дослідження рівнів H_2S в сироватці крові може мати певне діагностичне значення. Знайдено зміни рівня H_2S в крові тварин з моделями різних патологічних станів, включаючи гіпертензію та запальний синдром [4, 6]. Для визначення вмісту H_2S в плазмі крові та тканинах тварин використовується спектрофотометричний метод, заснований на утворенні барвника метиленового синього в реакці між сульфідом та N,N-диметил-пара-фенілендіаміном в кислому середовищі в присутності іонів заліза (III) [2]. Ще одним аналітичним підходом до визначення вмісту H_2S є реакція утворення тіоніну (барвника фіолетового кольору, здатного до флюоресценці) в реакці між сульфід-аніоном та пара-фенілендіаміном в кислому середовищі в присутності хлориду заліза (III) [5]. На сьогодні ще немає достатньо інформаці щодо відтворюваності та чутливості цих методів, а також змін рівнів H_2S при патології . В цій роботі представлено накопичений авторами досвід визначення вмісту H_2S в біологічних рідинах та запропоновано удосконалений варіант методу його визначення, заснований на реакці між сульфід-аніоном та пара-фенілендіаміном.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ Забір крові для дослідження у людей проводився з 8 до 9 години ранку натщесерце. Кров набирали з ліктьово вени в пластикові пробірки вакутейнер. Кров у щурів отримували шляхом декапітаці під легким ефірним наркозом, у кролів кров набирали з вушно вени. Одразу після взяття кров центрифугували при 3000 об/хв протягом 20 хв, отриману сироватку негайно використовували для аналізу. За варіантом 1 рівень сульфід-аніона в сироватці крові визначали за реакцією утворення метиленового синього [2], за варіантом 2 - за реакцією утворення тіонінового барвиника.

Варіант 1. В пробірку, що містила 2,5 мл дистильовано води та 0,5 мл 1% розчину ацетату цинку (для зв'язування сульфідів), додавали 0,1 мл сироватки крові. Після перемішування додавали 0,5 мл 20 мМ розчину N,N-диметил-пара-фенілендіаміну в 7,2М HCl, 0,4 мл 30 мМ розчину $FeCl_3$ в 1,2М HCl. Інкубували 20 хв при 18-25°С. Потім додавали 1 мл 20 % трихлороцтово кислоти (ТХО) та центрифугували 10 хв при 3000 об/хв. Оптичну щільність надосадово рідини вимірювали при довжині хвилі 670 нм в кюветі з довжиною оптичного шляху 1,0 см проти контрольно проби, в якій замість сироватки крові брали 0,1 мл води.

Варіант 2. В пробірку з 0,5 мл 1% розчину ацетату цинку додавали 0,1 мл сироватки крові (на цьому етапі проби можна зберігати не менше 3-х годин), а потім 2,5 мл дистильовано води. Після перемішування додавали 0,5 мл 50 мМ свіжовиготовленого водного розчину пара-фенілендіаміну гідрохлориду, 0,4 мл 30 мМ розчину $FeCl_3$ в 1,2М HCl. Інкубували 5 хв при 18-25°С і після додавання 1 мл 20% ТХО центрифугували 10 хв при 3000 об/хв. Не пізніше 40 хвилин оптичну щільність надосадово рідини вимірювали при 590 нм в кюветі на 1,0 см проти контрольно проби, в якій замість сироватки крові брали 0,1 мл 7,5% розчину альбуміну.

Вміст сульфід-аніона розраховували за формулою: $C_д = (E_д / E_{ст}) \times C_{ст}$ мкмоль/л, де $C_д$ – концентрація сульфід-аніона в сироватці крові, $E_д$ – оптична щільність дослідно проби, $E_{ст.}$ – оптична щільність стандартно проби, $C_{ст}$ – концентрація сульфід-аніона в стандартній пробі. Стандартом слугували водні розчини $Na_2S \times 9H_2O$ з концентрацією 31,2- 3120 мкмоль/л, які обробляли як дослідні проби.

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою стандартних статистичних програм "MS Exel XP". Вірогідність відмінностей оцінювали за t-критерієм Стьюдента. В роботі використані N,N-диметил-пара-фенілендіамін (чда, НПФ «Синбиас», Укра на), пара-фенілендіамін дигідрохлорид (чда, Шостківський завод хімреактивів, Укра на), пара-фенілендіамін («Merck», Німеччина), $Na_2S \times 9H_2O$ («Sigma», США), альбумін («Sigma», США).

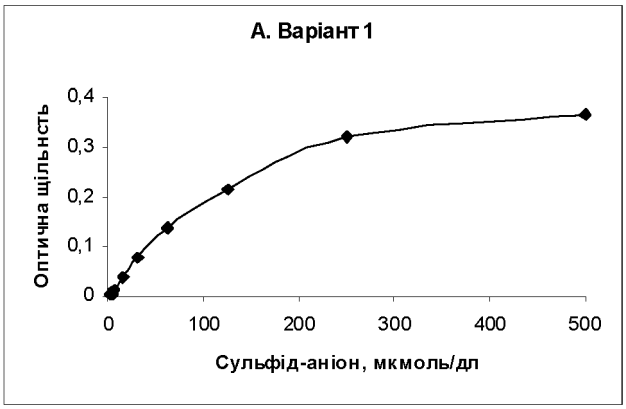
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА Х ОБГОВОРЕННЯ На початку роботи ми перевірили аналітичну чутливість варіантів 1 та 2 (табл.1). Виявилось, що мінімальна концентрація сульфід-аніона, яку вдається відкрити за реакцією утворення метиленового синього (варіант 1) зі стандартного розчину, становить 62,4 мкмоль/л. Фактично зазначений метод дозволяє відкривати 6,24 нмоль сульфід-аніона, оскільки об'єм розчину, який береться для аналізу, складає 0,1 мл. В той же час, мінімальна концентрація сульфід-аніона, що відкривалась за утворенням тіонінового барвника, становила 31,2 мкмоль/л (3,12 нмоль в пробі). Залежність між концентрацією сульфід-аніона в пробі та оптичною щільністю мала лінійний характер до концентраці 624 мкмоль/л в обох варіантах (рис.1). Отже, діапазон визначення сульфід-

Таблиця 1. Показники оптично щільності проб з різним вмістом сульфід-аніона, визначені за реакціями з N,N-диметил-пара-фенілендіаміном чи пара-фенілендіаміном

Вміст сульфід-аніона в стандартному розчині, мкмоль/л	Кількість сулфід-аніона в стандартній пробі, нмоль	Оптична щільність, "Е (% - коефіцієнт варіаці)	
		Реакція з N,N-диметил-пара-фенілендіаміном	Реакція з пара-фенілендіаміном
15,6	1,56	0,003±0,0008 (23,8%)	0,007±0,0010(13,7%)
31,2	3,12	0,006±0,0008 (12,2%)	0,013±0,0008 (6,12%)
62,4	6,24	0,013±0,0010 (8,39%)	0,024±0,0015 (6,09%)
156,0	15,6	0,035±0,0029 (8,35%)	0,056±0,0031 (5,46%)
312,0	31,2	0,072±0,0042 (5,80%)	0,110±0,0055 (4,98%)
624,0	62,4	0,131±0,0132 (10,1%)	0,215±0,0125 (5,81%)
1248,0	124,8	0,212±0,0271 (12,8%)	0,400±0,0257 (6,42%)

Примітки: 1.Δ Е - різниця між оптичною щільністю дослідно та контрольно проб;
2. Результати вимірювань представлені як середні величини з 4 паралельних проб (M±σ)

аніона становить 62,4-624 мкмоль/л для варіанту 1 і 31,2-624 мкмоль/л для варіанту 2. Виявилось, що за низьких концентрацій сульфід-аніона відтворюваність варіанту 1 була гіршою, ніж варіанту 2, що підтверджується відповідними коефіцієнтами варіаці . При збільшенні вмісту сульфід-аніона в пробах варіабельність обох методів зменшувалась. Таким чином, варіант 2 має не лише більшу чутливість, але і кращу відтворюваність (коефіцієнт варіаці близько 5-6 %) за низьких концентрацій сульфід-аніона. Цей факт є важливим для аналізу сироватки крові людини, де очікуються низькі рівні сульфід-аніона.



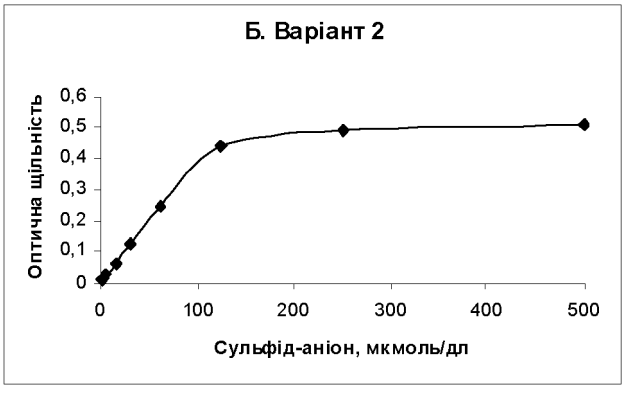


Рис. 1. Залежність між оптичною щільністю та концентрацією сульфід-аніона в розчині в реакціях з N,N-диметил-пара-фенілендіаміном (А) та пара-фенілендіаміном (Б).

Ми перевірили, як розвивається в часі реакція утворення тіонінового барвника. Виявилось, що оптична щільність як стандартних, так і контрольних проб швидко наростає в перші 5 хв, а далі приріст значно уповільнюється. При цьому різниця в оптичній щільності стандартних та контрольних проб починаючи з 5- хвилини залишалася стабільною не менше 1 години (рис. 2). Тому подальші дослідження ми проводили в інтервалі часу 5-60 хвилин.

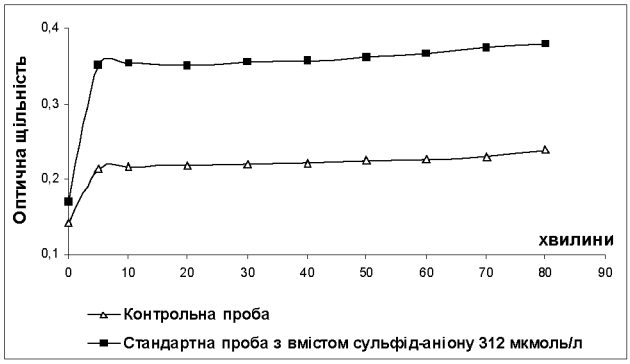


Рис. 2. Динаміка оптично щільності контрольно та стандартно проб протягом 1,5 год (концентрація сульфід-аніона 312 мкмоль/л).

Реакція утворення тіонінового барвника суттєво залежала від концентраці розчину пара-фенілендіаміну та терміну його виготовлення. Виявилось, що саме 50 мМ розчин пара-фенілендіаміну забезпечує найбільш стабільні результати. При більш низьких концентраціях пара-фенілендіаміну (20 мМ) забарвлення розвивається повільно і не досягає тих значень, як при 50 мМ концентраці пара-фенілендіаміну. При більш високих концентраціях пара-фенілендіаміну (100-200 мМ) забарвлення контрольних проб є занадто інтенсивним, що теж не дозволяє надійно вловити різницю в поглинанні дослідно та контрольно проб. Зауважимо, що лише свіжовиготовлені розчини пара-фенілендіаміну забезпечують мінімальні значення оптично щільності контрольних проб. При зберіганні реагента в розчині наростає власне забарвлення, що суттєво завищує оптичну щільність контрольних проб. Для отримання стабільних результатів значення також має і кваліфікація пара-фенілендіаміну. Найбільш відтворювані результати дало використання пара-фенілендіаміну дигідрохлориду, гірші результати показав пара-фенілендіамін основа. З огляду на ці моменти, для розрахунку вмісту сульфід-аніона в пробі доцільно кожного разу ставити стандартну пробу, а не застосовувати калібрувальну криву.

Наявність власного забарвлення у розчину пара-фенілендіаміну, яке, до того ж, посилюється в присутності хлориду заліза та соляно кислоти (очевидно, через аутоксидацію пара-фенілендіаміну), створює певні аналітичні проблеми, пов'язані з доволі значним поглинанням контрольних

проб, яке може накладатись на поглинання дослідних проб. Однак забарвлені продукти в контрольній пробі і продукти взаємоді пара-фенілендіаміну з сульфід-аніоном в дослідній пробі відрізняються між собою за максимумами поглинання. Ми встановили, що спектри поглинання забарвлених продуктів в контрольних і дослідних пробах суттєво різняться (рис. 3). Максимум поглинання контрольно проби знаходиться між 530 та 540 нм, а дослідно проби – між 580 та 590 нм. Тому фотометрування контрольних та дослідних проб при 580-590 нм забезпечить максимальну різницю в оптичній щільності між ними.

Придатність варіантів 1 та 2 для визначення вмісту сульфід-аніона в сироватці крові ми оцінювали методом добавок. Для цього до сироватки крові додавали розраховані кількості натрію сульфіду. Виявилось, що обидва методи відкривають лише близько 50 % внесено кількості сульфід-аніона (табл. 2). Було помічено, що частина забарвлених продуктів сорбується білками крові і після центрифугування переходить в осад. Цілком очевидно, що контрольні проби також мають містити білок. Ми запропонували в контрольну пробу вносити замість 0,1 мл води 0,1 мл 7,5 % розчину альбуміну (відповідно середньому вмісту білка в сироватці крові). Це дозволило збільшити визначення доданого до сироватки крові сульфід-аніона до 80-90 %.

Ми оцінили можливість застосування обох методів для визначення сульфід-аніона в сироватці крові. Виявилось, що лише тіоніновий метод забезпечує коректне визначення сульфід-аніона в сироватці крові людей та щурів, а чутливості методу, заснованого на утворенні метиленового синього, недостатньо для цієї мети (табл. 3).

Одним із принципових питань були умови зберігання сироватки крові до моменту дослідження на сульфід-аніон. З'ясувалось, що при зберіганні цільно крові або сироватки більше 4-6 годин при температурі 18-25°С втрачається більша частина сульфід-аніона. Охолодження сироватки крові до 4°С чи заморожування (-20 °С) також не попереджувало втрат сульфід-аніона. В максимальній мірі вдається зберегти сульфід-аніон за таких умов: а) при максимально швидкому отриманні сироватки крові (в межах 20-40 хвилин); б) при якомога швидшому додаванні отримано сироватки крові до 1% розчину ацетату цинку. За наявності ацетату цинку проби можна зберігати при температурі 18-25°С протягом кількох годин без відчутних втрат сульфід-аніона (рис. 4).

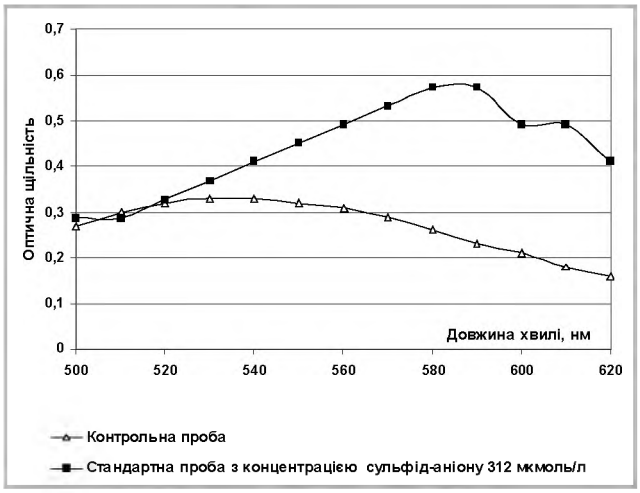


Рис. 3. Спектри поглинання забарвлених продуктів в контрольній та стандартній пробах в реакці з пара-фенілендіаміном (концентрація сульфід-аніона 312 мкмоль/л).

Таблиця 2. Результати визначення сульфід-аніона, доданого до проб сироватки крові людини

Кількість доданого до сироватки крові сульфід-аніона, нмоль	Кількість сульфід-аніона відкритого в пробі, нмоль (% від додано кількості)		
	Реакція з N,N-диметил-пара-фенілендіаміном	Реакція з пара-фенілендіаміном (контрольна проба з 0,1 мл води)	Реакція з пара-фенілендіаміном (контрольна проба з 0,1 мл 7,5% р-ну альбуміну)
	1	2	3
6,24	2,65±0,21 (42,5%)	3,40±0,22 (54,5%)	5,58±0,21* (89,3%)
15,6	8,15±0,17 (52,2%)	8,98±0,26 (57,5%)	14,1±0,17* (90,5%)
31,2	16,7±0,90 (53,4%)	18,5±0,79 (59,1%)	29,4±0,76* (94,3%)

Примітки: 1. Результати представлені як середні величини з 4 паралельних проб (M±σ); 2.* - p <0,01 між варіантами 2 і 3.

Таблиця 3. Приклади визначення вмісту сульфід-аніона в сироватках крові людини та тварин за реакціями з N,N-диметил-пара-фенілендіаміном та пара-фенілендіаміном

№	Проби сироватки крові (та стандарту)	Реакція з N,N-диметил-пара-фенілендіаміном		Реакція з пара-фенілендіаміном	
		"E_1	мкмоль/л	"E_2	мкмоль/л
1	Стандарт	0,068	312	0,127	312
2	Донор 1	0,002	0	0,030	73,7
3	Донор 2	0,006	0	0,028	68,8
4	Донор 3	0,005	0	0,034	83,5
5	Донор 4	0,010	45,8	0,041	100,7
6	Щур 1	0,012	55,0	0,056	137,6
7	Щур 2	0,015	68,8	0,062	152,3
8	Щур 3	0,012	55,0	0,048	117,9
9	Кролик 1	0,011	50,5	0,032	78,6
10	Кролик 2	0,009	41,2	0,034	83,5
11	Кролик 3	0,012	55,0	0,038	93,3

Примітка. ΔE - різниця між оптичною щільністю дослідно та контрольно проб.

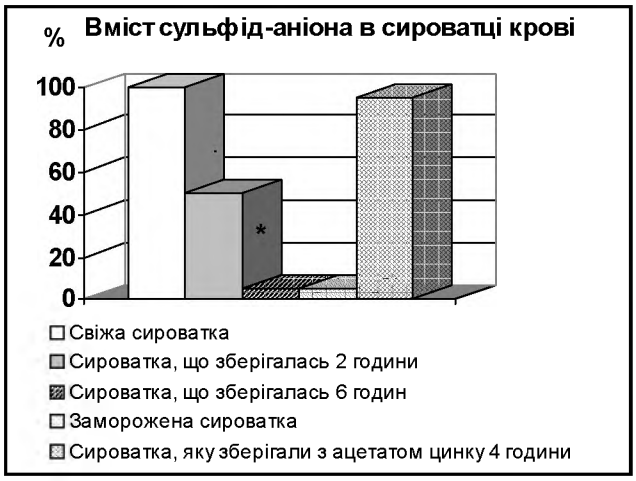


Рис. 4. Зміна вмісту сульфід-аніона в сироватці крові залежно від умов зберігання досліджуваного матеріалу. За 100 % прийнято вміст сульфід-аніона в свіжоотриманій сироватці крові людини; * - p < 0,05 відносно вмісту сульфід-аніона в свіжоотриманій сироватці.

Нами оцінений вміст сульфід-аніона в сироватці крові 38 здорових осіб (середній вік - 39,8±2,19 років, чоловіків - 21, жінок - 17), 16 хворих з цирозом печінки (середній вік 51,3±1,48 років, чоловіків - 10, жінок - 6), 25 хворих на ішемічну хворобу серця (середній вік - 56,2±1,65 років, 12 чоловіків та 11 жінок), у 84 жінок з гіпертонічною хворобою II ступеня (середній вік - 54,6±0,97 років). Вміст сульфід-аніона в сироватці крові у практично здорових осіб коливався від 56,9 до 88,4 мкмоль/л і в середньому становив 72,4±1,48 мкмоль/л. У жінок з гіпертонічною хворобою середній вміст сульфід-аніона становив 35,8±1,24 мкмоль/л, а при проведенні ефективно антигіпертензивно терапії спостерігалось його підвищення до 67,1±3,57 мкмоль/л ($p<0,01$). Подібні закономірності виявлялись і у пацієнтів з ішемічною хворобою серця – середній вміст сульфід-аніона в сироватці крові у них був достовірно нижчим, ніж у практично здорових осіб ($p<0,01$) і становив 41,4±0,98 мкмоль/л.

У хворих на цироз печінки з явищами портально гіпертензії та гепатоцелюлярно недостатності спостерігалось підвищення рівня сульфід-аніона в сироватці крові порівняно із практично здоровими особами. Його вміст коливався від 72,6 до 118,5 мкмоль/л і в середньому склав 95,7±3,60 мкмоль/л ($p<0,01$ відносно здорових осіб). Особливо високий вміст сульфід-аніона реєструвався в асцитичній рідині 5 пацієнтів з рефрактерним асцитом (124,3±6,09 мкмоль/л).

Отримані нами результати узгоджуються з даними останніх досліджень щодо причетності H_2S до регуляції судинного тонусу [4]. При маніфестному цирозі печінки має місце системна вазодилатація, яка спричиняє гіперкінетичний тип кровообігу з розвитком тяжких порушень органно гемодинаміки (нирки, легені та ін.). Відомим медіатором таких циркуляторних порушень є оксид азоту, продукція якого зростає в міру декомпенсації цирозу печінки. Цілком імовірно, що H_2S також може бути залучений в формування системно вазодилатації при цирозі печінки. З іншого боку, при артеріальній гіпертензії та ішемічній хворобі серця превалює вазоконстрикція і відмічається зниження продукції оксиду азоту і, як свідчать наші дані, має місце також падіння рівня H_2S.

Перспективним напрямком подальших досліджень є вивчення змін вмісту H_2S в сироватці крові при різних патологічних станах та встановлення практично цінності цього показника як предиктора судинних ускладнень.

ВИСНОВКИ 1. Спектрофотометричний метод визначення вмісту сульфід-аніона, заснований на реакції з парафенілендіаміном, може використовуватись для оцінки рівня H_2S в сироватці крові. У порівнянні з методом, заснованим на реакції сульфід-аніона з N,N-диметил-пара-фенілендіаміном, він є більш чутливим та відтворюваним. 2. Для дослідження слід використовувати лише свіжоотриману сироватку крові і застосовувати в якості стабілізатора 1% розчин ацетату цинку.

3. Визначений тіоніновим методом вміст сульфід-аніона в сироватці крові у здорових осіб коливається в межах 60-80 мкмоль/л, у хворих з гіпертонічною та ішемічною хворобою серця він є відчутно нижчим, тоді як у хворих з цирозом печінки - вірогідно вищим.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пентюк О.О., Луцюк М.Б., Андрушко І.І., Постовітенко К.П. Метаболізм гомоцисте ну та його роль у патології //Укр. біохім. журн.- 2003.- Т.75, №1.- С.5-17.

2. Dombkowski R., Russell M., Olson K. Hydrogen sulfide as an endogenous regulator of vascular smooth muscle tone in trout //Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.- 2004.- Vol.286.- P.678-685.

3. Li L., Moore P.K. An overview of the biological significance of endogenous gases: new roles for old molecules // Biochem. Soc. Trans.- 2007.- Vol.35, № 5.- P.1138-1141.

4. Lowicka E., Beltowski J. Hydrogen sulfide (H_2S) – the third gas of interest for pharmacologists // Pharmacological Reports.- 2007.- Vol.59.- P.4-24.

5. Ogasawara Y., Ishii K., Togawa T., Tanabe S. Determination of bound sulfur in serum by gas dialysis/high-performance liquid chromatography / /Anal Biochem. – 1993.- Vol.215, №1.- P.73-81.

6. Wang R. Two's company, three's a crowd: can H_2S be the third endogenous gaseous transmitter?// FASEB. - 2002.- Vol.16.- P.1792-1798.

УДК 613.16-06:616.12-073.97/-072.87]-057.87

Денефіль О.В.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ І ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ МОЛОДІ ПРИ РІЗНИХ ТИПАХ МЕДИКО-МЕТЕОРОЛОГІЧНО СИТУАЦІ

Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ І ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ МОЛОДІ ПРИ РІЗНИХ ТИПАХ МЕДИКО-МЕТЕОРОЛОГІЧНО СИТУАЦІ – Проведено реєстрацію ЕКГ та психологічне тестування за FPI-тестом у 138 юнаків і 147 дівчат у віці 17-21 рік (відносно здорових і з автономними дисфункціями) при медико-метеорологічній ситуації I і II типів. Виявлено значні статеві відмінності у показниках ЕКГ, які свідчать про порушення процесів де- і реполяризації , електролітного обміну міокарда. У юнаків з автономними дисфункціями при зростанні невротичності та депресивності спостерігається збільшення симпатичних впливів. У здорових дівчат при зростанні невротичності, депресивності та емоційно лабільності порушується обмін іонів у міокарді; у дівчат з автономними дисфункціями – збільшуються симпатичні впливи, порушуються процеси деполяризації , електролітного обміну.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ И ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОЛОДЁЖИ ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ МЕДИКО-МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ – Проведено реестрацию ЭКГ и психологическое тестирование по шкалам FPI-теста у 138 юношей и 147 девушек 17-21 года (относительно здоровых и с автономными дисфункциями) при медико-метеорологической ситуации (ММС) I и II типа. Выявлено значительные половые отличия показателей ЭКГ, которые свидетельствуют о нарушениях процессов де- и реполяризации, электролитного обмена миокарда. У юношей с автономными дисфункциями при уве-