УДК (543.68:543.9):(669.018.674:669.791.11)

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НЕІНВАЗИВНИХ БІОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ У БІОМОНІТОРИНГУ ЕКСПОЗИЦІЇ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ НА ВИРОБНИЦТВІ

Демченко В. Ф., Андрусишина І. М., Голуб І. О., Лампека О. Г., Лубянова І. П., Єрмакова О. В.

ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», м. Київ

У роботі вивчено мікроелементний статус працівників зварювального виробництва. Виявлено дисбаланс макро- та мікроелементів у неінвазивних біосередовищах зварювальників порівняно з контрольною групою обстежених. Показано позитивний кореляційний зв'язок між умістом Cd, Fe, Cr, Mn у неінвазивних та інвазивних біосередовищах. Аналіз співвідношень між умістом життєво важливих елементів у деяких випадках свідчив про їхню невідповідність фізіологічним нормам.

Ключові слова: неінвазивні біологічні середовища, дисбаланс макро- та мікроелементів, зварювальники

Вступ

Останніми роками тенденції погіршення суспільного здоров'я серед різних верств населення викликають особливе занепокоєння. Актуальність даної проблеми зростає в осіб, які за видом професійної діяльності контактують на виробництві з небезпечними факторами, зокрема, важкими металами [1—4]. Відомо, що небезпечні та шкідливі професії наражають працюючих на збільшений ризик порушення обміну мікроелементів [6—7, 14, 28]. Це веде до ряду патологічних змін, збільшення захворюваності та зниження професійного довголіття. Тому своєчасне виявлення осіб із відхиленням у забезпеченні макро- (МаЕ) та мікроелементами (МЕ) дозволить точніше встановити діагноз захворювань, які супроводжуються порушенням мінерального обміну [5, 7]. Сьогодні для оцінки елементного статусу організму людини найбільш широко використовують аналіз таких біосередовищ, як цільна кров, сеча, сироватка крові та волосся [2—3, 8, 9]. Однак пошук інформативних біосередовищ для оцінки вмісту окремих елементів триває [4, 10—12, 23], особливо в напрямку використання неінвазивних біосередовищ.

Була зроблена спроба порівняти інформативність визначення макро- та мікроелементів у таких біологічних середовищах, як цільна кров та сироватка, слина, сеча, нігті та волосся для виявлення можливості використання неінвазивних біосередовищ для оцінки порушень мікроелементного гомеостазу в зварювальників.

Матеріали та методи дослідження

У дослідженні брали участь волонтери (контрольна група), що проживали в місті Києві та не мали контакту з важкими металами на виробництві й ознак відхилення в стані здоров'я (20 чоловіків віком 42—52 роки). Основну групу складали пацієнти клініки ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», що мали професійний контакт з важкими металами на виробництві — свинцем, кадмієм, марганцем, залізом та хромом (18 зварювальників — чоловіки). Усього було обстежено 38 осіб віком від 49 до 57 років. Загальний стаж зварювальників становив 32,75 ± 2,66 року, а стаж за фахом — 24,21 ± 1,77 року. Уміст МаЕ та МЕ порівнювали також із допустимим фізіологічним рівнем («умовною нормою») цих елементів [7, 8, 22, 23]. Біоседовища (цільна кров, сироватка крові, слина, сеча, волосся та нігті) відбирали згідно із загальноприйнятими методами відбору проб [8, 10—12, 22]. Уміст хімічних елементів (Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Cd, Cr, Se, Pb, Zn) у пробах визначали за допомогою методу атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) на приладі «Optima 2100 DV» фірми Perkin-Elmer (США) [10—12]. Отримані результати дослідження статистично обробляли методами варіаційної статистики з використанням пакета програм Microsoft Excel [13].

Результати дослідження та їх обговорення

На першому етапі аналізу отриманих даних було проведено порівняння середніх величин умісту МаЕ

та МЕ у біологічних седовищах. Результати власного дослідження надано в таблицях 1—3. Слід відмітити, що отримані дані вмісту хімічних елементів у контрольній групі відображають ступінь екологічного навантаження важкими металами (так званий «фон»), у той час, як основна група відрізнялася наявністю професійної експозиції за рахунок високого вмісту марганцю, свинцю, заліза та хрому переважно в неінвазивних біологічних середовищах (табл. 1).

Так, у **сироватці крові** в осіб основної групи спостерігали вищий уміст Ca та Mg та низький уміст Se порівняно з їхнім умістом у осіб контрольної групи. Однак вміст Ca був дещо вищим за верхню межу «умовної норми», а Se — нижчим за нижню межу. У **цільній крові** вміст Mn виявився низьким, а вміст Pb вищим порівняно з контролем та «умовною нормою», що обумовлено тривалістю професійного впливу й корелює з даними літератури [2, 7, 16, 24]. При цьому частина обстежених із завищеним умістом Ca, Mg у сироватці крові та Pb у цільній крові в процентному відношенні відповідно склала 28 %, 28 % та 44 % від «умовної норми». Щодо Mn — відмічали швидку елімінацію цього металу з крові в інші біологічні середовища, і тому кров не вважається інформативним субстратом для оцінки інтоксикації Mn [3, 16, 19—21, 29].

У **слині** осіб основної групи виявлено більш високий уміст Ca, Cr, Mn, Cu, Fe, Se, Pb та Zn порівняно з контрольною групою. Відносно «умовної норми» уміст Ca, Mn, Zn, Fe та Pb був також вищим. При цьому кількість обстежених із завищеним умістом Ca, Cu, Fe, Mn, Zn у слині в процентному відношенні відповідно склала 47 %, 18 %, 59 %, 24 % та 35 %. Уміст цих металів у слині підтримується за рахунок гематосаліварної рівноваги. Вищий порівняно з контролем уміст Fe та Mn у слині може бути обумовлений професійним контактом, що також узгоджується з даними літератури [15, 24, 30]. Питання інформативності визначення деяких важких металів (Cr, Ni, Mn, Pb) у слині поки є дискусійним [7, 14, 16, 18, 22].

У **сечі** обстежених основної групи також було виявлено вищий вміст Ca, Cr, Fe, Zn і дефіцит Se порівняно з контрольною групою. Стосовно Ca — слід звернути увагу на те, що його висока екскреція з сечею може бути обумовлена порушенням кальцієвого обміну через навантаження організму важкими металами [7, 8, 17]. Високий уміст Fe та Cr у сечі свідчить про надмірне навантаження організму цими металами. Слід також відмітити, що біля 11 % обстежених мали високий уміст Ca, Cr та Zn у сечі порівняно з «умовною нормою».

Визначення вмісту хімічних елементів у **нігтях** осіб основної групи дозволило встановити низький уміст Ca, Mg, Pb, Cd, Cr, Zn порівняно з контролем. При цьому вміст марганцю був вищим за контрольний. Водночас кількість обстежених, які мали завищення вмісту Mg, Cr, Mn та Fe у нігтях, у процентному відношенні відповідно склала 13 %, 7 %, 7 %, 27 %. У той самий час при порівнянні з «умовною нормою» уміст Cu, Cr, Cd, Mn, Zn був низьким. Отримані дані свідчать про порушення мінерального обміну щодо цих елементів, про що зазначається також у джерелах літератури [24, 26, 27].

Визначення вмісту хімічних елементів у **волоссі** осіб основної групи дозволило виявити завищений уміст Cd, Cr, Fe, Pb порівняно з контролем. При цьому кількість обстежених, які мали завищений уміст Cd, Cr, Fe та Mn у волоссі в процентному відношенні відповідно склала 22 %, 11 %, 50 % та 16,0 % порівняно з «умовною нормою». Уміст заліза порівняно з «умовною нормою» був високим, що пов'язано із професійною експозицією та узгоджується з даними літератури [16, 25—28].

Таким чином, отримані результати досліджень свідчать про тривале професійне навантаження організму працюючих (більше 24 років) сполуками Cd, Cr, Fe, Mn та Pb, яке призводить до порушення обміну есенційних МаЕ та МЕ, а саме — Ca, Mg, Se, Zn.

Встановлено, що середні показники вмісту деяких елементів недостатньо інформативні, оскільки вони узагальнюють весь спектр сумарних значень і не відображають потенційного формування диселементозів у зварювальників.

Тому, враховуючи широкі межі коливань «умовної норми» та існуючі взаємовідносини між хімічними елементам (антагоністичні та синергічні) [7, 8], другим етапом наших досліджень було проведення статистичного аналізу співвідношень умісту МаЕ та МЕ, для встановлення їхньої відповідності фізіологічним нормам. На відміну від загальноприйнятих уявлень про такі співвідношення хімічних елементів, як Ca-Mg, Pb-Fe, Pb-Ca, Cd-Zn та Cd-Se у здорової людини [6, 8, 15, 17—21], нами були виявлені взаємозв'язки між Mn та Mg, Cu, Ca; між Fe та Ca, Zn; між Pb та Fe, Mg, Se; між Cr, Cd і Ca, Cu, Zn, Se.

Важливим етапом дослідження було виявлення кореляційних зв'язків між умістом хімічних елементів у біологічних середовищах осіб основної групи

Таблиця 1

Уміст МаЕ та МЕ у біологічних середовищах волонтерів та зварювальників

Хімічний елемент	Біологічне середовище	Контрольна група		Основна група		«Умовна норма»
		M ± m	Діапазон	M±m	Діапазон	
Ca	Сироватка крові, мг/л	86,44 ±5,54	60,9-120,0	**112,70 ± 10,45***	49,07-117,90	90-108
	Слина, мг/л	109,24 ± 30,54	47,74-139,78	**197,55 ± 10,61***	186,94-208,16	45-100
	Сеча, мг/л	53,70 ± 8,89	44,81-79,72	**286,50 ± 27,48***	59,26-307,20	66,7-200,0
	Нігті, мкг/г	365,07 ± 50,34	361,45-993,04	**203,72 ± 2,50***	201,22-268,30	85-1840
	Волосся, мкг/г	1157,23 ± 151,16	1006,10-1974,78	1283,66 ± 6,99	1276,67-2012,20	200-2000
Cd	Цільна кров, мг/л	0,005 ±0,003	0,001-0,030	0,006 ± 0,002	0,0004-0,0300	0,0001-0,0050
	Слина, мг/л	0,004 ± 0,001	0,0013-0,0110	0,006 ± 0,003	0,030-0,028	0,0001-0,0040
	Сеча, мг/л	0,005 ± 0,002	0,0012-0,0100	0,006 ± 0,001	0,002-0,009	0,001-0,005
	Нігті, мкг/г	0,25 ± 0,03	0,22-0,40	**0,080 ± 0,027***	0,053-0,270	0,08-3,40
	Волосся, мкг/г	0,07 ± 0,02	0,05-0,22	**0,170 ± 0,033***	0,14-0,31	0,05-0,25
Cr	Цільна кров, мг/л	0,023 ± 0,004	0,005-0,040	0,038 ± 0,011	0,006-0,140	0,006-0,110
	Слина, мг/л	0,003 ± 0,001	0,002-0,020	**0,008 ± 0,002***	0,002-0,015	0,0001-0,0200
	Сеча, мг/л	0,011 ± 0,002	0,002-0,020	**0,030 ± 0,011***	0,008-0,032	0,002-0,020
	Нігті, мкг/г	2,11 ± 0,14	1,97-3,10	**0,75 ± 0,08***	0,33-1,17	1,7- 6,5
	Волосся, мкг/г	0,53 ± 0,07	0,46-3,53	**0,92 ± 0,39***	0,53-3,50	0,1-2,0
Cu	Сироватка крові, мг/л	0,70 ±0,07	0,63-1,23	**0,64 ± 0,05***	0,64-1,23	0,70-1,55
	Слина, мг/л	0,070 ± 0,014	0,01-0,14	**0,500 ± 0,040***	0,045-3,920	0,02-0,45
	Сеча, мг/л	0,040 ± 0,002	0,030-0,046	0,04 ± 0,01	0,001-0,100	0,012-0,080
	Нігті, мкг/г	3,74 ± 0,64	3,10-9,10	**1,98 ± 0,10***	1,88-2,43	3,9- 9,1
	Волосся, мкг/г	10,79 ± 1,24	5,59-15,99	15,88 ± 3,91	11,97-36,24	7,5-20,0
Fe	Сироватка крові, мг/л	1,07 ±0,97	0,73-1,70	1,01 ± 0,21	0,80-2,92	0,60-1,68
	Слина, мг/л	0,053 ± 0,020	0,025-0,220	**0,63 ± 0,28***	0,002-0,910	0,025-0,160
	Сеча, мг/л	0,12 ± 0,02	0,04-0,25	**0,170 ± 0,019***	0,01-0,19	0,01-0,25
	Нігті, мкг/г	58,79 ± 8,67	50,12-67,46	50,33 ± 6,65	22,61-82,60	27-79
	Волосся, мкг/г	16,08 ± 6,38	9,70-22,46	**46,36 ± 11,82***	34,54-116,58	5-25
Mg	Сироватка крові, мг/л	17,43 ±1,37	16,06-23,54	**24,04 ± 3,23***	20,81-42,70	19-25
	Слина, мг/л	10,85 ± 4,78	3,91-15,63	26,77 ± 11,35	3,17-105,60	1,9-13,0
	Сеча, мг/л	55,38 ± 4,46	50,92-75,18	54,69 ± 11,77	54,69-130,24	66,7-133,0
	Нігті, мкг/г	118,0 ± 18,51	14,71-246,96	**74,50 ± 14,76***	59,74-134,29	16-125
	Волосся, мкг/г	59,14 ± 13,39	45,75-72,53	71,74 ± 19,12	52,62-173,49	19-163
Mn	Цільна кров, мг/л	0,035 ± 0,007	0,006-0,080	**0,010 ± 0,003***	0,003-0,03	0,0016-
	Слина, мг/л	0,018 ± 0,008	0,002-0,080	**0,027 ± 0,03***	0,002-0,300	0,0750
	Сеча, мг/л	0,010 ± 0,001	0,002-0,015	0,006 ± 0,001	0,002-0,010	0,007-0,014
	Нігті, мкг/г	0,64 ± 0,35	0,30-2,16	**1,85 ± 0,24***	1,61-4,48	0,001-0,010
	Волосся, мкг/г	1,31 ± 0,16	1,15-2,07	0,78 ± 0,31	0,14-2,95	0,35-1,11
						0,1-2,0
Pb	Цільна кров, мг/л	0,100 ± 0,012	0,088-0,150	**0,290 ± 0,023***	0,10-0,64	0,10-0,12
	Слина, мг/л	0,019 ± 0,003	0,016-0,034	**0,073 ± 0,028***	0,045-0,100	0,003-0,010
	Сеча, мг/л	0,021 ± 0,002	0,019-0,029	0,023 ± 0,004	0,019-0,040	0,01-0,03
	Нігті, мкг/г	3,11 ± 0,33	1,06-3,44	**1,01 ± 0,24***	0,77-2,21	0,18-0,83
	Волосся, мкг/г	0,66 ± 0,09	0,57-1,15	**3,92 ± 1,09***	2,83-10,59	0,1-5,0
Se	Сироватка крові, мг/л	0,07 ± 0,01	0,04-0,11	**0,017 ± 0,004***	0,013-0,052	0,046-0,140
	Слина, мг/л	0,015 ± 0,010	0,003-0,088	**0,06 ± 0,02***	0,003-0,150	0,003-0,100
	Сеча, мг/л	0,13 ± 0,03	0,01-0,29	**0,026 ± 0,010***	0,010-0,027	0,01-0,16
	Нігті, мкг/г	0,50 ± 0,03	0,20-0,55	0,45 ± 0,13	0,32-1,17	0,3-1,8
	Волосся, мкг/г	0,66 ± 0,11	0,55-1,39	0,51 ± 0,09	0,42-0,60	0,2-2,5
Zn	Сироватка крові, мг/л	1,15 ±0,08	0,68-1,50	0,93 ± 0,12	0,81-2,56	0,6-1,2
	Слина, мг/л	0,075 ± 0,040	0,035-0,360	**0,094 ± 0,090***	0,03-1,42	0,03-0,08
	Сеча, мг/л	0,320 ± 0,012	0,31-0,36	**0,580 ± 0,007***	0,57-0,72	0,36-0,60
	Нігті, мкг/г	121,72 ± 12,51	33,47-195,50	**52,02 ± 12,78***	39,24-123,51	73-140
	Волосся, мкг/г	100,56 ± 14,22	97,85-203,56	109,18 ± 27,58	81,60-262,20	100-250

*Примітка. * Значення достовірно ($p < 0,05$) відносно контролю.*

(табл. 2). Аналіз отриманих результатів показав, що найбільш значимі кореляційні зв'язки мали місце між такими парами елементів як Ca-Mg, Mn-Fe, Pb-Fe, Cd-Fe, Se-Cd, Fe-Cr, Mn-Zn, Cr-Zn, Mn-Cu, Mn-Mg. Суттєвий позитивний кореляційний зв'язок виявлено як у неінвазивних біологічних середовищах (слина, нігті та волосся), так і в інвазивних — цільній крові та сироватці. Величина коефіцієнта кореляції в осіб дослідної групи була, як правило, більшою, ніж у осіб контрольної, що свідчить про зростання прямої залежності між умістом цих елементів у біологічних середовищах. Таким чином, було встановлено, що вміст хімічних елементів у неінвазивних середовищах тісно пов'язаний зі змінами їхнього вмісту в інвазивних.

Третім етапом дослідження було встановлення кореляційних зв'язків між умістом хімічних елементів у різних біологічних середовищах (табл. 3). Найінформативніший позитивний зв'язок виявлено між умістом хімічних елементів у неінвазивних та інвазивних середовищах — «сироватка крові — слина» (для Ca, Cr, Cu, Mg, Mn, Fe, Pb), «волосся — сироватка крові» (для Ca, Mg, Se), «слина — сеча» (для Cd, Cr, Cu, Mg, Mn, Fe) та «волосся — нігті» (для Cd, Cu, Mn, Fe, Se, Zn). Показано, що тривалий вплив сполук важких металів на організм зварювальників (основна група), як правило, веде до посилення кореляційних зв'язків між умістом Ca, Cr, Cu, Mn, Fe у сироватці крові та слині, а також між умістом Cd,

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції між умістом МаЕ та МЕ у біосередовищах осіб контрольної (к) та основної (о) груп

Біосередовище / Елементи	Група	Сироватка крові	Слина	Сеча	Нігті	Волосся
Ca/Mg	к		0,29	0,19		0,95
	о	**0,77**	**0,86**	**0,29**	**0,17**	0,71
Mn*/Fe	к	-0,26			0,22	0,38
	о	**0,51**	**0,71**		0,19	**0,48**
Zn/Fe	к	0,37		0,24	0,63	0,22
	о	-0,16	**0,80**			
Cu\Zn	к			0,37	0,18	0,14
	о		**0,95**			0,15
Pb*/Fe	к	0,21	-0,31	0,27	0,68	
	о	**0,31**	**0,34**		**0,70**	
Cd*/Fe	к	0,74	-0,29		-0,35	0,56
	о	0,28	**0,54**	**0,36**	**0,52**	0,23
Se/Cd*	к	-0,52		-0,43	-0,14	
	о	**0,18**	-0,27	**0,23**	**0,18**	**0,23**
Fe/Cr*	к	-0,31	0,35	-0,39	-0,76	-0,31
	о	**0,21**		**0,12**	**0,17**	**0,12**
Mn*/Zn	к	0,51	0,11			0,25
	о	0,11	**0,95**	**0,26**	**0,54**	**0,60**
Se/Zn	к		0,46	0,85	**0,11**	0,28
	о	**0,48**		0,19		**0,31**
Cr*/Zn	к	-0,10	0,16	-0,41	-0,49	-0,36
	о	**0,11**		**0,22**	**0,35**	**0,49**
Mn*\Cu	к		0,10	-0,39	0,79	
	о	**0,29**	**0,92**	**0,50**		**0,52**
Mn*/Mg	к	-0,28	0,45		0,10	0,29
	о	**0,25**	**0,54**	**0,25**	**0,26**	**0,50**
Mn*/Ca	к		0,56	0,14	-0,13	0,12
	о	0,15	0,48	**0,17**	-0,20	
Fe/Ca	к	0,52	0,14	0,83	0,74	0,37
	о	0,19	**0,91**		0,19	
Fe/Cu	к	0,14	0,50		0,45	0,53
	о		**0,91**	0,12		

*Примітка. *Позначка відповідає тому, що елемент визначався в цільній крові; виділені жирним шрифтом значення R вищі порівняно з контролем.*

Таблиця 3

Тренди взаємозв'язків умісту МаЕ та МЕ у різних біосередовищах (за коефіцієнтами кореляції)

Біосередовище	Група	Хімічні елементи									
		Ca	Cd	Cr	Cu	Mg	Mn	Fe	Pb	Se	Zn
Волосся – цільна кров	к		0,64				0,50		-0,29	0,83	
	о		-0,07							**0,67**	
Сироватка – слина	к	-0,37	-0,28	0,30			-0,23		-0,20		0,34
	о	**0,74**	-0,42	**0,41**	**0,73**	**0,55**	**0,61**	**0,68**	**0,68**		-0,23
Сироватка – сеча	к		-0,28		0,38	0,34			-0,35	0,30	0,31
	о	-0,20			**0,49**	0,25		**0,30**			
Цільна кров – сеча	к		-0,26							0,30	
	о										
Волосся – сироватка	к		0,63		-0,23			0,49		0,37	
	о	**0,45**			**-0,38**	**0,33**	-0,25		-0,27	**0,58**	
Волосся – слина	к	0,40	-0,28	-0,34			0,44		0,21	-0,36	0,27
	о	0,29								-0,33	
Слина – сеча	к	-0,21				0,20	0,32	-0,58			
	о	-0,33	**0,66**	**0,32**	**0,53**	**0,33**	**0,61**	**0,40**	-0,27	-0,61	
Нігті – слина	к	0,41	-0,64	-0,67	-0,43	-0,24					-0,62
	о	**0,88**		**0,43**							
Волосся – нігті	к						0,51		0,37	-0,21	-0,25
	о		**0,38**		**0,57**		**0,67**	**0,55**	0,22	**0,49**	**0,66**

Примітка. Виділені жирним шрифтом значення R вищі порівняно з контролем.

Cu, Mn, Fe, Se, Zn у волоссі та нігтях. При цьому, збільшення/зниження концентрацій цих елементів у одному середовищі відповідно веде до збільшення/зниження в іншому. Такі зміни можуть суттєво впливати на метаболізм та функціональний стан органів та тканин.

Слід зазначити, що вміст хімічних елементів у різних біологічних середовищах організму знаходиться в залежності один від одного з різним ступенем впливу. Виявлені взаємозв'язки мають свою фізіологічну основу та можуть свідчити про розвиток патологічних процесів у організмі під впливом сполук важких металів як небезпечних факторів, що притаманні зварювальному процесу.

Висновки

1. Отримані результати дослідження свідчать про навантаження організму зварювальників, у першу чергу, залізом, марганцем та хромом, однак середні значення їхнього вмісту в генеральній виборці можуть маскувати істинний стан і ступінь взаємозв'язку між ВМ. Більш інформативним для клінічної діагностики є визначення вмісту металів комплексно в декількох біологічних середовищах.
2. Співвідношення рівнів умісту хімічних елементів у біологічних середовищах та їхні зміни свідчать про наявність антагоністичних і синергічних взаємозв'язків (що узгоджується з даними літератури) та відображають процес формування диселементозів у зварювальників.
3. Виявлено загальновідомі взаємозв'язки між елементами (Ca-Mg, Mg-Mn, Pb-Fe, Cd-Se, Cr-Zn) та встановлено нові тренди між Mn-Fe, Mn-Zn, Mn-Cu, Cd-Fe, Cr-Fe, які були більш виражені для неінвазивних біосередовищ.
4. Встановлено позитивний кореляційний зв'язок між досліджуваними показниками неінвазивних та інвазивних середовищ, як то «сироватка крові — слина» (для Ca, Cr, Cu, Mg, Mn, Fe, Pb), «волосся — сироватка» (для Ca, Mg, Se), «слина — сеча» (для Cd, Cr, Cu, Mg, Mn, Fe) та «волосся — нігті» (для Cd, Cu, Mn, Fe, Se, Zn).
5. Особливості застосування неінвазивних біологічних середовищ (слина та волосся) для оцінки професійної експозиції в зварювальників дали можливість виявити порушення балансу таких елементів, як Ca, Cr, Cu, Mg, Fe.
6. Показано, що неінвазивні біологічні середовища адекватно відображають порушення макро- та мікроелементного балансу в зварювальників, що може бути використано як додаткові маркери оцінки несприятливого впливу важких металів на виробництві.

Література

1. Кундиев Ю. И. Эколого-гигиенические аспекты проблемы тяжелых металлов как техногенных загрязнителей / Ю. И. Кундиев, И. М. Трахтенберг // Гигиена труда.–1991, Вып. 27.– С. 3.–8.

2. Ревич Б.А. Биомониторинг токсических веществ в организме человека / Б. А. Ревич // Гиг. и сан.– 2004.– № 6.– С. 26–31.

3. Гапон В. О. Марганець у навколишньому середовищі та його вплив на організм / В. О. Гапон, А. Б. Ященко // Довкілля та здоров'я.– 2005.– № 2.– С. 69–72.

4. Беляев Е. Н. Современная концепция гигиенической диагностики / Е. Н. Беляев, В. А. Конюхов, Т. М. Макарова, Н. Н. Верещагин.– Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2007.– 354 с.

5. Агаджанян Н. А. Интегративная медицина и экология человека / Н. А. Агаджанян, И. Н. Полунин.– Москва–Астрахань : КМК, 1998.– 354 с.

6. Шафран Л. Н. Содержание тяжелых металлов в биосубстратах больных различного профиля как маркер токсичных нефропатий / Шафран Л. Н., Большой Д. В., Пыхтеева Е. Г. // Актуальные проблемы транспортной медицины, 2009.– № 1.– С. 29–36.

7. Скальный А. В. Химические элементы в физиологии и экологии / Скальный А. В.– М. : ОНИКС 21 век. Мир, 2004.– 215 с.

8. Кудрин А. В. Микроэлементы в неврологии / Кудрин А. В., Громова О. А.– М.: ГЕОТАР–Медиа, 2006.– 204 с.

9. Оценка элементного статуса работников металлургического производства: методологический аспект / И. Н. Фомин, С. П. Соколов, А. Р. Грабеклис [и др.] // Вестник ОГУ.– 2006.– № 12.– С. 278–283.

10. Коновалова С. О. Сравнение информативности изучения различных биосубстратов для мониторинга минерального обмена / С. О. Коновалова // Укр. биохим. журн.– 2002.– Т. 4, № 4а.– С.145–146.

11. Методичні рекомендації. Атомно-абсорбційні методи визначення макро- та мікроелементів у біологічних середовищах при порушенні їх обміну в організмі людини / В. Ф. Демченко, І. М. Андрусишина, О. Г. Лампека, І. О. Голуб.– К. : ВД «Авіцена», 2010.– 60 с.

12. Методические указания 4.1.1482–03 «Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой».– М. : Минздрав России, 2003.– 16 с.

13. Антомонов М. Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М. Ю. Антомонов.– К. : ФМД, 2006.– 558 с.

14. Диапазон содержания тяжелых металлов (ТМ) в цельной крови взрослых россиян центра страны / Г. К. Барашков, И. М. Балкаров, Л. И. Зайцева [и др.] // Микроэлементы в медицине.– 2003.– № 4 (3).– С.1–5.

15. Шешунов И. В. Оценка токсичности оксидов тяжелых металлов при хроническом воздействии на рабочих с использованием в качестве тест-объекта их слюны / И. В. Шешунов, С. В. Смирнов // Токсикологический весник, 2003.– № 4.– С. 31–35.

16. Ревич Б. А. Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия производственной и окружающей среды / Б. А. Ревич // Гиг. и сан.– 1990.– № 3.– С. 55–59.

17. Шафран Л. М. Токсикология металлов в решении задач охраны здоровья населения и окружающей среды / Л. М. Шафран, Д. В. Большой, Е. Г. Пыхтеева // Причерноморский эколог. бюл.– 2003.– № 1 (7).– С. 93–100.

18. Моисеенко Н. Н. Содержание тяжелых металлов в биосредах рабочих шахты «Новая» г. Желтые Воды в зависимости от возраста и стажа работы / Н. Н. Моисеенко, В. П. Стусь, С. В. Берестенко // Тез. межд. научно-практ. конф. уролог. и нефрологов.– 1997.– С. 188–195.

19. Значение спектрального анализа волос в диагностике нарушений элементного гомеостаза и в оценке эффективности профилактических и лечебно-реабилитационных мероприятий / Н. В. Нагорная, А. В. Дубовая, И. П. Гончаренко, И. А. Морозова // Сучасні медичні технології.– 2009.– № 3.– С. 50–54.

20. Лубянова И. П. Особенности проявления перегрузки организма железом у сварщиков сталей и чугуна // Ж. гигиена труда и профессиональные заболевания.– 1990.– № 5.– С.10–13.

21. Содержание марганца в волосах как тест экспозиции у сварщиков / Л. Н. Горбань, Е. П. Краснюк, И. П. Лубянова [и др.] // Врачебное дело.– 1992.– № 5.– С. 85–88.

22. Comprehensive determination of trace elements in human saliva by ETA-AAS / G. P. Signoli, C. Gordoni, O. Bonori [et al.] // Microchim. Acta.– 1989.– № 1.– P. 171–179.

23. Elemental anomalies in hair as indicators of endocrinologic pathologies and deficiencies in calcium and bone metabolism / N. Mickeley, L. M. De Carvalho Fortes, C. I. Porto da Silveira, M. B. Lima // J. of Trace Elements in Med. and Biol.– 2001.– V. 15.– Iss. 1.– P. 46–55.

24. Biomonitorization of cadmium, chromium, magnese, nickel and lead in whole blood, urine, axillary hair and saliva in an occupationally exposed popylation / F. Gil, A. F. Hernandes, C. Marquez [et al.] // Science of the Total Enviroment.– 2011.– V. 409.– P. 1172– 1180.

25. Diagnosis of lung cancer based on metal contents in serum and hair using multivariate statistical methods / Y. Ren, Z. Zhang [et al.] // Talanta.– 1997.– V. 44.– Iss. 10.– P. 1823–1831.

26. Simultaneous determination of Cd, Cu, Mn, Ni, Pb and Zn in nail samples by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) after tetramethylammonium hydroxide solubilization at room temperature: Comparison with ETAAS / B. L. Batista, J. L. Rodrigues, J. A. Nunes [et al.] // Talanta.– 2008.– V. 76.– P. 575–579.

27. Rashed M. N. Heavy metals in fingernails and scalp hair of children, adults and workers from environmentally exposed areas at Aswan, Egypt / M. N. Rashed, F. Hossam // Environmental Bioindicators.– 2007.– V. 2, (3).– P. 131–145.

28. Validation of a method to quantify chromium, cadmium, manganese, nickel and lead in human whole blood, urine, saliva and hair samples by electrothermal atomic absorption spectrometry / P. Olmedo, A. F. Hernandez, J. Lopez-Guarnido, R. F. Gil // Analytica Chimica Acta.– 2010.– V. 659, № 1–2.– P. 60–67.

29. Neurological and respiratory symptoms in shipyard welders exposed to manganese / T. Halatek, H. Sinczuk-Walczak, M. Szymczak, K. Rydzynski // Int. J. Occup. Med. Environ. Health.– 2005.– V. 18, № 3.– P. 265–274.

30. Wang D. Alteration of saliva and serum concentrations of manganese, copper, zinc, cadmium and lead among career welders / D. Wang, X. Du, W. Zheng // Toxicol Lett.– 2008.– P. 290–295.

Демченко В. Ф., Андрусишина И. Н., Голуб И. А., Лампека Е. Г., Лубянова И. П., Ермакова О. В.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕИНВАЗИВНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД ДЛЯ БИОМОНИТОРИНГА ЭКСПОЗИЦИИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

ГУ «Институт медицины труда НАМН Украины», г. Киев

В работе изучен микроэлементный статус работников сварочного производства. Выявлен дисбаланс макро-и микроэлементов в неинвазивных биологических средах сварщиков по сравнению с контрольной группой обследованных. Показана положительная корреляционная связь между содержанием Cd, Fe, Cr, Mn в неинвазивных и инвазивных биосредах. Анализ соотношений между содержанием эссенциальных элементов свидетельствовал об их несоответствии физиологическим нормам.

Ключевые слова: неинвазивные биологические среды, дисбаланс макро- и микроэлементов, сварщики

Demchenko V. F., Andrusyshyna I. M., Golub I. O., Lampeka O. G., Lubyanova I. P., Yermakova O. V.

PECULIARITIES OF USING NON-INVASIVE BIOLOGICAL SUBSTRATES IN EXPOSURE BIOMONITORING OF HEAVY METALS IN PRODUCTION

SI «Institute for Occupational Health of NAMS of Ukraine», Kiev

The article presents studies of the microelement status of welders. The imbalance of macro- and microelements in non-invasive biological substrates of welders in comparison with the control group has been defined. It was found a positive correlation between the content of Cd, Fe, Cr, Mn in non-invasive and invasive biosubstrates. The analysis of relationships between essential elements in some cases showed their non-conformity with physiological norms.

Key words: non-invasive biological substrates, imbalance of macro-and microelements, welders

Надійшла: 01.10.2012 р.

Контактна особа: Андрусишина Ірина Миколаївна, ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», буд. 75, вул. Саксаганського, м. Київ, 01033. Тел.: (44) 289-41-88.