

Abstract

I. I. Shkolna,

V. E. Markevich,

H. F. Tkach,

O. V. Hordiienko,

*Sumy State University, Medical
Institute, 31 Sanatorna St, Sumy
40018, Ukraine*

**CONTENT AND BALANCE OF TRACE ELEMENTS
IN PLACENTA IN PHYSIOLOGICAL PREGNANCY**

Placenta has a number of features that ensure the passage of many biological substances to the fetus as well as the function of barrier for certain substances. According to researchers, it can be used as a marker of unfavorable environmental action.

The aim of study: To identify regulatory indicators of content of essential trace elements (Fe, Cu, Co, Zn, Mg, Mn) in placenta of women which born healthy full term neonates. We also obtained ratios between the essential trace elements that can be used as a normative. We investigated the correlation between these microelements in placenta during physiological pregnancy on 37–41 week of gestation.

We have studied the contents of essential trace elements (Fe, Cu, Co, Zn, Mg, Mn) in placenta of women with physiological course of pregnancy.

For the determination of trace elements in placenta used atomic absorption spectrophotometer C-115 M1, equipped with a computer console to automatically calculate the microelements content producing by JSC «Selmi» (Ukraine).

We investigated the concentrations of trace elements in placenta (Fe = $79,91 \pm 8,94$ mg/g, Cu = $0,83 \pm 0,04$ mg/g, Co = $0,55 \pm 0,2$ mg/g, Zn = $45 \pm 6,89$ mg/g, Mg = $12,22 \pm 0,92$ mg/g, Mn = $0,73 \pm 0,05$ mg/g) and proposed the ratio of essential trace elements for using in practice (Fe/Cu = $98,84 \pm 12,84$, Fe/Co = $6185,11 \pm 3709,65$, Fe/Zn = $2,11 \pm 0,38$, Fe/Mg = $7,12 \pm 1,04$, Fe/Mn = $113,25 \pm 13,97$, Cu/Co = $51,28 \pm 27,83$, Cu/Zn = $0,024 \pm 0,004$, Cu/Mg = $0,07 \pm 0,007$, Cu/Mn = $1,18 \pm 0,09$, Co/Zn = $0,02 \pm 0,01$, Co/Mg = $0,04 \pm 0,016$, Co/Mn = $0,68 \pm 0,25$, Zn/Mg = $4,11 \pm 0,797$, Zn/Mn = $64,46 \pm 10,51$, Mg/Mn = $17,3 \pm 1,72$). It was noted that a moderate positive correlation between the content of copper and zinc in placenta existed.

Positive correlation of medium strength of content of copper and zinc in placenta was observed. We investigated indicators of content and balance of essential trace elements in placenta of women which born healthy full term neonates. These results should be used as normative.

Keywords: trace elements, placenta, fetus.

Corresponding author: iryna_shkolna@mail.ru

Резюме

**І. І. Школьна,
В. Е. Маркевич,
Г. Ф. Ткач,
О. В. Гордієнко,**
Сумський державний університет,
Медичний інститут,
вул. Санаторна, 31, м. Суми,
Україна, 40018

ВМІСТ ТА БАЛАНС МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ПЛАЦЕНТІ У РАЗІ ФІЗІОЛОГІЧНОГО ПЕРЕБІГУ ВАГІТНОСТІ

Метою дослідження було визначення нормативних показників вмісту есенціальних мікроелементів (Fe, Cu, Co, Zn, Mg, Mn) у плаценті жінок, які народили здорових новонароджених у термін гестації 37–41 тиждень. Також отримані показники співвідношень вищезазначених мікроелементів, які необхідно використовувати як нормативні. Досліджені показники кореляції вмісту мікроелементів у плаценті у разі фізіологічного перебігу вагітності.

Ключові слова: мікроелементи, плацента, плід.

Резюме

**И. И. Школьная,
В. Э. Маркевич,
Г. Ф. Ткач,
Е. В. Гордиенко,**
Сумский государственный университет,
Медицинский институт,
ул. Санаторная, 31, г. Сумы,
Украина, 40018

СОДЕРЖАНИЕ И БАЛАНС МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПЛАЦЕНТЕ ПРИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ ПРОТЕКАЮЩЕЙ БЕРЕМЕННОСТИ

Целью исследования было определение нормативных показателей содержания эссенциальных микроэлементов (Fe, Cu, Co, Zn, Mg, Mn) в плаценте женщин, родивших здоровых новорожденных в срок гестации 37 – 41 неделя. Также получены показатели соотношений содержания вышеуказанных микроэлементов, которые следует использовать в качестве нормативных. Исследованы показатели корреляции содержания микроэлементов в плаценте при физиологическом течении беременности.

Ключевые слова: микроэлементы, плацента, плод.

Автор, відповідальний за листування: iryna_shkolna@mail.ru

Вступ

Плацента – це багатофункціональний орган, що поєднує транспортну, ендокринну, захисну і метаболічну функції [1, 2]. Вона виконує подвійну транспортну функцію, а саме: полегшує проходження деяких біологічних речовин до плода (Fe, Cu, Co, Zn, Mg, Mn) та діє як бар'єр для інших субстратів. (Cr, Cd, Pb, Ni). Окрім поживних речовин, через вищезазначений орган можуть проходити і деякі шкідливі субстрати, що може призвести до ушкодження ембріона та плода [3]. Плацента виконує роль дезінтоксикаційного бар'єра, що запобігає транспорту токсичних речовин до плода, зокрема і токсичних мікроелементів [4]. Проте деякі ксенобіотики, зокрема і важкі метали, проникають через плаценту і негативно впливають на плід, сприяючи виникненню вад розвитку, затримці внутрішньоутробного розвитку та загибелі плода [3, 5, 6].

Плацента може бути використана як біомаркер, що характеризує особливості впливу екологічних факторів на гомеостаз організму. За складом мікроелементів можна судити про роль плаценти в регуляції мікроелементного забезпечення плода, а також про вплив на нього токсич-

них мікроелементів [3, 7]. Ця тканина використовується в дослідженнях біомоніторингу як альтернатива інвазивних матриць, таких як периферична кров [8, 9].

Есенціальні мікроелементи (Fe, Cu, Co, Zn, Mg, Mn) відіграють надзвичайно важливу роль у рості і розвитку плода [10, 11, 12, 17, 22, 26]. Але до цього часу практично не дослідженими залишаються питання вмісту та балансу есенціальних мікроелементів у плаценті у разі фізіологічного перебігу вагітності та народження здорових доношених дітей та кореляція їх вмісту.

Залізо (Fe) є есенціальним мікроелементом, який відіграє важливу роль для багатьох клітинних функцій та процесів, включаючи ріст і розвиток [10]. Хоча накопичення заліза у плода відбувається впродовж усього терміну вагітності, більшість фетального заліза накопичується в третьому триместрі. Кількість мікроелемента, що передається від матері до плода, збільшується і спрямована проти градієнта концентрації на користь плода [11].

Мідь (Cu) наявна в невеликих кількостях в організмі людини і належить до есенціальних елементів [12]. Під час внутрішньоутробного періоду починається активне депонування міді



[13]. На ранніх термінах вагітності цей мікроелемент надходить через плаценту за участі специфічних транспортерів [14]. Наприкінці вагітності створюється депо міді в плаценті, головному мозку, селезінці та печінці [15].

Накопичення кобальту (Co) в плазмі крові та інших органах впливає на концентрацію інших елементів [16]. Експозиція солей кобальту впливає на масу тіла людини і експериментальних тварин [17].

Надзвичайно важливою є роль цинку (Zn) щодо росту і розвитку дитячого організму. Після заліза цинк займає друге місце в організмі людини за вмістом [18, 19]. Ризик дефіциту цинку збільшується у недоношених немовлят і у дітей з малою масою для гестаційного віку [20].

Магній (Mg) – мікронутрієнт, що бере участь у контролі різних метаболічних функцій та входить до складу великої кількості ферментів та ферментних систем [21]. Рівень магнію у плода наприкінці вагітності вищий, ніж у матері, що пов'язано з більшими фетальними потребами. Плацентарний активний транспорт Mg в материнсько-фетальному напрямку відбувається головним чином на пізніх термінах вагітності [22].

Марганець (Mn) – есенціальний елемент, наявний у всіх тканинах, має важливе значення в функціонуванні імунної системи, регуляції клітинної енергії, бере участь в репродуктивному процесі і системі згортання крові [23]. Марганець проникає через плаценту за допомогою активних транспортних механізмів [24]. У вагітних жінок, як правило, рівень Mn крові зростає, особливо в другому триместрі [25]. Високі рівні марганцю в крові матері свідчать про підвищену біологічну потребу під час вагітності і його біологічну роль в розвитку плода [26].

Мета – дослідження показників середнього вмісту есенціальних мікроелементів (Fe, Cu, Co, Zn, Mg, Mn), їх балансу та кореляції окремих вищезазначених елементів у плаценті жінок, що народили здорових доношених новонароджених.

Матеріали і методи

Ми вивчили вміст есенціальних мікроелементів (Fe, Cu, Co, Zn, Mg, Mn) у плаценті 13 жінок із фізіологічним перебігом вагітності. Середній вік матерів становив $(29 \pm 1,787)$ року. Вік чотирьох вагітних був більше 35 років.

Аналіз антропометричних даних породіль, а саме середня маса тіла, зріст та індекс маси тіла (ІМТ) становили $(65,48 \pm 2,78)$ кг, $(164,62 \pm 2,15)$ см та $24,22 \pm 1,05$ (діапазон коли-

вань був 54,5–86 кг, 155–180 см, 19,55–32,37) відповідно.

За даними акушерсько-гінекологічного анамнезу у 3 жінок (23,08 %) вагітність була четвертою, у 2 (15,38 %) – другою, 8 жінок (61,54 %) завагітніли вперше. Встановлено, що 9 матерів (69,23 %) народжували вперше, для 3 (23,08 %) жінок пологи були другими, у 1 жінки (7,69 %) – третіми. Медичні аборти в анамнезі мали 4 жінки, що становить 30,77 %.

Усі діти були народжені від одноплідної вагітності. Серед новонароджених дівчаток було 7 (53,85 %), хлопчиків – 6 (46,15 %). Середній гестаційний вік при народженні становив $(39,38 \pm 0,42)$ тижня. Аналізом антропометричних даних новонароджених було встановлено, що середня маса тіла і зріст становили $(3468,46 \pm 161,73)$ г та $(51 \pm 0,49)$ см відповідно.

Для визначення мікроелементів у плаценті застосовували атомно-абсорбційний спектрофотометр С-115 М1, оснащений комп'ютерною приставкою для автоматичного обчислення вмісту мікроелементів виробництва НВО «Selmi» (Україна).

Визначали розрахункові показники, а саме: показники співвідношення есенціальних мікроелементів у плаценті матерів, що народили здорових доношених новонароджених, та коефіцієнт кореляції їх вмісту. Обробка результатів дослідження проводилася з використанням пакета програми Excel, при цьому визначали вибіркове середнє та похибку середнього.

Результати дослідження та їх обговорення

Середній вміст заліза в плаценті в групі жінок, що народили здорових дітей в термін гестації 37–41 тиждень, становив $(79,91 \pm 8,94)$ мкг/г, при цьому діапазон коливань вмісту вищезазначеного мікроелемента був 14,55–116,15 мкг/г. Необхідно зазначити, що у 38,5 % породіль середній вміст заліза перебував у межах 73,88–77,49 мкг/г. За даними інших дослідників, концентрація вищезазначеного мікроелемента коливається в межах 518,43 – 16740 мкг/г [27, 28]. Carl M.F. Mbofung та ін. довели, що середні показники концентрації вищезазначеного мікроелемента становили $(84,3 \pm 18,9)$ мкг/г.

Середні показники вмісту міді становили $(0,83 \pm 0,04)$ мкг/г. Діапазон коливань вмісту становив 0,6–1,02 мкг/г. У 53,8 % групи матерів рівень вищезазначеного елемента був у межах 0,6–0,77 мкг/г. У дослідженні Monika Zadrozna та ін. вміст міді в групі здорових доношених



новонароджених був $(2,15 \pm 0,19)$ мкг/г, при цьому діапазон коливань вмісту становив 0,75–5,58 мкг/г. Mineshi Sakamoto та ін. довели, що вміст міді в плацентах жінок Японії, які народили в термін гестації 37–41 тиждень, становив 3,91 мкг/г з діапазоном коливань 3,34–4,3 мкг/г.

Щодо кобальту, то середні показники вмісту в плаценті становили $(0,55 \pm 0,2)$ мкг/г з діапазоном коливань 0,003–2,08 мкг/г. У 38,5 % жінок рівень мікроелемента був у межах 0,02–0,07 мкг/г. У праці В. Е. Маркевич та ін. вміст кобальту в плаценті матерів становив $(0,04 \pm 0,005)$ мкг/г. В дослідженні І. В. Зайцева та ін. середня концентрація металу в плаценті становила 0,22 мкг/г.

У групі жінок, які народили здорових новонароджених із терміном гестації 37–41 тиждень, середній вміст цинку становив $(45 \pm 6,89)$ мкг/г, при цьому діапазон коливань вмісту становив 8,75–96,8 мкг/г. Необхідно відмітити, що у 69 % матерів рівень вмісту був 37,26–45,86 мкг/г. Monika Zadrožna та ін. зазначили вміст цинку в плацентах жінок, що народили доношених новонароджених, становив $(16,97 \pm 1,31)$ мкг/г, з

діапазоном коливань 7,72 – 36,44 мкг/г. В дослідженні Carl M. F. Mbofung та ін. було зазначено, що середні показники концентрації вищезазначеного мікроелемента в плаценті становили $(66,6 \pm 14,4)$ мкг/г.

Середні показники магнію в плаценті становили $(12,22 \pm 0,92)$ мкг/г з діапазоном коливань 5,52–17,84 мкг/г. При цьому у 76,9 % породіль середній рівень магнію перебував у діапазоні 9,87–14,58 мкг/г. В дослідженні Radomanski T. та ін. середній вміст вищезазначеного мікроелементу становив (102 ± 45) мкг/г сухої речовини.

Середні значення вмісту марганцю в групі матерів, що народили здорових доношених дітей, становив $(0,73 \pm 0,05)$ мкг/г. Діапазон коливань вмісту вищезазначеного мікроелемента становив 0,52–1,11 мкг/г. Необхідно зазначити, що у 69 % матерів показники вмісту коливалися в межах 0,61–0,75 мкг/г. В дослідженні Monika Zadrožna та ін. було показано, що середні значення вмісту марганцю в плаценті становили $(1,55 \pm 0,34)$ мкг/г з діапазоном 0,18–7,86 мкг/г.

Показники вмісту есенціальних мікроелементів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вміст мікроелементів у плаценті жінок, які народили здорових доношених новонароджених, мкг/г попелу

Тиждень/ME		Fe	Cu	Co	Zn	Mg	Mn
37–41-й тиждень гестації	M	79,91	0,83	0,55	45	12,22	0,73
	m	8,94	0,04	0,2	6,89	0,92	0,05
	n	13	13	13	13	13	13

Примітка. M – вибіркове середнє; m – похибка середнього; n – обсяг вибірки

Для забезпечення фізіологічної ролі мікроелементів велике значення має не лише їх вміст, але й баланс. Показники співвідношення 15 пар

мікроелементів наведені в таблиці 2 та можуть бути використані як нормативні.

Таблиця 2 – Показники співвідношення мікроелементів у плаценті жінок, які народили здорових новонароджених в термін гестації 37–41 тиждень

	Fe/Cu	Fe/Co	Fe/Zn	Fe/Mg	Fe/Mn	Cu/Co	Cu/Zn	Cu/Mg
M	98,84	6185,11	2,11	7,12	113,25	51,28	0,024	0,07
m	12,84	3709,65	0,38	1,04	13,97	27,83	0,004	0,007
n	13	13	13	13	13	13	13	13
	Cu/Mn	Co/Zn	Co/Mg	Co/Mn	Zn/Mg	Zn/Mn	Mg/Mn	
M	1,18	0,02	0,04	0,68	4,11	64,46	17,3	
m	0,09	0,01	0,016	0,25	0,797	10,51	1,72	
n	13	13	13	13	13	13	13	

Примітка. M – вибіркове середнє; m – похибка середнього; n – обсяг вибірки



Були досліджені показники кореляції вмісту есенціальних мікроелементів у плаценті жінок, що народили здорових новонароджених у термін гестації 37–41 тиждень, та виявлена позитивна, середньої сили кореляція в парі Cu-Zn ($r_{xy} = 0,64$, $p < 0,05$). Також була виявлена тенденція до слабкої позитивної кореляції в парах Fe-Zn, Cu-Mn та Co-Mn ($r_{xy} = 0,42$; $r_{xy} = 0,34$; $r_{xy} = 0,48$, $p > 0,05$).

Плацента – це багатофункціональний орган, який здатен депонувати та селективно транспортувати мікроелементи [3, 4, 7].

Висновки

1. Плацента є органом, у якому відбуваються транспорт та депонування есенціальних мікроелементів. Вона забезпечує їх фізіологічний вміст, баланс та кореляцію.
2. Одержані показники вмісту мікроелементів у плаценті у разі фізіологічного перебігу ва-

Надзвичайно важливим є дослідження вмісту та балансу мікроелементів в плаценті, адже це дозволяє зробити висновки щодо ролі плаценти в забезпеченні фізіологічного перебігу вагітності [3, 4, 5, 7].

Ми дослідили вміст та баланс мікроелементів у разі фізіологічного перебігу вагітності. Також була виявлена позитивна кореляція середньої сили щодо Cu та Zn.

Планується дослідження ролі плаценти у забезпеченні есенціальними мікроелементами плода у ході гестаційного процесу з 24-го по 41-й тиждень внутрішньоутробного розвитку.

гітності у жінок, що народили здорових доношених новонароджених та показники їх співвідношення необхідно використовувати як нормативні.

3. Для фізіологічного перебігу вагітності властива позитивна кореляція середньої сили щодо вмісту у плаценті міді та цинку.

References (список літератури)

1. Gude NM, Roberts CT, Kalionis B, King RG. [Growth and function of the normal human placenta]. *Thromb. Res.* 2004; 114(5–6):397–407.
2. Desforges M, Sibley CP. [Placental nutrient supply and fetal growth]. *Int. J. Dev. Biol.* 2010; 54(2–3):377–390.
3. Iyengar GV, Rapp A. [Human placenta as a ‘dual’ biomarker for monitoring fetal and maternal environment with special reference to potentially toxic trace elements. Part 3. Toxic trace elements in placenta and placenta as a biomarker for these elements]. *Science of The Total Environment.* 2001; 280: 221–238.
4. Osman K, Akesson A, Berglund M, Bremme K, Schutz A, Ask K, Vahter M. [Toxic and essential elements in placentas of Swedish women]. *Clin. Biochem.* 2000; 33(2):131–138.
5. Stawarz R, Formcki G, Chrobaczynska M, Czajkowska M, Chryc K, Kuczkowska-Kuzniar A, Massanyi P, Skalba P. [Accumulation of cadmium and lead in placenta and amnion of women from upper Silesian region, Poland]. *Environ. Res. Dev.* 2011; 5(4):871–879.
6. Amaya E, Gil F, Freire C, Olmedo P, Fernandez-Rodriguez M, Fernandez MF, Olea N. [Placental concentrations of heavy metals in a motherchild cohort]. *Environ. Res.* 2013;120:63–70.
7. Zadrozna M, Nowak B, Żołnierek M, Zamorska L, Niweliński J. *Human Placenta as a Biomarker of Environmental Toxins Exposure – Long-Term Morphochemical Monitoring, Recent Advances in Research on the Human Placenta.* InTech, 2012. pp.19–52. doi: 10.5772/32918
8. Esteban M, Castaño A. [Noninvasive matrices in human biomonitoring: A review]. *Environ. Int.* 2009; 35(2):438–449.
9. Smolders R, Schramm KW, Nickmilder M, Schoeters G. [Applicability of non-invasively collected matrices for human biomonitoring]. *Environmental Health.* 2009;8:8–18.
10. Collard KJ. [Iron homeostasis in the neonate]. *Pediatrics.* 2009;123:1208–1216.
11. Balesaria S, Hanif R, Salama MF, Raja K, Bayele HK, McArdle H, Srari SK. [Fetal iron levels are regulated by maternal and fetal Hfe genotype and dietary iron]. *Haematologica.* 2012;97(5):661–670.
12. Izquierdo Alvarez S, Castanon SG, Ruata ML, Aragues EF, Terraz PB, Irazabal YG, Gonzalez EG, Rodriguez BG. [Updating of normal levels of copper, zinc and selenium in serum of pregnant women]. *Journal of*



- Trace Elements in Medicine and Biology.* 2007; 21 Suppl 1:49–52.
13. Zeyrek D, Soran M, Cakmak A, Kocyigit A, Iscan A. [Serum copper and zinc levels in mothers and cord blood of their newborn infants with neural tube defects: a case-control study]. *Indian Pediatr.* 2009;46(8):675–680.
 14. Gambling L, Dunford S, Wallace DI, Zuur G, Solanky N, Srai SK, McArdle HJ. [Iron deficiency during pregnancy affects postnatal blood pressure in the rat]. *J Physiol.* 2003;552(Pt 2):603–610.
 15. Marquardt ML, Done SL, Sandrock M, Berdon WE, Feldman KW. [Copper deficiency presenting as metabolic bone disease in extremely low birth weight shot-gut infants]. *Pediatrics.* 2012;130(3):e695–698.
 16. Legostaeva GA, Zaksas NP, Gluhcheva YG, Sedykh SE, Madzharova ME, Atanassova NN, Buneva VN, Nevinsky GA. [Effect of CoCl₂ on the content of different metals and a relative activity of DNA-hydrolyzing abzymes in the blood plasma of mice]. *J. Mol. Recognit.* 2013;26:10–22.
 17. Vasudevan H, McNeill JH. [Chronic cobalt treatment decreases hyperglycemia in streptozin-diabetic rats]. *Biometals.* 2007;20(2):129–134.
 18. Islam MN, Chowdhury AK, Siddika M, Hossain MA, Hossain MK. [Effect of zinc on growth of preterm babies]. *Mymensingh Med J.* 2009;18(1):125–130.
 19. Khadem N, Mohammadzadeh A, Farhat AS, Valaee L, Khajedaluae M, Parizadeh SM. [Relationship between low birth weight neonate and maternal serum zinc concentration]. *Iran Red Crescent Med J.* 2012;14(4):240–244.
 20. Wulf K, Wilhelm A, Spielmann M, Wirth S, Jenke AC. [Frequency of Symptomatic Zinc Deficiency in very Low Birth Weight Infants]. *Klin Padiatr.* 2013;225(1):13–17.
 21. Upadhyaya C, Mishra S, Ajmera P, Sharma P. [Serum iron, and zinc status in Maternal and cord blood]. *Indian J Clin Biochem.* 2004;19(2): 48–52.
 22. Ohata Y, Ozono K, Michigami T. [Current concepts in perinatal mineral metabolism]. *Clin Pediatr Endocrinol.* 2016;25(1):9–17.
 23. Aschner M, Guilarte TR, Schneider JS, Zheng W. [Manganese: recent advances in understanding its transport and neurotoxicity]. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2007;221(2):131–147.
 24. Erikson KM, Thompson K, Aschner J, Aschner M. [Manganese neurotoxicity: a focus on the neonate]. *Pharmacol Ther.* 2007;113(2):369–377.
 25. Yoon M, Schroeter JD, Nong A, Taylor MD, Dorman DC, Andersen ME, Clewell HJ 3rd. [Physiologically based pharmacokinetic modeling of fetal and neonatal manganese exposure in humans: describing manganese homeostasis during development]. *Toxicol Sci.* 2011;122(2):297–316.
 26. Tholin K, Sandström B, Palm R, Hallmans G. [Changes in blood manganese levels during pregnancy in iron supplemented and non supplemented women]. *J Trace Elem Med Biol.* 1995;9(1):13–17.
 27. Zaitsev IV, Zaitseva OE. [Uroven' soderzhaniya tyazhelykh metallov v platsente zhenshchin i pupovine novorozhdennykh astrakhanskoy oblasti]. *Vestnik of astrakhan state technical university.* 2004;2(21):172–17.
 28. Markevich VE, Turova LO, Tarasova IV, Markevich VV. [Znachennya defitsitu ta disbalansu mikroelementiv u sistemi mati-platsenta-plid u razi zatrimki vnutrishn'outrobnogo rozvitku ploda]. *Pediatrica, Akusherstvo ta Ginekologiya.* 2009;6:12–15.
 29. Mbofung CMF, Subbarau VV. [Trace elements (Zinc, copper, iron and magnesium) concentrations in human placenta and their relationship to birth weight of babies]. *Nutrition Research.* 1990;10(4):359–366.
 30. Sakamoto M, Yasutake A, Domingo JL, Chan HM, Kubota M, Murata K. [Relationships between trace element concentrations in chorionic tissue of placenta and umbilical cord tissue: Potential use as indicators for prenatal exposure]. *Environment International.* 2013;60:106–111.
 31. Radomanski T, Sikorski R. [Human placenta magnesium and the contamination with cadmium and lead of placenta]. *J Perinat Med.* 1992;20:181.

(received 10.06.2016, published online 29.09.2016)

(одержано 10.06.2016, опубліковано 29.09.2016)

