

**НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ЕМАЛІ ЩУРІВ ПРИ  
ЇХ НАДМІРНОМУ НАДХОДЖЕННІ****Харківська медична академія післядипломної освіти (м. Харків)**

Робота виконана в рамках НДР кафедри стоматології та терапевтичної стоматології «Клінічний перебіг основних стоматологічних захворювань з урахуванням соматичної патології в умовах екологічно-небезпечних факторів довкілля. Розробка схем профілактики, лікування та реабілітації хворих з використанням вітчизняних матеріалів», номер держреєстрації 0110U002440.

**Вступ.** Погіршення екологічної ситуації в світі зумовило проведення ряду досліджень по вивченню впливу на організм людини несприятливих факторів навколишнього середовища, серед яких особлива увага приділяється солям важких металів (ВМ).

Мінеральна складова кісток і зубів хребетних має здатність накопичувати з навколишнього середовища деякі елементи-домішки, зокрема, важкі метали. Склад і властивості мінеральної складової зубної тканини в значній мірі відображають фізіологічні особливості функціонування організму, а також можуть дати важливу інформацію для моніторингу екологічної обстановки регіону проживання [4]. Дійсно, хімічний склад емалі має той «елементний портрет», який відображає вміст цих речовин у повітрі, ґрунті, воді, їжі. Це особливо наочно простежується у мешканців з промислових або несприятливих в екологічному плані регіонів [8, 11, 14] та у тварин [15].

В літературі є багато робіт, присвячених розкриттю механізмів негативної дії та біологічних ефектів надлишку важких металів на живі організми, але вони, в основному, стосуються змін лише у випадках мономікроелементозу, тому актуальним залишається питання вивчення накопичення хімічних елементів емалі зубів за умов впливу суміші сполук важких металів.

**Метою дослідження** було вивчення особливостей накопичення металів Fe, Zn, Pb, Cu, Mn, Cr в емалі зубів щурів при надмірному надходженні їх суміші.

**Об'єкт і методи дослідження.** Дослідження проводилося на 20 статевозрілих безпородних білих щурах-самцях з вихідною масою 180-200 г протягом 30 діб. Всі тварини були поділені на дві групи: 1 групу (n=10) становили контрольні щури, які отримували питну воду. Тварини 2 групи (n=10) отримували питну воду з комбінацією солей важких металів: (ZnSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O) – 5 мг/л, міді (CuSO<sub>4</sub> x 5H<sub>2</sub>O) – 1 мг/л, заліза (FeSO<sub>4</sub>) – 10 мг/л, марганцю (MnSO<sub>4</sub> x 5H<sub>2</sub>O) – 0,1 мг/л, свинцю (Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) – 0,1 мг/л, хрому (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) – 0,1 мг/л. Доступ до води вільний. Через 30 діб під ефірним наркозом тварин декапітували, сколювали емаль молярів. Зразки емалі знежирювали

спиртом, промивали дистильованою водою та зважували з точністю до 0,001 г. Потім емаль спалювали в муфельній печі при температурі 450° С для видалення органічної матриці. Після отримання попелу проводили його розчинення в суміші соляної (2,0мл) та азотної (1,0мл) кислот та доводили об'єм розчину до 10,0мл бідистильованою водою. Отриманий розчин аналізували на спектрофотометрі С115-01 з полум'яним та електротермічним атомізатором. Вибір методу атомізації ґрунтувався на концентрації елемента в розчині. Перед визначенням кожного елемента будували калібрувальний графік, використовуючи стандартні розчини елементів. При калібруванні використовували не менше чотирьох відомих концентрацій. Після проведення процедури визначення вмісту елемента в розчині, вводили масу зразка та отримували концентрацію елемента в 1,0 г досліджуваної тканини: міді (довжина хвилі – 324,7 нм); марганцю (довжина хвилі – 279,5 нм); цинку (довжина хвилі – 213,9 нм); свинцю (довжина хвилі – 285,3 нм); заліза (довжина хвилі – 276,3 нм), хрому (довжина хвилі – 357,9 нм). Виміри та розрахунки проводили в програмному продукті AAS-SPECTR в Лабораторії атомно-абсорбційного аналізу Центру морфологічних досліджень СумДУ.

Статистичну обробку матеріалу здійснювали за параметричними критеріями (середнє значення – M, стандартна похибка – m), статистичну значущість відмінності між показниками двох незалежних груп – непараметричним критерієм (W-критерій Вілкоксона) за допомогою пакету статистичної програми AtteStat10. 8. 4. for MS Excel. Статистично значущими вважали відмінності при p < 0,05.

Під час експерименту лабораторних тварин утримували відповідно до правил, прийнятих Європейською конвенцією із захисту хребетних тварин, яких використовують для експерименту і наукових завдань (Страсбург, 1986 р.) та «Загальних етичних правил експериментів над тваринами», затверджених І Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001).

**Результати досліджень та їх обговорення.** Отримані дані показали, що важкі метали не мали характеру суцільного їх накопичення в емалі зубів. Як видно з **таблиці**, у тварин, які отримували солі важких металів, вірогідно підвищувалась концентрація Zn на 87,5% (p=0,0005), Pb на 80,8% (p=0,0004). Мала місце тенденція до збільшення Fe на 39,1% (p=0,07). Одночасно з цим накопичення Cu було на 57,8% менше в порівнянні з контрольною групою (p=0,006), знизився вміст в емалі Cr на 30,9% (p=0,07) та Mn на 25,7% (p=0,03).

**Таблиця**  
**Вміст хімічних елементів в емалі, мкг/л**  
**(M±m)**

Метали	Група тварин		P
	I (n=10)	II (n=10)	
Cu	35,99±9,25	15,18±2,08	0,006
Zn	69,66±10,05	555,00±98,80	0,0005
Cr	575,39±70,38	397,56±59,75	0,07
Mn	58,74±4,53	43,65±5,15	0,03
Pb	0,14±0,05	0,73±0,09	0,0004
Fe	616,48±91,59	1013,4±141,60	0,07

Ми бачимо, що при надлишковому надходженні в організм шурів ВМ одні метали накопичуються в значно більших концентраціях щодо контрольної групи, а інші навпаки, в менших. В даному випадку спостерігається порушення мінерального гомеостазу в емалі зубів – його дисбаланс. Аналогічні результати нами отримано і в альвеолярному відростку щелеп [9].

Мікроелементний метаболізм є складовою частиною гомеостазу порожнини рота. Емаль є самою твердою неживою тканиною в організмі людини, яка піддається дії середовища порожнини рота. Вона складається з 96% неорганічних, 4% органічних речовин і води. Головною складовою неорганічної частини емалі є кристали гідроксиапатиту, які здатні сорбувати метали. Апатити можуть мати велику кількість вакансій і, тим самим, дозволяти собі кілька іонних замінів, які потім визначають їх реакційну здатність та біологічні властивості. На відміну від інших біомінералів вони мають унікальну пристосованість до різних біологічних функцій. Спеціальні механізми компенсації заряду роблять можливим молекулярні та іонні вставки і заміни, які в подальшому і визначають властивості поверхні кристалів апатиту з хімічної (розчинність, здатність до іонного обміну, іонним вставкам, адсорбція і вставки молекул) та фізичної (поверхневий заряд міжфазної енергії) точки зору [6].

Особливо складним і дискусійним залишається питання про місце ВМ в патогенезі карієсу зубів. Аналіз робіт показує, що накопичення деяких важких металів вибірково по відношенню до зубів, уражених і не уражених карієсом, молочних і постійних. Автори дають неоднозначну оцінку ролі хімічних елементів у розвитку карієсу. З цього питання наводяться суперечливі дані.

Такі розбіжності в даних про накопичення ВМ в інтактних і каріозних, молочних і постійних зубах

обумовлені, на наш погляд, особливостями взаємодії металів. Мікроелементи мають широкий спектр синергетичних та антагоністичних взаємин [3]. Доведено, що між 15 відомими життєво необхідними елементами існує 105 двосторонніх та 455 тристоронніх взаємодій. Комплексне введення токсичних і есенціальних елементів підсилює виведення одних і накопичення інших [5].

Так, при підвищеному вмісту Pb і Cd у навколишньому середовищі накопичувалися в зубах Cr, Mn та Ni [12]. За допомогою мікрорадіографії було встановлено, що Zn і F мають синергетичний ефект в процесі ремінералізації емалі, але тільки за умов високого вмісту фтору [10]. Сумісні дослідження стоматологів і хіміків з Венесуели взаємодії між елементами виявили значні позитивні кореляції між Sr-Zn, Sr-Cu, Sr-Pb і негативні між Ca-Zn і Ca-Pb для різних типів зубів. Автори вважають, що позитивний зв'язок може вказувати на конкурсне заміщення в кристалічній структурі аніонних груп (вакантне заміщення), негативні ж кореляції пов'язують з можливими замінами між елементами за близькими властивостями (ізоморфне або гетерогенне заміщення) [7]. Вченими з університету Бергена також виявлені позитивні кореляції між Pb і Zn, Cd, Hg, та між Hg і Zn в молочних зубах [16]. В експерименті було показано, що двовалентні катіони Pb<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup> спричиняли зниження сорбції Cu кристалами гідроксиапатиту [14].

Таким чином, зміна елементного гомеостазу призводить до порушення мінерального обміну і, як наслідок, до патології твердих тканин зуба і альвеолярного відростка [1, 2].

**Висновки.** Важкі метали докільця, потрапляючи в організм, викликають порушення мінерального метаболізму в емалі. Дисбаланс мінералів приводить до змін властивостей кристалітів, в результаті чого емаль може стати вразливою до дії агресивних факторів оточуючого місцевого та загального середовища. Вплив важких металів на хімічні і фізичні властивості емалі може привести к підвищенню її чутливості до дії пре- і постеруптивних факторів ризику виникнення карієсу.

**Перспективи подальших досліджень.** Наведені дані показали, що результат дії важких металів на емаль зубів не є банальною сумациєю негативного впливу кожного з металів. Підвищений вміст одних і дефіцит інших мінералів потребує пошуку відповідних засобів корекції хімічної структури емалі.

## Список літератури

1. Боровский Е. В. Биология полости рта / Е. В. Боровский, В. К. Леонтьев [изд. второе, стереотип.]. – М.: Мед. книга; Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2001. – 304 С.
2. Вавилова Т. П. Биохимия тканей и жидкостей полости рта / Т. П. Вавилова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 257 С.
3. Мікроелементний склад довгих та мішаних кісток скелета в нормі / Є. В. Гусак, М. В. Погорелов, Г. Ф. Ткач [та ін.] // Український морфологічний альманах. – 2010. – Т. 8., № 4. – С. 51–55.
4. Мультиэлементный масс-спектрометрический микроанализ в исследованиях биоминеральных образований / С. Л. Вотяков, Д. В. Киселева, А. Ю. Розанов [и др.] // Литосфера. – 2007, № 1. – С. 123–137.
5. Скальный А. В. Биоэлементы в медицине / А. В. Скальный, И. А. Рудаков. – М.: Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. – 272 С.

6. Chemical Diversity of Apatites / C. Rey, C. Combes, Ch. Drouet, H. Sfihi // *Advances in Science and Technology*. – 2006. – Vol. 49. – P. 27-36.
7. Determination of some cationic species in temporary teeth / E. Burguera, Z. Romero, M. Burguera [etal.] // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2002. – Vol. 16, № 2. – P. 103-112.
8. In vivo studies on lead content of deciduous teeth superficial enamel of preschool children / V. E. Gomesa, M. da L. R. Sousa, Fernando Barbosa Jr Jr. [etal.] // *Science of The Total Environment*. – 2004. – Vol. 320, № 1. – P. 25-35.
9. Lakhtin Yu. V. Accumulation of heavy metals alveolar ridge on rats' jaws during excessive inflow of heavy metals / Yu. Lakhtin // *Teoretyczne i praktyczne innowacje w nauce: materiały Międzynarodowej Naukowi-Praktycznej Konferencji (Gdańsk, 28 – 30. 04 2012)*. – Gdańsk, 2012. – S. 97-98.
10. Lippert F. Dose-Response Effects of Zinc and Fluoride on Caries Lesion Remineralization / F. Lippert // *Caries Res*. – 2012. – Vol. 46, № 1. – P. 62-68.
11. Multivariate Statistical Analysis of Metal Concentrations in Teeth of Residents of Silesian Region, Southern Poland / D. Wiechula, A. Fischer, J. Kwapiński [etal.] // *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. – 2006. – Vol. 51, № 2. – P. 314-320.
12. Nowak B. Relationship of Lead and Cadmium to Essential Elements in Hair, Teeth, and Nails of Environmentally Exposed People / B. Nowak, J. Chmielnicka // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2000. – Vol. 46, № 3. – P. 265-274.
13. Study of environmental burden of lead in children using teeth as bioindicator / J. D. T. Arruda-Neto, M. C. C. de Oliveira, J. E. S. Sarkis [etal.] // *Environment International*. – 2009. – Vol. 35, № 3. – P. 614-618.
14. Study of sorption processes of copper on synthetic hydroxyapatite / O. Roszkopfová, M. Galambová, J. Ometěková [etal.] // *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. – 2012, DOI: 10. 1007/s10967-012-1711-4 Online.
15. The heavy metal content of the teeth of the bank vole (*Clethrionomys glareolus*) as an exposure marker of environmental pollution in Poland / J. Appleton, K. M. Lee, K. Sawicka-Kapusta [etal.] // *Environ Pollut*. – 2000. – Vol. 110, № 3. – P. 441-449.
16. Tinnereima H. M. Heavy metals in human primary teeth: some factors influencing the metal concentrations / H. M. Tinnereima, R. Eideb, T. Riise // *Science of The Total Environment*. – 2000. – Vol. 255, № 1-3. – P. 21-27.

УДК 616-008. 9:[611. 314+612. 392. 69]

### НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ЕМАЛІ ЩУРІВ ПРИ ЇХ НАДМІРНОМУ НАДХОДЖЕННІ

Лахтін Ю. В.

**Резюме.** За допомогою атомно-абсорбційної спектрометрії було вивчено характер кумуляції важких металів (Fe, Zn, Pb, Cu, Mn, Cr) в емалі зубів щурів. Встановлено, що у тварин, які отримували солі важких металів, в емалі вірогідно підвищувалась концентрація Zn на 87,5%, Pb на 80,8%. Мала місце тенденція до збільшення Fe на 39,1%. Одночасно з цим накопичення Cu було на 57,8% менше в порівнянні з контрольною групою, знизився вміст в емалі Cr на 30,9% та Mn на 25,7%. Зроблено висновки, що суміш солей Fe, Zn, Pb, Cu, Mn, Cr викликає мінеральний дисбаланс в емалі зубів. Порушення гомеостазу металів в емалі може виступати фактором ризику виникнення патології твердих тканин зубів.

**Ключові слова:** солі важких металів, емаль зубів, кумуляція, метаболізм, щури.

УДК 616-008. 9:[611. 314+612. 392. 69]

### НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЭМАЛИ КРЫС ПРИ ИХ ИЗБЫТОЧНОМ ПОСТУПЛЕНИИ

Лахтин Ю. В.

**Резюме.** С помощью атомно-абсорбционной спектрофотометрии изучен характер кумуляции тяжелых металлов (Fe, Zn, Pb, Cu, Mn, Cr) в эмали зубов крыс. Установлено, что у животных, получавших соли тяжелых металлов, в эмали достоверно повышалась концентрация Zn на 87,5%, Pb на 80,8%. Имела место тенденция к увеличению Fe на 39,1%. Одновременно с этим накопление Cu было на 57,8% меньше по сравнению с контрольной группой, снизилось содержание в эмали Cr на 30,9% и Mn на 25,7%. Сделан вывод, что смесь солей Fe, Zn, Pb, Cu, Mn, Cr вызывает минеральный дисбаланс в эмали зубов. Нарушение гомеостаза металлов в эмали может выступать фактором риска возникновения патологии твердых тканей зубов.

**Ключевые слова:** соли тяжелых металлов, эмаль зубов, кумуляция, метаболизм, крысы.

UDC 616-008. 9:[611. 314+612. 392. 69]

### Accumulation Of Heavy Metals In Rat's Enamel During Excessive Inflow Of Heavy Metals

Lakhtin Yu. V.

**Summary.** With the help of atomic absorption spectrophotometry the character of heavy metals (Fe, Zn, Pb, Cu, Mn, Cr) accumulation in rat's teeth enamel was studied. It was determined that in enamel of animals receiving salts of heavy metals the concentration of Zn potentially increased for 87,5%, Pb for 80,8%. There was a tendency for Fe increasing for 39,1%. At the same time the accumulation of Cu was for 57,8% less compared to control group, Cr content in enamel decreased for 30,9% and Mn for 25,7%. It was concluded that salt mixtures of Fe, Zn, Pb, Cu, Mn, Cr cause mineral imbalance in teeth enamel. Dyscrasia of metals in enamel can be a risk factor of hard tooth tissues pathology.

**Key words:** salts of heavy metals, teeth enamel, accumulation, metabolism, rats.

Стаття надійшла 26. 06. 2012 р.

Рецензент – проф. Непорада К. С.