

Превентивна медицина

PREVENTIVE
MEDICINE

Ксенобіотики в сигаретах: вивчення хімічного складу з акцентом на вміст важких металів

Д.Д. Зербіно¹, д. мед. н., професор;
І.М. Андрусишина², к. біол. н.;
Д.І. Беш¹, к. мед. н.

¹Львівський національний медичний
університет імені Данила Галицького;

²Інститут медицини праці НАМН України/

«Куріння сприяє як розвитку атеросклеротичного ураження, так і процесам тромбоутворення, хоча механізми цього впливу не до кінця зрозумілі»

Актуальність

Парадокс проблеми «тютюнопаління» пов'язаний з тим, що практично всі курці знають про його шкідливий вплив на здоров'я, відчувають це самі, – але продовжують палити. На жаль, Україна належить до числа країн з дуже високим рівнем «тютюнопаління». Останнє є серйозним джерелом потрапляння важких металів до людського організму. Вважається, що тютюнові вироби містять близько 4 тисяч хімічних сполук, із них приблизно 60 можуть призводити до онкологічних захворювань. В сигаретному димі міститься 76 металів, зокрема: нікель, кадмій, миш'як, хром, свинець та інші [2–6]. Водночас на даний час відомо, що миш'як, хром та їх сполуки стимулюють розвиток злоякісних пухлин [9, 10].

Вміст металів у тютюновому листі залежить від місця вирощування рослини, складу добрив, а також погодних умов [2]. Наприклад, часті дощі підвищують вміст важких металів у листі тютюну, що можна пояснити здатністю рослини всмоктувати їх із ґрунту. Сьогодні тютюн вирощують у 155 країнах світу [2, 5, 9]. Різні кліматичні умови, різні агротехнічні прийоми вирощування та особливості обробки сировини зумовлюють надзвичайну різноманітність фізичних і хімічних властивостей тютюну і визначають особливості його метаболізму.

Дослідженнями [5–9] доведено, що при вихорюванні однієї сигарети через дихальні шляхи людини проходить близько 20 л сигаретного диму. У зв'язку з тим, що в останньому міститься багато різних компонентів, токсичний ефект куріння пов'язаний не лише

з ніотином, але й з комплексним впливом всіх складових частин диму, в тому числі важких металів.

Хоча фільтри сигарет дещо зменшують кількість шкідливих речовин, які потрапляють в організм курця, проте більшість із них оминає фільтр. Водночас існують дані про те, що фільтри самі по собі можуть бути джерелом ксенобіотиків [7, 8]. Отож, вони повною мірою не рятують від токсинів, які виділяються при курінні в газоподібній чи твердій формі.

Для глибшого усвідомлення проблеми, пов'язаних з курінням, потрібним є вивчення реального складу шкідливих речовин цигаркового диму, які виділяються як при горінні цілої цигарки, так і різних її частин. Також важливим є порівняння кількості і складу ксенобіотиків, які людина отримує в процесі куріння і під час дихання повітрям великих міст зі значним вмістом шкідливих речовин. Викладена вище ситуація зумовила актуальність і мету нашої роботи.

Мета роботи: визначити «спектр» хімічних елементів в обгортці сигарет (папері), тютюні та фільтрі й порівняти хімічний склад атмосферного повітря і сигаретного диму.

Матеріали та методи дослідження

Для вивчення елементного складу сигаретного диму вибрали найпопулярніші в Україні марки сигарет: «Marlboro» (flavor mix), «Parliament» (night blue), «Прима» (срібна червона). Варто зазначити, що на пачках



Рис. 1. Попереджувальні написи на пачках сигарет

сигарет були розміщені «антирекламні» (назвемо їх так), але справедливі попередження (рис. 1).

Хімічний склад визначали за допомогою атомно-емісійного спектрометра з індуктивно-зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) (прилад Optima 2010 DV – фірма PerKin Elmer, США) в лабораторії «Інституту медицини праці НАМН України». В процесі дослідження на першому етапі аналізували склад всіх трьох частин сигарет (папір, тютюн та фільтр) [4, 11]. Другим етапом дослідження було порівняння хімічного складу атмосферного повітря та сигаретного диму [11]. Приготування проб для елементного хімічного аналізу полягало в наступному: до наважки зразку 0,1 г матеріалу додавали 2,0 мл концентрованої азотної кислоти (HNO₃) (фірма Merck). Проби піддавалися мінералізації в мікрохвильовій печі MWS-2 (фірма Berghof). Отриманий мінералізатор розчиняли в деіонізованій воді (18Ω) до об'єму 10 мл.

Сумарне аерогенне навантаження оцінює надходження металів з атмосферним повітрям та димом сигарет. Його визначали за формулою [16]:

$$AH = Cn \times \text{ХОД} \times 1440 \times B, n$$

де: АН – аерогенне добове надходження, мг; Cn – середньорічна концентрація речовини у повітрі, мг/м³; ХОД – хвилинний об'єм дихання для людини даного вікового періоду (мл/хв.г); 1440 – кількість хвилин у добі; В – середня маса обстежених, кг.

Отримані результати зазнали статистичної обробки [3].

Результати та їх обговорення

Дослідження сигарет

В усіх трьох видах досліджуваних сигарет виявили важкі метали: кадмій (Cd), свинець (Pb), марганець (Mn), цинк (Zn), залізо (Fe), мідь (Cu), нікель (Ni), хром (Cr), а також есенціальні елементи: магній (Mg), калій (K), кальцій (Ca). Важливо підкреслити, що їх виявили в усіх трьох частинах сигарети: тютюні, папері та фільтрі (табл. 1–3).

Таблиця 1. Вміст хімічних елементів в тютюні сигарет трьох марок

Елемент, мкг/г	«Malboro»	«Parlament»	«Прима»
Mg, мг/г	4,31 ±0,11	4,13±0,15	0,14±0,007
K, мг/г	293,96±1,39	176,11±0,49	196,0±0,09
Ca, мг/г	16,11±0,11	15,67±0,14	24,8±0,11
Cd	0,032±0,003	0,030±0,018	0,0071±0,001
Pb	0,071±0,007	0,06±0,02	0,26±0,09
Mn	70,88±1,60	59,77±4,75	1,56±0,02
Zn	6,35±0,17	5,81±0,07	1,04±0,02
Fe	193,53±0,86	215,0±14,32	61,80±0,27
Cu	9,41±0,065	10,45±0,44	3,04±0,05
Ni	0,89±0,004	2,58±0,08	3,62±0,02
As	0,29±0,023	0,09±0,006	0,10±0,002
Cr	3,29±0,29	3,0±0,025	5,60±0,63

Примітка: в тютюні сигарет «Прима» була нерозчинна в азотній кислоті фракція, подібна до кремнію.

Таблиця 2. Вміст хімічних елементів в папері сигарет трьох марок

Елемент, мкг/г	«Malboro»	«Parlament»	«Прима»
Mg, мг/г	0,80±0,05	0,91±0,03	0,21±0,02
K, мг/г	29,33±0,25	19,56±0,31	2,12±0,63
Ca, мг/г	79,57±0,34	119,6±0,61	39,61±0,7
Cd	0,008±0,002	0,003±0,001	0,021±0,006
Pb	0,13±0,03	0,13±0,09	0,014±0,09
Mn	13,48±0,88	18,64±0,41	2,13±0,004
Zn	2,73±0,12	4,63±0,02	0,99±0,05
Fe	137,5±7,79	183,33±2,66	44,29±0,16
Cu	6,25±1,26	0,97±0,17	0,14±0,029
Ni	13,20±1,96	11,93±0,054	3,69±0,016
As	0,05±0,002	0,03±0,004	0,04±0,003
Cr	12,7±1,68	17,67±0,95	6,43±0,33

Таблиця 3. Вміст хімічних елементів у фільтрі сигарет трьох марок

Елемент, мкг/г	«Malboro»	«Parlament»	«Прима»
Mg, мг/г	0,34±0,003	0,08±0,004	9,53±0,06
K, мг/г	0,16±0,005	0,12±0,02	158,9±0,31
Ca, мг/г	13,10±0,075	3,46±0,016	33,59±0,02
Cd	0,001±0,0003	0,001±0,0004	0,92±0,013
Pb	0,03±0,01	0,11±0,05	0,36±0,04
Mn	1,77±0,02	1,16±0,17	123,88±1,56
Zn	1,66±0,04	0,64±0,02	10,54±0,05
Fe	348,89±8,87	514,44±3,47	345,56±2,56
Cu	0,01±0,001	0,30±0,01	18,87±0,11
Ni	3,76±0,45	1,82±0,04	4,87±0,04
As	0,56±0,03	0,042±0,016	0,02±0,004
Cr	5,89±0,07	3,0±0,02	5,33±0,89

В тютюні (табл. 1), як і у всіх інших частинах сигарет, у найбільшій кількості представлене залізо. Друге місце займає марганець. Дещо менша масова частка припадає на мідь. Причому отримані результати не залежали від виробника сигарет. Водночас варто відзначити, що у тютюні сигарет «Marlboro» виявлено значний вміст кадмію, цинку та миш'яку, тоді як в сигаретах «Parlament» був подібний вміст кадмію та свинцю, проте суттєво менша кількість миш'яку. На особливу увагу заслуговує вміст тютюну цигарок «Прима», у якому було значно більше свинцю, нікелю та хрому, а вміст попередньо згаданих елементів був меншим.

У папері (табл. 2) сигарет «Marlboro» виявлено значно вищий порівняно з конкурентами вміст міді та нікелю. Також високими були показники свинцю, цинку, хрому та марганцю. В папері цигарок «Parlament» переважали, порівняно зі зразками інших виробників, марганець, цинк та хром. Вміст свинцю не відрізнявся від сигарет «Marlboro». Папір від сигарет «Прима» містив найбільше кадмію, проте мав значно менше порівняно з конкурентами свинцю, марганцю, цинку, заліза, міді, нікелю та хрому. Вміст важких металів в папері можна розмістити за зростанням в такій послідовності: «Прима» → «Malboro» → «Parlament».

В процесі дослідження встановлено, що навіть чисті фільтри містять важкі метали. Проте у фільтрах викурених сигарет їх вміст є значно вищим, ніж у чистих. Отже, фільтри певною мірою очищують тютюновий дим. У фільтрах досліджуваних сигарет (табл. 3) виявлено в основному залізо, хром та нікель. Також встановлено наявність марганцю, цинку, свинцю і кадмію. Найбільш забрудненим був фільтр від сигарет «Прима». Найбільший вміст хрому й миш'яку виявлено у фільтрі сигарет «Malboro».

Порівняльний аналіз вмісту важких металів в атмосферному повітрі та сигаретному димі

Як згадувалося вище, при випалюванні однієї сигарети людина пропускає через свої легені близько 20 л тютюнового диму. Тому було проведено порівняльний аналіз надходження важких металів в організм людини з атмосферним повітрям і з димом 1 пачки сигарет (рис. 2, 3).

Якщо прийняти, що потік диму, що вдихається курцем при палінні сигарет з фільтром, становить 25% загальної кількості диму, – можна розрахувати кількість металів, що надходять в організм при викурюванні однієї сигарети. Виходячи з цього, автори розрахували концентрацію свинцю, кадмію, хрому та нікелю в сигаретному димі (дані узагальнені за трьома марками сигарет). Також було вивчено вміст цих елементів у атмосферному повітрі Києва. Із даних, представлених на рисунку 2, видно, що реальна концентрація миш'яку і свинцю в атмосферному повітрі вища гранично допустимих концентрацій (ГДК), прийнятих в Україні. Концентрація в сигаретному димі хрому в 5,4 рази, а ніке-

лю – в 1,52 рази перевищує ГДК, вміст свинцю в ньому – на гранично допустимому рівні.

Відомо, що аерогенне навантаження залежно від типу хімічного елемента становить від 0,1 до 2,0% [1, 12]. Автори розрахували реальне добове аерогенне навантаження і навантаження при викурюванні 20 сигарет на добу (рис. 3). Встановлено, що кількість важких металів (миш'яку, кадмію, хрому, нікелю і свинцю), що надходять в організм при викурюванні однієї пачки сигарет, більше, ніж при диханні атмосферним повітрям протягом дня.

Термін тютюнопаління не повною мірою відображає проблему, оскільки ксенобіотики містяться не лише в тютюні, а й у папері та фільтрі. Сигарети є додатковим джерелом надходження в організм курця важких металів, негативні ефекти яких доведено [1, 5, 6, 14, 15]. Відомо, що свинець має плейотропний вплив на організм людини. Він накопичується в тканинах і викликає прогресуючі порушення в роботі серцево-судинної, травної та нервової систем. Шестивалентний хром давно відомий як канцероген. З інгаляційним впливом хрому також пов'язують розвиток бронхіальної астми. Нікель належить до групи речовин, що провокують розвиток астми, а також сприяє розвитку раку легень. Як показано в дослідженні, куріння є додатковим джерелом кадмію. Наслідки його впливу найбільш виражені у людей, які отримують низький вміст цинку і кальцію з їжею. Кадмій чинить токсичну дію на нирки і сприяє зниженню мінеральної щільності кісткової тканини. В результаті цього він впливає на перебіг вагітності, підвищуючи ризик недостатньої маси тіла плоду. Залізо – ще один із компонентів диму сигарет. Його багаторічна інгаляція може призвести до розвитку раку органів дихання. Миш'як впливає на травну систему, іноді викликає дерматологічні захворювання та анемію [2].

Крім цього, з курінням пов'язані: погіршення пам'яті, уваги і спостережливості; зниження працездатності;

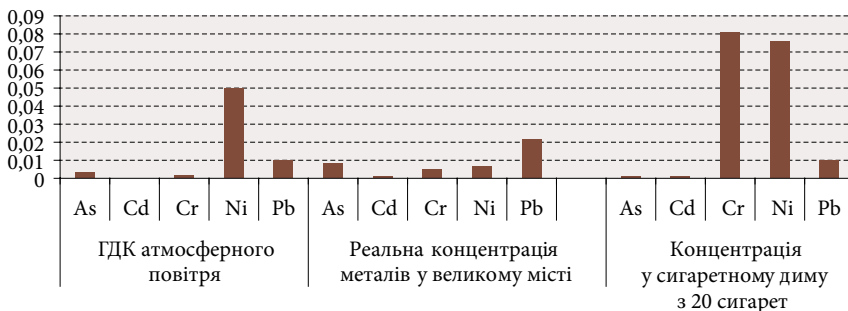


Рис. 2. Вміст важких металів у атмосферному повітрі та при викурюванні 20 сигарет

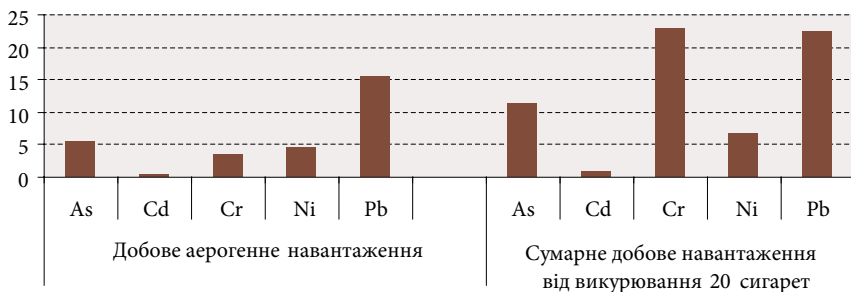


Рис. 3. Типи надходження важких металів у організм людини з повітрям

погіршення зовнішнього вигляду; зниження статевої потенції; безпліддя; порушення вагітності та викидні [2].

З метою привернення уваги громадськості до негативних наслідків паління тютюну, щороку відзначаються дві дати – 31 травня (Всесвітній день без тютюнового диму) і третій четвер листопада (Міжнародний день відмови від куріння). У травні 2003 року Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ)

була прийнята «Конвенція з боротьби проти тютюну», до якої приєдналися більше 90 країн, в тому числі Україна.

Висновки

Багатоелементний аналіз (за допомогою методу АЕС-ІЗП) свідчить про наявність важких металів у всіх структурних складових частинах сигарети: папері, тютюні, фільтрах. Їх рівні та співвідношення відрізняються залежно

від марки сигарет. В сигаретному димі виявлено значний вміст ксенобіотиків: миш'яку, міді, цинку, свинцю, марганцю, хрому, заліза, нікелю і кадмію.

Розраховане сумарне аерогенне навантаження курців свідчить про те, що тютюновий дим є серйозним джерелом потрапляння важких металів в організм людини. А вони, як відомо, є етіологічним стимулом ряду патологічних процесів.

Література

1. Аналитические методы в биоэлементологии / А.В. Скальный, Е.В. Лакарова, В.В. Кузнецов, М.Г. Скальная. – СПб.: Наука, 2009. – 264 с.
2. Андреева Т.И., Красовский К.С. Табак и здоровье. –К., 2004. – 224 с.
3. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. – К.: МДК, 2006. – 558 с.
4. Визначення 33 елементів методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою у воді. ДСТУ ISO 11885:1996. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 14 с.
5. Власова А.С. Определение содержания тяжелых металлов в сигаретах // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: сб. ст. по мат. IX междунар. студ. науч.-практ. конф. – №9. – RL: sibac.info/archive/nature/StudNatur%2004.04.2013.pdf.
6. Зербино Д.Д. Экологическая патология: проблема превентивной медицины. Концепция первичной профилактики. – К.: ООО «МЕДИКС ГРУПП», 2016. – 176 с.
7. Зербино Д.Д., Соломенчук Т.М., Лесник С.А., Фус С.В., Москалик О.Є. Ксенобіотики в сигаретах // Серце і судини. – 2003. – №3. – С. 56–59.
8. Зербино Д.Д., Соломенчук Т.М., Топілко О.Ю. Ксенобіотики в сигаретах і сигаретному диму: куріння легких сигарет не знижує ризик надходження в організм людини важких металів // Український медичний часопис. – 2003. – VII/VIII, №4. – С. 130–133.
9. Кваша У.Ф. Особенности и динамика табакокурения среди городского и сельского населения Украины // Серце і судини. – 2008. – №2. – С. 61–67.
10. Москалик О.Є. Куріння, ксенобіотики, стимул розвитку раку гортані у людей віком до 44 років //Довкілля та здоров'я. – 2004. – №3. – С. 19–21.
11. Metal and metalloid particulates in workplace atmospheres (ICP analysis). – File://E:/nioshdb/oshameth/id125g/id25/id15g.htm.
12. Методические рекомендации по определению реальной загрузки на человека химических веществ, поступающих с атмосферным воздухом, водой и пищевыми продуктами. – М., 1986. – 40 с.
13. Рекомендації Європейського товариства кардіологів 2012 року відносно профілактики серцево-судинних захворювань в клінічній практиці. Частина 2. Серце і судини. – 2013. – №3. – С. 25–35.
14. Cekic Osman Effect of cigarette smoking on copper, lead and cadmium accumulation in human lens//Br.J.Poison crop-tobacco in Brazil // Glob.Pestic. Campaigner. – 1998. – Vol. 8 (2). – P. 10–17.
15. Landsberger S., Wu D. The impact of heavy metals from environmental tobacco smoke on indoor air quality as determined by Compton suppression neutron activation analysis: Collec.Pap.7th Symp. «Environ. Radiochem. Anal» // Sci. Total Environ. – 1995. – Vol. 73 (174). – P. 323–337.
16. МОЗ України Наказ від 30.11.2009 р. №887 «Про затвердження методичних рекомендацій “Біопротекція розвитку екозалежної патології у критичних верствах населення індустриальних міст”».