

DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-2-17

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ДОЗ СУЛЬФАТА ЖЕЛЕЗА (II) И БЕНЗОЛА НА ПРОЦЕССЫ СВОБОДНО-РАДИКАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Н.В. Шарапова, Л.В. Золина, Л.В. Амелина, С.В. Икрянникова

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава РФ,
Российская Федерация, 460000, Оренбург, пр. Парковый 7

РЕЗЮМЕ. Длительное воздействие низких доз железа и бензола при их изолированном и совместном поступлении в организм с питьевой водой приводит к снижению активности ферментов антиоксидантов: каталазы и супероксиддисмутазы. Описанные изменения происходят на фоне достоверного увеличения содержания в сыворотке крови и гомогенатах печени продуктов перекисного окисления – диеновых конъюгатов и малонового диальдегида в эксперименте у крыс. При длительном воздействии низкие дозы бензола и железа способны привести к развитию окислительного стресса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: железо, бензол, низкие дозы, супероксиддисмутаза, каталаза, свободно-радикальное окисление.

Для цитирования: Шарапова Н.В., Золина Л.В., Амелина Л.В., Икрянникова С.В. Влияние низких доз сульфата железа (II) и бензола на процессы свободно-радикального окисления в эксперименте. Микроэлементы в медицине. 2024;25(2):41–43. DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-2-17.

ВВЕДЕНИЕ

По данным Государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Оренбургской области» за 2021–2022 гг., для отдельных жилых территорий области было выявлено повышенное содержание железа (Fe) в питьевой воде. Приоритетными веществами, вносящими наибольший вклад в индекс диффузного загрязнения атмосферного воздуха во всех крупных городах Оренбургской области, являются бензол (C₆H₆) и его производные.

Находясь в атмосферном воздухе и питьевой воде в дозах, не превышающих допустимые концентрации, обладая высокой способностью к накоплению в биологических объектах и выраженным прооксидантным потенциалом, Fe и C₆H₆ способны запускать процессы свободно-радикального окисления (СРО) (Rapraort et al., 2013, Fenga et al., 2016, Premshekharana et al., 2016). Вместе с тем к настоящему времени по-прежнему остаётся задача совместного воздействия низких концентраций железа (Fe²⁺) и бензола на интенсивность процессов СРО, что определяет актуальность настоящего исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты проводили на 40 самцах крыс Wistar (филиал питомника «Столбовая», Московская обл.), начальной массой 170 г. Животных содержали в стандартных пластмассовых клетках при комнатной температуре с соблюдением циклов день/ночь в соотношении 12/12 ч. Крысы находились на стандартном рационе питания (сбалансированный гранулированный корм «ProCorm» компании Biorgo, г. Новосибирск). Для питья животным давали бутилированную воду Akva vita, добываемую из местных артезианских источников (ООО «Живая планета», г. Оренбург, Россия). Количество корма и воды не ограничивали. Все экспериментальные животные были разделены на четыре группы: I – контроль; II – крысы получали с водой соли Fe²⁺ в дозе 2,25 мг/кг/сут из расчета 0,5 ПДК; III – животным давали питьевую воду, содержащую C₆H₆ («Полихим», Россия) в концентрации 0,015 мг/л, что соответствует 0,5 ПДК; IV – крысы получали с питьевой водой смесь из солей Fe²⁺ и C₆H₆ в дозах, эквивалентных 0,5 ПДК для каждого токсиканта. Продолжительность эксперимента составляла 20 недель.

Эксперимент проведен в соответствии с этическими нормами и рекомендациями по гуманизации работы с лабораторными животными, которые отражены в «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других целей» (Страсбург, 1985). По окончании эксперимента эвтаназию животных осуществляли путем декапитации.

В гомогенатах печени определяли содержание диеновых конъюгатов (ДК) по методу Z. Placer, малонового диальдегида (МДА) по реакции с тиобарбитуровой кислотой. Активность супероксид-дисмутазы (СОД) и каталазы в эритроцитах крови и гомогенатах печени устанавливали кинетическими спектрофотометрическими методами на спектрофотометре «Genesys 5» (США).

Результаты проведенных исследований обрабатывали методами вариационной статистики с использованием пакета программ для ПК Microsoft Excel 10.0, STATISTICA 10.0, включая методы параметрического анализа (критерий Стьюдента). Для выделения значимых коэффициентов корреляции выбран уровень значимости, принятый для медико-биологических исследований ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице представлены данные, отражающие активность антиоксидантных ферментов эритроцита и содержание МДА и ДК в сыворотке крови и гомогенатах печени у контрольных и опытных животных.

У животных II группы снижение активности СОД и каталазы эритроцитов составляло 20 и 28%, а содержание ДК и МДА в сыворотке на 15 и 17% превышало показатели контрольной группы. У животных III группы наблюдалось снижение активности СОД и каталазы в крови на 27 и 30% соответственно. Содержание ДК в сыворотке при этом существенно не менялось, а уровень МДА увеличился в 1,65 раза по сравнению с контролем. В IV группе отмечалось достоверное снижение активности СОД на 26%, по сравнению с контрольной группой животных, понижение активности каталазы составляло 5%.

Активности СОД и каталазы в гомогенатах печени были на 44 и 21% выше у животных II группы по сравнению с контролем, а концентрации ДК и МДА в 2 и 3 раза превышали контрольные показатели. В группе III наблюдалось повышение активности СОД на 85% и активности каталазы на 5% соответственно, по сравнению с контрольной группой. В то же время для концентраций ДК и МДА контрольной и опытной групп животных достоверных различий не выявлено. В IV группе, получавшей с питьевой водой как Fe^{2+} , так и C_6H_6 активность СОД и каталазы в печени более чем в 2 и 3 раза превышала контрольные показатели. Уровень ДК в печени у животных этой группы более чем в 2 раза превышал контрольные показатели. В то же время уровень МДА повышался незначительно.

Таблица. Влияние малых доз бензола на активность антиоксидантных ферментов и продуктов перекисного окисления липидов у животных

Ткань, орган	Группа животных	СОД, ед/литр	Каталаза, ед/литр	ДК, нмоль/г белка	МДА, нмоль/г белка
Кровь	I группа (контроль)	138 ± 13,4	197,44±4,85	0,095 ± 0,022	0,063 ± 2,8*
	II группа (Fe^{2+})	110,29±10,14*	141,50±21,3	0,11±0,05*	0,074± 6,4
	III группа (C_6H_6)	101 ± 9,5*	138 ± 5,1*	0,086 ± 0,023	0,104 ± 17,3*
	IV группа (Fe^{2+} и C_6H_6)	101,7±13,6*	140,13±11,3*	0,093± 1,8	0,16±0,11*
Печень	I группа (контроль)	11,9 ± 3,1	59,3 ± 6,0	0,22 ± 0,03	0,53 ± 0,07
	II группа (Fe^{2+})	17,2 ± 1,6*	71,8 ± 4,1*	0,42 ± 0,08	0,18 ± 0,04
	III группа (бензол)	21,9 ± 4,1*	62,2 ± 3,4*	0,25 ± 0,02	0,56 ± 0,11
	IV группа (Fe^{2+} и C_6H_6)	23,9 ± 2,4*	183,4 ± 10,0*	0,53±11,3	0,61±9,4

П р и м е ч а н и е : * – обозначены достоверные отличия ($p < 0,05$) по отношению к контролю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Длительное поступление в организм животных с питьевой водой бензола и железа (II) в нетоксических дозах как отдельно, так и при их совместном поступлении, приводит к снижению активности СОД и каталазы – ферментов системы АОС. При длительном поступлении в организм крыс воды, содержащей подпороговые концентрации железа (II) и бензола изолированно или в смеси, в сыворотке крови и гомогенатах печени накапливаются продукты ПОЛ – МДА и ДК.

Таким образом, длительное поступление в организм железа и бензола в нетоксических дозах приводит к активации процессов СРО, что проявляется снижением активности антиоксидантных ферментов на фоне накопления продуктов перекисного окисления в сыворотке и печени экспериментальных животных.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Rappaport S.M., Kim S., Thomas R. et al. Low-dose metabolism of benzene in humans: science and obfuscation. *Carcinogenesis*. 2013; 34(1): 2–9.

Fenga C., Gangemi S., Giambò F. et al. Low-dose occupational exposure to benzene and signal transduction pathways involved in the regulation of cellular response to oxidative stress. *Life Sciences*. 2016; 147: 67–70.

Premshekhara G., Nguyena K., Zhang H. et al. Low dose inflammatory potential of silica particles in human-derived THP-1 macrophage cell culture studies – Mechanism and effects of particle size and iron. *Chemico-Biological Interactions*. 2017; 272: 160–171.

THE EFFECT OF LOW DOSES OF IRON (II) SULFATE AND BENZENE ON THE PROCESSES OF FREE RADICAL OXIDATION IN THE EXPERIMENT

N.V. Sharapova, L.V. Zolina, L.V. Amelina, S.V. Ikryannikova

FGBOU VO Orenburg State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,
Russian Federation, 460000, Orenburg, 7 Park Avenue

ABSTRACT. Prolonged exposure to low doses of iron and benzene in their isolated and combined intake with drinking water leads to a decrease in the activity of antioxidant enzymes: catalase and superoxide dismutase. The described changes occur against the background of a significant increase in the content of peroxidation products in blood serum and liver homogenates - diene conjugates and malondialdehyde in the experiment in rats. With prolonged exposure, low doses of benzene and iron can lead to the development of oxidative stress.

KEYWORDS: iron, benzene, low doses, superoxide dismutase, catalase, free radical oxidation.