

Blood lead level and cognitive performance in Ukrainian schoolchildren

Background. Modern systematic review and meta-analysis of case-control studies demonstrate the large effect of lead exposure on IQ test scores in children under 12 years. The World Health Organization estimate that lead exposure causes 30% of the global burden of idiopathic intellectual disability. In this regard, in the most developed countries, for example, the United States, there are special government programs, International Lead Poisoning Prevention Weeks, which present an opportunity to initiate long-overdue reforms. In Ukraine, there are no state programs of such a scale as in the United States. Research on the study and limitation of the ecopathological effect of lead on the psychosomatic state of Ukrainian schoolchildren is still rare.

The aim of this study was to evaluate the effect of blood lead levels on cognitive sphere indexes in urban schoolchildren resident in Odesa, Ukraine.

Materials and Methods. 92 children of random sample were examined, aged 7 to 15 years. Determination of lead was carried out in heparinized venous blood by the method of atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization. According to blood lead level, the children were divided into 4 groups: 1) up to 49 $\mu\text{g/l}$, $n = 57$; 2) from 50 to 99 $\mu\text{g/l}$, $n = 16$; 3) from 100 to 149 $\mu\text{g/l}$, $n = 14$; 4) more than 150 $\mu\text{g/l}$, $n = 5$. The groups were homogeneous in terms of such indicators as age, sex of children, diseases they suffered, education and social position of parents, family wealth, peculiarities of pregnancy and childbirth by a given child in the mother. Indicators of the cognitive sphere were determined according to the methods recommended for research in children aged 7 to 15 years. The control was the first group of children.

Results. The deviation rate from the optimal level of figure recognition in children of the second group (1.38 ± 0.27) and the third group (1.43 ± 0.27) was significantly higher than in children of the first group (0.73 ± 0.12 points). The number of correctly reproduced images by children of the third group (7.86 ± 0.51) and the fourth group (7.00 ± 0.89) was significantly less than that of children of the first group (9.12 ± 0.41). Both indicators reflect the state of short-term memory. The number of words memorized by Luria's method, reproduced after 1 hour, was significantly less in schoolchildren of the second group (7.87 ± 0.37), the third group (6.50 ± 0.57), the fourth group (6.20 ± 1.07) than in schoolchildren of the first group (8.77 ± 0.14). This indicator reflects the state of long-term memory. The concentration of attention on the Bourdon test in children of the third group (85.6 ± 18.4 c.u.) was significantly lower than in children of the first group (126.9 ± 12.8 c.u.). Children of the same group worked longer with the Gorbov table (283.0 ± 22.6 s) compared to children of the first group (221.1 ± 9.2 s). Schoolchildren of the second and third groups showed worse results of attention tests compared to the first group, such as the indicator of switching attention on the Bourdon test (respectively $67.64 \pm 4.06\%$ and $71.84 \pm 3.17\%$ vs. $83.34 \pm 2.14\%$), the number of errors when working with the Gorbov table (respectively 2.87 ± 0.54 and 3.00 ± 0.64 against 1.16 ± 0.14), the time of switching attention (respectively 131.8 ± 12.3 s and 146.9 ± 17.5 s versus 101.7 ± 6.3 s). In addition, the number of uncorrected errors in the Halperin, Kabylytskaya test was higher in children of the third group (4.92 ± 0.64) and the fourth group (4.80 ± 0.80) than in children of the first group (2.87 ± 0.26).

Conclusion. Increasing the level of lead in the blood of Ukrainian schoolchildren negatively



affects their cognitive sphere, impairing short-term and long-term memory, reducing concentration, and slowing down the rate of switching attention.

РІВЕНЬ СВИНЦЮ В КРОВІ ТА КОГНІТИВНІ ПОКАЗНИКИ В УКРАЇНСЬКИХ ШКОЛЯРІВ

ВСТУП. Століття людської діяльності, особливо житлової та транспортної практики, розігнали сотні мільйонів тон свинцю в наших міських районах [1]. Отруєння свинцем відноситься до числа найбільш значущих факторів, що впливають на ріст і функціональний розвиток дітей [2]. Особливо несприятливим є вплив свинцю на психічну функцію. Зокрема, новий систематичний огляд і мета-аналіз досліджень типу «випадок-контроль» демонструють значний негативний ефект свинцю на результати тесту IQ у дітей до 12 років [3]. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я, вплив свинцю викликає 30% глобального тягаря ідіопатичних інтелектуальних розладів [4]. У зв'язку з цим у найбільш розвинених країнах, наприклад, США, існують спеціальні державні програми, проводяться Міжнародні тижні профілактики отруєнь свинцем, які дають можливість ініціювати давно назрілі реформи [5]. В Україні немає державних програм такого рівня, як у США. Дослідження з вивчення та обмеження екопатологічного впливу свинцю на психосоматичний стан українських школярів поки що рідкісні.

Метою дослідження була оцінка впливу рівня свинцю в крові на показники когнітивної сфери у школярів, які проживають у місті Одеса.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ. У дослідженні взяли участь 92 дитини випадкової вибірки віком 7-15 років. Включення дітей до дослідження здійснювалося за умови інформованої згоди батьків дітей після надання детальної інформації про порядок і мету роботи.

Визначення свинцю проводилося в гепаринованій венозній крові методом атомно-абсорбційної спектроскопії з електротермічною атомізацією після вологої мінералізації проб. За рівнем свинцю в крові дітей поділяли на 4 групи: 1) до 49 мкг/л, n = 57; 2) від 50 до 99 мкг/л, n = 16; 3) від 100 до 149 мкг/л, n = 14; 4) більше 150 мкг/л, n = 5. Перша група була контрольною. Відомо, що на досліджувані показники може впливати не тільки рівень свинцю в крові, а й, у першу чергу, вік, стать дітей, перенесені ними захворювання, освіта і соціальне становище батьків, сімейний достаток, особливості вагітності та пологів даною дитиною в матері. Для встановлення однорідності за цими факторами обраних груп дітей був розрахований критерій χ^2 . Цей метод, який ще називають «аналізом пропорцій», дозволяє встановити статистичну рівномірність чи нерівномірність розподілу тих чи інших ознак по групах. Розрахунки критерію χ^2 показали, що групи були однорідними, звідси відмінності в даних когнітивної сфери можна було пояснити в даному випадку тільки іншим рівнем свинцю в крові.

Показники когнітивної сфери визначалися за методиками, рекомендованими для вивчення у дітей віком від 7 до 15 років [6]. Використовувалися 4 групи тестів: А – для дослідження пам'яті; Б – для дослідження уваги; В – для вивчення особливостей процесу мислення; Г – для вивчення рис особистості. Дослідження короткочасної пам'яті проводилися за впізнаванням фігур і за запам'ятовуванням чисел і образів. Оцінка рівня впізнавання цифр здійснювалася за відхиленням від оптимального значення (одиниця) і виражалася в балах: 0 балів – відхилення не було; 1 бал – відхилення до 0,5 одиниць; 2 бали – відхилення від 0,51 до 1,00; 3 бали – відхилення від 1,01 і більше. Довгострокова пам'ять оцінювалася шляхом запам'ятовування 10 слів за методикою А.Р.Лурія. Досліджуючи увагу, ми використали тест на вичитування (тест Бурдона), таблиці Шульте та чорно-червону таблицю Горбова. Показник переключення уваги (ППУ) в тесті Бурдона розраховувався за формулою: $ППУ = 100 - P_{\text{пом.}} / P_{\text{заг.}} \times 100$, де $P_{\text{пом.}}$ –

кількість помилково оброблених рядків; $P_{\text{заг.}}$ - загальна кількість рядків у цьому завданні. Результати були виражені у відсотках. Час переключення уваги визначався як різниця між часом роботи з таблицею Горбова і загальним часом роботи з першою і другою таблицями Шульте. У дітей після 9 років проводився також тест П.Я. Гальперіна і С.Л. Кабилицької. Для вивчення мислення у дітей після 10 років використовувався тест на пошук простих аналогій. Дослідження рис особистості проводилось у дітей після 10 років за допомогою опитувальника Айзенка.

Отримані дані піддавалися статистичній обробці за допомогою t-тесту. Достовірними вважалися відмінності при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Дані, отримані в результаті проведеного дослідження, представлені в таблиці.

Таблиця. Показники когнітивної сфери у дітей різних груп

| Показники \ групи | 1 група | 2 група | 3 група | 4 група |
|---|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Відхилення від оптимального рівня впізнавання фігур, балів | 0,73±0,12 | 1,38±0,27* | 1,43±0,27* | 1,40±0,51 |
| Кількість правильно відтворених чисел | 3,75±0,23 | 3,67±0,20 | 3,57±0,31 | 3,80±0,37 |
| Кількість правильно відтворених образів | 9,12±0,41 | 8,19±0,54 | 7,86±0,51* | 7,00±0,89* |
| Кількість слів, завчених за методом Лурія, відтворених через 1 год. | 8,77±0,14 | 7,87±0,37* | 6,50±0,57* | 6,20±1,07* |
| Концентрація за тестом Бурдона, ум.од. | 126,9±12,8 | 117,1±21,1 | 85,6±18,4* | 99,8±14,9 |
| Швидкість переключення уваги за тестом Бурдона, % | 83,34±2,14 | 67,64±4,06* | 71,84±3,17* | 71,17±6,43 |
| Середній час роботи з таблицями Шульте, с | 58,38±3,41 | 60,33±5,38 | 64,46±6,94 | 63,56±4,43 |
| Час роботи з таблицею Горбова, с | 221,1±9,2 | 243,9±18,7 | 283,0±22,6* | 282,0±38,8 |
| Кількість допущених помилок при роботі з таблицею Горбова | 1,16±0,14 | 2,87±0,54* | 3,00±0,64* | 3,40±1,33 |
| Час переключення уваги, с | 101,7±6,3 | 131,8±12,3* | 146,9±17,5* | 150,8±27,2 |
| Кількість невіправлених помилок у тесті Гальперіна, Кабилицької | 2,87±0,26(n=53) | 3,21±0,42(n=14) | 4,92±0,64*(n=12) | 4,80±0,80*(n=5) |
| Кількість помилок при знаходженні аналогій | 2,60±0,40(n=52) | 2,50±0,49(n=14) | 2,91±0,68(n=11) | 3,25±0,85(n=4) |

Примітка. * - Різниця достовірна ($p < 0,05$) з показниками першої групи.

Як ми бачимо з таблиці, найбільша кількість достовірних відмінностей з контролем спостерігалася у третьої групи дітей, де вміст свинцю в крові коливався від 100 до 149 мкг/л. Відносно меншу кількість достовірних змін у школярів четвертої групи можна пояснити її

невеликою кількістю, через що яскраво виражені тенденції не змогли досягти ступеня достовірності при статистичній обробці.

Аналіз тесту на вивчення *рис особистості* (опитувальник Айзенка) не виявив істотних відмінностей між групами дітей за шкалами інтро- і екстраверсії і нейротизму. Тому його результати в таблицю не включалися.

Аналіз результатів тестів на дослідження пам'яті показав, що рівень впізнавання у дітей другої і третьої груп відрізнявся від оптимального значення більше, ніж у дітей першої, контрольної групи. При цьому кількість правильно відтворених образів школярами третьої і четвертої груп була значно меншою, ніж у дітей першої групи. Це свідчить про погіршення *короткочасної пам'яті* [6] у дітей з більш високими концентраціями свинцю в крові, в порівнянні з тими, в яких ці концентрації були найнижчими. Значне зменшення кількості слів, що запам'ятовуються за методом А.Р.Лурія, відтворених через 1 годину, було виявлено у дітей 2-4 груп. Це свідчить про відносно погіршення *довгострокової пам'яті* [6] у дітей з більш високими концентраціями свинцю в крові.

Аналіз показників тестів для дослідження уваги також виявив достовірні відмінності між різними групами дітей. Так, *концентрація уваги* за тестом Бурдона була значно гіршою у дітей третьої групи, ніж у дітей першої групи. Швидкість *переключення уваги* була нижчою як у тій же групі, так і в другій групі, порівняно з показником у першій групі. Діти третьої групи достовірно довше працювали з таблицею Горбова, при цьому допускаючи і більше помилок. Останній показник був достовірно зміненим у другій групі дітей. Час переключення уваги, визначений за допомогою таблиць Горбова і Шульте, також значно збільшувався в дітей 2-4 груп у порівнянні з аналогічним показником першої групи. Це може свідчити про відносно зниження рухливості процесів нервової системи [6] у дітей при збільшенні вмісту свинцю в організмі. Кількість невіправлених помилок в тесті П.Я. Гальперіна і С.Л. Кабилицької була більшою в дітей третьої і четвертої груп. Це свідчить про певне зниження *рівня уваги* [6] у цих дітей в порівнянні з дітьми першої групи.

Аналіз тесту на вивчення *мислення* показав, що в усіх досліджуваних дітей логічні форми мислення переважали над наочними. Однак кількість помилок у знаходженні аналогій мала тенденцію до збільшення зі збільшенням рівня свинцю в крові. Це свідчить про меншу стійкість, більшу вразливість процесу мислення і більшу втомлюваність [6] у цих дітей.

Результати нашого дослідження підтвердили раніше встановлений зв'язок між рівнем свинцю в крові та когнітивними порушеннями у дітей [1-5]. У тому числі, доведений у новому систематичному огляді і мета-аналізі типу «випадок-контроль», здійсненому вченими з різних країн світу [3].

ВИСНОВОК. Підвищення рівня свинцю в крові українських школярів негативно впливає на їх когнітивну сферу, погіршуючи короткочасну і довгострокову пам'ять, знижуючи концентрацію уваги, сповільнюючи її переключення.

Посилання

1. Levin R, Zilli Vieira CL, Rosenbaum MH, Bischoff K, Mordarski DC, Brown MJ. The urban lead (Pb) burden in humans, animals and the natural environment. *Environ Res.* 2021 Feb;193:110377. doi: 10.1016/j.envres.2020.110377. Epub 2020 Oct 28. PMID: 33129862; PMCID: PMC8812512. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110377>
2. Nowak-Szczepanska N, Gomula A, Sebastjan A, Ignasiak Z, Malina RM, Kozielec S. Blood Lead Level and Handgrip Strength in Preadolescent Polish Schoolchildren. *Toxics.* 2022 Oct 27;10(11):646. doi: 10.3390/toxics10110646. PMID: 36355938; PMCID: PMC9693293. <https://doi.org/10.3390/toxics10110646>
3. Heidari S, Mostafaei S, Razazian N, Rajati M, Saeedi A, Rajati F. The effect of lead exposure



- on IQ test scores in children under 12 years: a systematic review and meta-analysis of case-control studies. *Syst Rev.* 2022 May 30;11(1):106. doi: 10.1186/s13643-022-01963-y. PMID: 35637522; PMCID: PMC9150353. <https://doi.org/10.1186/s13643-022-01963-y>
4. The public health impact of chemicals: knowns and unknowns - data addendum for 2019. 6 July 2021. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HEP-ECH-EHD-21.01>
 5. Jacobs D.E., Brown M.J. Childhood Lead Poisoning 1970-2022: Charting Progress and Needed Reforms. *Journal of public health management and practice: JPHMP* 2022. DOI: 10.1097/PHH.0000000000001664. PMID 36442070. EISSN 15505022 (electronic). <https://doi.org/10.1097/PHH.0000000000001664>
 6. Римская Р., Римский С. Практическая психология в тестах, или Как научиться понимать себя и других. М.: АСТ-Пресс, 2007. 393 с. ISBN 978-5-462-00741-5