

О. П. Шармазанова, Ю. Я. Федулєнкова, О. В. Волковська*Навчально-науковий медичний інститут Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна.***ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ДЕНСИТОМЕТРІЇ У ДІТЕЙ***Анотація*

Вступ. Вимірювання мінеральної щільності кісткової тканини, яка на 70–80 % відображає її міцність, є основним методом для прогнозування ризику переломів у людей старшого віку, для чого в останні роки з успіхом використовується ультразвукова денситометрія (УЗДМ), яка дозволяє не тільки діагностувати остеопороз, але й прогнозувати ризик розвитку переломів.

Мета. Дослідити доцільність використання УЗДМ у дітей.

Матеріали та методи. Було обстежено 85 дітей із переломами (29 дівчаток та 56 хлопчиків) у віці від 5 до 16 років (основна група) і 295 дітей (179 дівчаток і 116 хлопчиків) у віці від 8 до 17 років (група порівняння). Дослідження проводили на ультразвуковому денситометрі «Achilles+», визначаючи наступні параметри: швидкість проходження ультразвуку, широкосмугове ослаблення ультразвуку, індекс міцності, показник Z. Статистичну обробку матеріалу проводили за допомогою комп'ютерної програми STATISTICA 6.1. для оцінки достовірності та похибки вимірювань.

Отримані результати. Остеопенія в контрольній групі визначалася у 17,1 %, в основній – в 28,2 %, остеопороз – у 4,3 і 23 % відповідно, тобто у 51,2 % дітей із переломами виявлено недостатню міцність кісткової тканини за даними УЗДМ.

Висновки. В результаті дослідження встановлено, що УЗДМ є об'єктивним методом вивчення структурно-функціонального стану кісткової тканини, а також міцності кісток у дітей, в тому числі й з переломами. УЗДМ доцільно використовувати у дітей при профілактичних оглядах для визначення групи ризику з розвитку остеопенії/остеопорозу. Переломи кісток у дитячому віці частіше спостерігаються на фоні зниженої міцності кісткової тканини відповідно віку.

Ключові слова: діти, ультразвукова денситометрія, переломи, остеопенія, остеопороз.

О. Sharmazanova, Yu. Fedulenkova, O. Volkovska*Educational and Scientific Medical Institute of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine.*

UDC: 616-073.432.19:616.71

POSSIBILITIES OF ULTRASOUND DENSITOMETRY IN ATUDYING OF BONE DENSITY IN CHILDREN*Summary*

Introduction. Measuring bone mineral density, which reflects bone strength by 70–80%, is the main method for predicting the risk of fractures in older people, and in recent years, ultrasound densitometry (USD) has been successfully used to not only diagnose osteoporosis but also predict the risk of fractures.

Purpose of the study was to investigate the feasibility of USD in children.

Materials and methods. We examined 85 children with fractures (29 girls and 56 boys) aged 5 to 16 years (main group) and 295 children (179 girls and 116 boys) aged 8 to 17 years (comparison group). The study was performed on an ultrasonic densitometer "Achilles+", determining the following parameters: ultrasound transmission speed, broadband ultrasound attenuation, strength index, Z-score. Statistical processing of the material was performed using the computer program STATISTICA 6.1. to assess the reliability and error of measurements.

The studies were conducted in compliance with the main provisions of the Rules for Ethical Principles for Scientific Medical Research Involving Human Subjects approved by the Declaration of Helsinki, Good Clinical Practice, the European Economic Union Directive, and orders of the Ministry of Health of Ukraine No. 690 of September 23, 2009, No. 944 of December 14, 2009, and No. 616 of August 03, 2012.

The results. Osteopenia was detected in 17.1% in the control group, 28.2% in the main group, and osteoporosis in 4.3 and 23%, respectively, i.e. 51.2% of children with fractures had insufficient bone strength according to the USD.

Conclusions. The study found that USD is an objective method for studying the structural and functional state of bone tissue, as well as bone strength in children, including those with fractures. It is advisable to use DXA in children during preventive examinations to determine the risk group for the development of osteopenia/osteoporosis. Bone fractures in childhood are more often observed against the background of reduced bone strength in accordance with age.

Keywords: children, ultrasonic densitometry, fractures, osteopenia, osteoporosis.

Вступ. Травматичні пошкодження скелета в дітей займають перше місце серед патології кістково-суглобової системи, без тенденції до зниження [1, 2].

Епідеміологічні дослідження переломів показали, що розподіл їх частоти має бімодальний характер із піками в молодому та похилому віці [3]. Частота переломів в дитячому віці значно перевищує аналогічні дані у людей зрілого віку, досягаючи попередньої частоти у чоловіків лише після 75 років, у жінок – після 50. Встановлено, що причиною піка переломів в похилому віці є розвиток остеопорузу (ОП), який призводить до зниження міцності кісткової тканини. За даними літератури відомо, що формування кісткової тканини починається з дитячого віку, набуваючи піку кісткової маси в 20–25 років [3, 4], тобто, чим краще будуть її показники у дітей та підлітків, тим менше в подальшому в дорослих передумов до розвитку ОП [5, 6]. В той же час вважається, що переломи, які формують ранній пік (на відміну від пізнього) не пов'язані з ОП. Причому, за даними літератури, причиною більше 1/3 переломів у молодих людей є розваги і заняття спортом, а 1/5 – пов'язана з пошкодженнями типу роздавлювання. Так як сили, які приводять до цих переломів значні, то, рідко виникає питання про міцність кістки [7–9].

В той же час відомо, що переломи дистального відділу передпліччя (або хребта) які займають у дітей (як і у дорослих) перше місце за частотою, можуть виникнути не тільки при спортивній, але й при звичайній («низькоенергетичні») травмі, такий, наприклад, як падіння дитини з висоти його росту, що у дорослих розцінюється як ознака ОП перелому. Крім того, не у всіх дітей, навіть при значних травмах виявляється порушення цілості кісток, тому

питання про міцність кісткової тканини в дітей і зростання частоти переломів у певних вікових групах залишається відкритим.

За даними літератури доведено, що вимірювання мінеральної щільності кісткової тканини, яка на 70–80 % відображає її міцність, є основним методом для прогнозування ризику переломів у людей старшого віку, для чого в останні роки з успіхом використовується ультразвукова денситометрія (УЗДМ), яка дозволяє не тільки діагностувати ОП, але й прогнозувати ризик розвитку переломів [3, 5, 10, 11]. Однак, застосування УЗДМ у дітей тільки започатковується.

Мета дослідження. Дослідити доцільність використання УЗДМ у дітей.

Матеріали та методи. Обстежено 85 дітей з наявними переломами (29 дівчаток та 56 хлопчиків) у віці від 5 до 16 років – основна група та 295 дітей (179 дівчаток і 116 хлопчиків) однієї із шкіл м. Харкова у віці від 8 до 17 років – група порівняння. Дослідження проводили на ультразвуковому денситометрі «Achilles +», визначаючи наступні параметри:

- швидкість поширення ультразвуку (ШПУ, м/с), яка залежить від щільності і еластичності кістки;

- широкосмугове ослаблення ультразвуку (ШОУ, дБ/МГц), яке відображає щільність кістки, кількість, розміри та просторову орієнтацію трабекул;

- індекс міцності кісткової тканини (ІМ, %), який розраховується автоматично на основі показників ШПУ і ШОУ [5];

- Т-критерій – кількість стандартних відхилень вище чи нижче середнього показника піку кісткової маси молодих жінок (Т-критерій знижується паралельно

з поступовим зменшенням кісткової маси при збільшенні віку);

- Z-критерій – являє собою кількість стандартних відхилень вище чи нижче середнього показника для осіб аналогічного віку.

Згідно з рекомендаціями ВООЗ, діагностика остеопенії (ОПє)/ОП у дітей ґрунтується на підставі Z-критерію.

Інтерпретація результатів дослідження мінеральної щільності кісткової тканини (рівень доказовості А): норма: $+2,5-(-1)$ стандартного відхилення (standard deviation, SD); ОПє: $-1-(-2,5)$ SD; ОП: менше $-2,5$ SD.

Перевагами УЗДМ перед іншими методами визначення щільності кісток є швидкість дослідження та висока точність при відсутності променевого навантаження [4, 5, 8], що на наш погляд особливо важливо для дитячого віку.

Дослідження виконані з дотриманням основних положень Правил етичних принципів проведення наукових медичних досліджень за участю людини, затверджених Гельсінською декларацією (1964–2013 pp.), Належної клінічної практики (Good clinical practice) (1996 p.),

Директиви Європейського економічного союзу від 24.11.1996 р. № 609, наказів МОЗ України від 23.09.2009 р. № 690, від 14.12.2009 р. № 944, від 03.08.2012 р. № 616.

Статистичну обробку матеріалу проводили за допомогою комп'ютерної програми STATISTICA 6.1. для оцінки достовірності та похибки вимірювань.

Результати та обговорення.

Отримані дані УЗДМ у дітей подано в табл. 1, 2. У дітей групи порівняння відзначено достатньо рівномірне зростання показника ІМ із 9 до 16 років (від 1 до 4 % щорічно), що свідчить про поступове формування кісткової тканини та збільшення її міцності. Аналогічно ШОУ, починаючи з 9 до 17 років ШПУ навпаки, не мала такої тенденції – то збільшуючись, то знижуючись, що може свідчити про циклічність процесів мінералізації кісткової тканини. Показники УЗДМ у хлопчиків вірогідно не відрізнялися від таких у дівчаток, виключаючи 13 і 16 років, коли визначався різкий приріст ІМ і ШОУ.

Таблиця 1. Показники УЗДМ у дівчаток основної та групи порівняння залежно від віку ($M \pm SD$)

Вік, років	ШПУ, м/с		ШОУ, дБ/МГц		ІМ, %	
	основна	порівняння	основна	порівняння	основна	порівняння
5	1544	–	91	–	73	–
7	$1546 \pm 11,7$	–	$85,25 \pm 5,8$	–	$69,75 \pm 6,7$	–
8	$1538,7 \pm 12,5$	$1556 \pm 14,3$	$88,3 \pm 5,44$	$91,4 \pm 5,6$	$69,7 \pm 6,9$	$82,4 \pm 6,6$
9	$1526 \pm 2,0^{***}$	$1572,6 \pm 18,8$	96 ± 0	$97,7 \pm 5$	$71,5 \pm 0,5^{***}$	$86,5 \pm 8,1$
10	$1549,4 \pm 20,8$	$1557,8 \pm 16,5$	$90,4 \pm 5,5^*$	$101 \pm 7,4$	$74,4 \pm 5,8^{***}$	$83,2 \pm 8,5$
11	$1564,2 \pm 11,0$	$1570,6 \pm 14,5$	$98,4 \pm 3,9$	$101,8 \pm 8,5$	$83,4 \pm 2,9$	$87,5 \pm 8,2$
12	1565	$1567,9 \pm 18,2$	94^{***}	$104,2 \pm 10$	81 ***	$88,5 \pm 10$
13	$1553 \pm 8,8^{***}$	$1579,8 \pm 20,1$	$96,2 \pm 4,26^{**}$	$106,3 \pm 6,1$	$78,8 \pm 5,3^{**}$	$90,2 \pm 8,5$
14	$1570,5 \pm 2,5$	$1571,7 \pm 17,9$	$103,4 \pm 7,6$	$108,4 \pm 7$	$88,5 \pm 0,5^*$	$92,3 \pm 8$
15	1575	$1581,2 \pm 21,4$	100^{**}	$110,9 \pm 8,5$	88^{**}	$96,5 \pm 10$
16	–	$1591,1 \pm 25,8$	–	$111,3 \pm 12,6$	–	$99,6 \pm 13,7$
17	–	$1573 \pm 25,3$	–	$115,8 \pm 11$	–	$97,5 \pm 13,8$

Примітки: М – середнє значення, SD – стандартне відхилення, * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

Таблиця 2. Показники УЗДМ у хлопчиків основної та групи порівняння залежно від віку ($M \pm SD$)

Вік, років	ШПУ, м/с		ШОУ, дБ/МГц		ІМ, %	
	основна	порівняння	основна	порівняння	основна	порівняння
5	1544,5 $\pm$ 3,5	–	88,5 $\pm$ 1,5	–	70,5 $\pm$ 2,5	–
6	1550 $\pm$ 6	–	87 $\pm$ 2	–	72 $\pm$ 0,0	–
7	1551,5 $\pm$ 12,5	–	85,5 $\pm$ 5,5	–	71 $\pm$ 7,0	–
8	1533,4 $\pm$ 18,5	–	87 $\pm$ 10,1	–	67 $\pm$ 11,5	–
9	1542,1 $\pm$ 19	1554 $\pm$ 16,3	91,6 $\pm$ 6,5*	98 $\pm$ 4,4	72,7 $\pm$ 9,3**	80,8 $\pm$ 5,0
10	1555,3 $\pm$ 22,4	1562,5 $\pm$ 19	94,3 $\pm$ 7,85	100,3 $\pm$ 11	80,2 $\pm$ 10,9*	84,2 $\pm$ 10,2
11	1539 $\pm$ 9**	1571,9 $\pm$ 23,8	95 $\pm$ 7*	103,5 $\pm$ 7	74,5 $\pm$ 7,5*	88,9 $\pm$ 10,6
12	1555,2 $\pm$ 26,7	1564,2 $\pm$ 20,1	96,8 $\pm$ 9,8*	103,6 $\pm$ 4,4	86,1 $\pm$ 19,2	87 $\pm$ 7,0
13	1557,9 $\pm$ 23,1*	1586,3 $\pm$ 22,2	99,7 $\pm$ 6,7**	111,5 $\pm$ 10	82,3 $\pm$ 9,2**	98,3 $\pm$ 11,3
14	1565,1 $\pm$ 10,7	1576,3 $\pm$ 20,3	103,1 $\pm$ 8,7*	110,4 $\pm$ 7,6	86,6 $\pm$ 6,4**	94,8 $\pm$ 8,7
15	1590,5 $\pm$ 21,5	1581,5 $\pm$ 18,6	117 $\pm$ 8	111,4 $\pm$ 12	103,5 $\pm$ 0,5	97 $\pm$ 12,1
16	1577,5 $\pm$ 31,5	1595,2 $\pm$ 26	117,5 $\pm$ 8,5	126,4 $\pm$ 11,2	100 $\pm$ 20,0	111 $\pm$ 14,0
17	–	1596,6 $\pm$ 32,5	–	118,4 $\pm$ 12,2	–	106 $\pm$ 16,5

Примітки: М – середнє значення, SD – стандартне відхилення, * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

У дівчаток основної групи показники УЗДМ наростали нерівномірно, на відміну від контролю. ШПУ в дівчаток має вірогідні відмінності тільки в 9 і 13 років, ШОУ – в 12 і 13 років, ІМ вірогідно відрізнявся у всіх вікових групах, крім 11 років. Причому, всі показники ІМ (за виключенням віку 14 років) були нижче показників групи порівняння 9 років, що, очевидно, свідчить про затримку формування кісткової тканини та, як наслідок, зниження її міцності у дівчаток з переломами.

У хлопчиків ШПУ вірогідно відрізняється в 11 і 13 років, ШОУ – в 12, 13 і 14, решта показників, хоча й мають в основній групі більш низькі величини, але коливання їх частково перекривають один одного, що не дозволяє виявити вірогідних відмінностей. Однак, ІМ в основній групі хлопчиків вірогідно нижче, ніж в групі порівняння (починаючи з 9 років), а рівень його в основній групі і в 14 років відповідає віку 10 років дітей контрольної групи. У віці від 5 до 9 років

у хлопчиків із переломами практично не відзначалося наростання ІМ та інших показників УЗДМ, що вказує на затримку у них розвитку кісткової тканини.

Низькоенергетичні переломи в дівчаток визначалися в 86,2 %, у хлопчиків – в 66,1 %, високоенергетичні – 13,8 і 33,9 % відповідно. Показники ІМ при низько- та високоенергетичних переломах у хлопців вірогідно відрізнялися в усіх вікових групах, різниця показників подана на рис. Тому, збільшення ІМ у хлопців із переломами в 15 і 16 років пояснюється тим, що причиною травм у них були високоенергетичні переломи, такі, як падіння з висоти більше 2 м або спортивні травми. ОПе (тобто відхилення показника ІМ від середніх значень від 1 до 2,5 SD) в групі порівняння визначалася у 17,1 %, в основній – в 28,2 %; ОП (відхилення більше ніж на 2,5 SD) – в 4,3 і 23 % відповідно. Таким чином, у 51,2 % дітей із переломами виявлена недостатня міцність кісткової тканини.

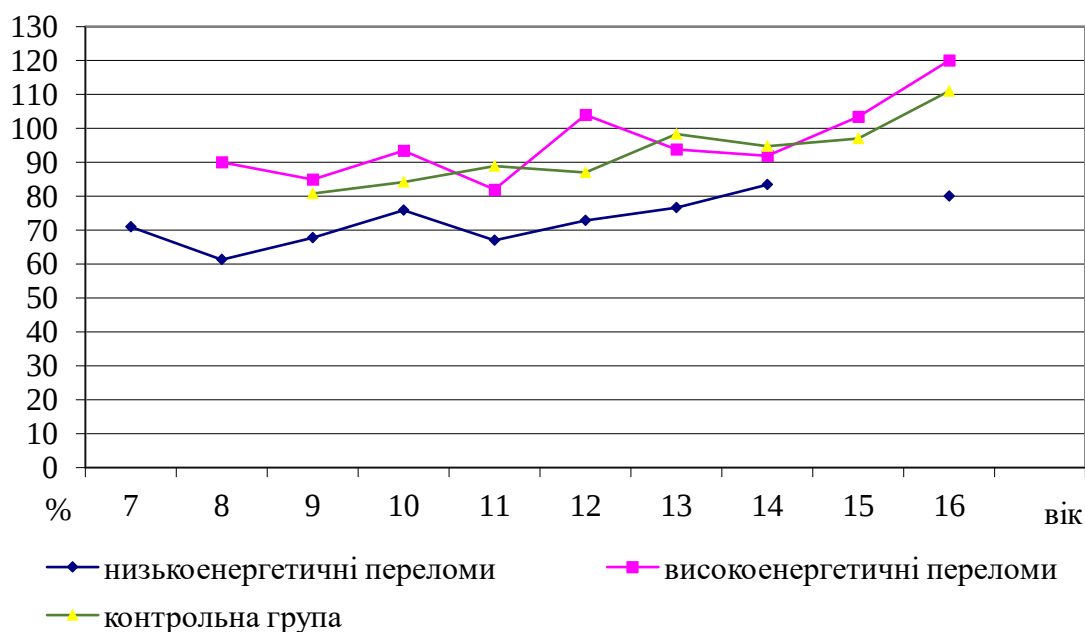


Рис. Значення ІМ у хлопчиків з низько- і високоенергетичними переломами.

Дітей групи порівняння зі зниженими показники УЗДМ було виділено в групу ризику по розвитку ОП в майбутньому. Крім того, що їм показано профілактичне лікування недостатності кісткової тканини, рекомендовано й додаткове клінічне дослідження для виявлення можливих причин такого стану, оскільки жодних явних захворювань у них не виявлено.

Травматичні пошкодження скелета (переломи) визначалися в анамнезі в 16,8 % дітей групи порівняння (14,2 % – дівчатка та 20,7 – хлопчики). В дітей із групи ризику переломи в анамнезі зустрічалися вірогідно частіше – в 36 % випадків (у дівчаток – 33,3 % та в хлопчиків – 40).

Висновки.

1. УЗДМ – об'єктивний метод вивчення структурно-функціонального стану кісткової тканини, а також міцності

кісток у дітей.

2. УЗДМ доцільно використовувати в дітей при профілактичних оглядах для визначення групи ризику з розвитку ОПе/ОП.

3. Переломи кісток у дитячому віці частіше спостерігаються на фоні зниженої міцності кісткової тканини відповідно віку.

Фінансування та конфлікт інтересів. Автори заявляють про повну відсутність конфлікту інтересів.

Джерело фінансування: власні кошти авторів.

Публікаційна етика. Пацієнти були включені в дослідження після отримання інформованої згоди. Дослідження відповідало міжнародним етичним стандартам біометричних досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гайко В. Г. Стан ортопедо-травматологічної допомоги в Україні та пріоритетні напрямки її удосконалення. Збірник наукових праць XIII з'їзду ортопедів-травматологів України. Київ – Донецьк, 2001. С. 5–8.
2. Корж А. А., Бондаренко Н. С. Повреждения костей и суставов у детей. Харків :

Прапор, 1994. 445 с.

3. Поворознюк В. В. Ультразвукова денситометрія в оцінці структурно-функціонального стану кісткової тканини. Проблеми остеології. 1999. № 2 (3). С. 35–45.

4. Ізюмець О. І., Левенець В. М., Гладкова О. І., та ін. Заходи з виявлення остеопенії у дітей та підлітків. Современная педиатрия. 2016. № 5 (77). С. 30–32. doi: <https://doi.org/10.15574/sp.2016.77.30>.

5. Abdelsalam M., Fathy A., Elrefaey M., et al. Bone mineral density in Egyptian children with juvenile idiopathic arthritis: possible correlation to serum RANKL/osteoprotegerin (OPG) ratio and OPG gene polymorphisms. Pediatric Rheumatology. 2023. Vol. 21 (1). P. 58. doi: <https://doi.org/10.1186/s12969-023-00843-6>.

6. Al-Agha A. E., Shabana A., Ahmed S., et al. Determinants of bone mineral density through quantitative ultrasound screening of healthy children visiting ambulatory paediatric clinics. Saudi Medical Journal. 2019. Vol. 40 (6). P. 560–567. doi: <https://doi.org/10.15537/smj.2019.6.24258>.

7. Hanafy N. M., Ibrahim S. M., El-Deeb M. M., et al. Bone mineral density and risk factors of osteoporosis in children. Egyptian Rheumatologist. 2022. Vol. 44 (3). P. 257–260. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejr.2021.08.007>.

8. Ferjani H. L., Aloui A., Chouchane H., et al. Pediatric and adult osteoporosis: a contrasting mirror. Annals of Pediatric Endocrinology & Metabolism. 2024. Vol. 29 (1). P. 12–18. doi: <https://doi.org/10.6065/apem.2346028.002>.

9. Jang M. J., Hwang J. S., Kim D. H., et al. Factors affecting bone mineral density in children and adolescents with secondary osteoporosis. Annals of Pediatric Endocrinology & Metabolism. 2023. Vol. 28 (1). P. 34–41. doi: <https://doi.org/10.6065/apem.2244026.013>.

10. Hans D., Fuerst T., Duboeuf F., et al. Quantitative ultrasound bone measurement. European Radiology. 1997. Vol. 7 (Suppl. 2). P. 43–50. doi: <https://doi.org/10.1007/pl00006954>.

11. Madhuchani D., Seneviratne S. N., Ward L. M. Bone health in childhood and adolescence: an overview on dual-energy X-ray absorptiometry scanning, fracture surveillance and bisphosphonate therapy for low- and middle-income countries. Frontiers in Endocrinology. 2023. Vol. 14. Art. 1082413. doi: <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1082413>.

Надійшла до редакції 14.05.2024

Прийнята до опублікування 19.06.2024

Інформація про авторів (Information about the authors)

Шармазанова Олена Петрівна, докторка медичних наук, професорка, Навчально-науковий медичний інститут Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», завідувачка кафедри радіології; Харків, Україна.

Sharmazanova Olena, Doctor of Medical sciences, Professor, Educational and Scientific Medical Institute of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Head of the Department of Radiology; Kharkiv, Ukraine.

E-mail: olena.sharm@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1578-6715> A, B, C, D, E, F

Федуленкова Юлія Янівна, кандидатка медичних наук, доцентка, Навчально-науковий медичний інститут Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», доцентка кафедри радіології; Харків, Україна.

Fedulenkova Yuliia, Candidate of Medical sciences, Associate professor, Educational and Scientific Medical Institute of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor of the Department of Radiology; Kharkiv, Ukraine.

E-mail: yulia.fedulenkova@khp.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0001-8599-9500> ^{D, E, F}

Волковська Олена Володимирівна, Навчально-науковий медичний інститут Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», асистентка кафедри радіології; Харків, Україна.

Volkovska Olena, Educational and Scientific Medical Institute of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Assistant Professor of the Department of Radiology; Kharkiv, Ukraine.

E-mail: volkovska22@gmail.com ^{D, E, F}

-
- | | |
|----------|---|
| A | – Концепція та дизайн роботи (Work concept and design) |
| B | – Збір та аналіз даних (Data collection and analysis) |
| C | – Відповідальність за статистичний аналіз (Responsibility for statistical analysis) |
| D | – Написання статті (Writing the article) |
| E | – Критичний огляд статті (Critical review) |
| F | – Остаточне затвердження статті (Final approval of the article) |
-

Відповідальний автор:

Шармазанова Олена Петрівна, докторка медичних наук, професорка, Навчально-науковий медичний інститут Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», завідувачка кафедри радіології.

✉ Україна, 61000, м. Харків, вул. Пушкінська, 79/1.

E-mail: olena.sharm@gmail.com

Шармазанова О. П., Федуленкова Ю. Я., Волковська О. В. Доцільність використання ультразвукової денситометрії у дітей. *Вісник медицини, психології та фармації*. 2024. № 2. С. 23–29.
doi: <https://doi.org/10.20998/BMPP.2024.02.03>