

УДК 616.075.73+616:849-053.2  
DOI: 10.15587/2519-4798.2017.109299

## ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ МІНЕРАЛЬНОЇ ЩІЛЬНОСТІ СТЕГНОВОЇ КІСТКИ ЗА ДАНИМИ РЕНТГЕНІВСЬКОЇ ДЕНСИТОМЕТРІЇ У ДІТЕЙ РАНЬОГО ВІКУ

© О. П. Шармазанова, Л. О. Авер'янова, Т. О. Арсенідзе

*Метою дослідження було визначення показників мінеральної щільності стегнової кістки за даними рентгенівської денситометрії у дітей раннього віку в нормі і при дисплазії кульшового суглоба. За допомогою розробленої програми „OsteoGraf-child” вперше були встановлені показники вікової норми мінеральної щільності губчатої речовини та кортикального шару стегнової кістки, а також визначено зміну цих показників при консервативному лікуванні дисплазії кульшового суглоба*

**Ключові слова:** мінеральна щільність стегнової кістки, рентгенівська денситометрія, діти раннього віку

### 1. Вступ

Оцінка стану кісткової тканини на сучасному етапі базується на лабораторно-інструментальних та променевих методах [1]. Серед променевих методів дослідження для визначення мінеральної щільності кісткової тканини (МЩКТ) «золотим стандартом» є двоенергетична рентгенівська абсорціометрія. При денситометричній оцінці МЩКТ використовуються еталони мінеральної щільності кісткової тканини білої раси громадян США, встановлені в комп'ютерних програмах фірм, які виробляють остеоденситометри [2]. Однак більшість денситометрів розраховані на дослідження дітей старше 5–7 років, відповідно в програмі цих денситометрів відсутні дані про МЩКТ у дітей раннього віку [3].

Кількісна ультразвукова денситометрія вважається скринінговим методом. Сканери розроблені для підлітків і дорослих, із сформованими стінками для стопи і фіксованим датчиком, що робить оцінку області інтересу у дітей раннього віку скрутною [4].

### 2. Обґрунтування дослідження

В Україні найчастіше для оцінки розвитку кісткової тканини у дітей використовують звичайну рентгенографію (або конвенційну, або цифрову), доповнену рентгенограмметричними показниками, до яких відносять абсолютні вимірювання кісток, а також розроблені на їх основі відносні показники, серед яких важливе місце займає кортикальний індекс. Ще одним методом, що дозволяє об'єктивізувати визначення МЩКТ за звичайними рентгенівськими знімками, є рентгенівська фотоденситометрія, заснована на вимірах оптичної щільності рентгенограм кісток, частіше кісток кисті [5]. Виконується фотоденситометром в порівнянні з алюмінієвим тест-об'єктом (щільність якого наближається до щільності кістки) [6]. Щоб помилка дослідження була мінімальною, тест-об'єкт пропонують розташовувати уздовж досліджуваної ділянки кістки. Доза опромінення є такою ж, як при звичайній рентгенографії, тим більше, що рентгенограми виконуються з приводу діагностики будь-якої іншої патології, в тому числі і дисплазії кульшового суглоба (ДКС), а результати виражаються в вигляді еквівалента товщини тест-об'єкта.

У літературі наведено поодинокі згадки про МЩКТ у недоношених новонароджених дітей, але тільки в залежності від харчування [7]. Сучасних уявлень про мінеральну щільність стегнових кісток у новонароджених дітей і дітей раннього віку немає.

Програмних засобів для впровадження перерахованих методів розроблено недостатньо, що вимагає подальших досліджень і розробок для вдосконалення діагностики структурно-функціонального стану кісткової тканини у дітей [8]. Крім того, у багатьох зарубіжних і вітчизняних дослідженнях з вивчення МЩКТ показано необхідність створення національних референтних баз даних для кожної окремо взятої країни [9].

Розвиток вираженого остеопорозу стегнової і тазових кісток визначається у дітей раннього та старшого віку після оперативного лікування ДКС, проте до операції оцінка кісткової структури у дітей практично не проводиться, тому необхідне проведення подальших досліджень у вивченні структури стегнової кістки у дітей в нормі і при диспластичних станах, а також у вивченні мінеральної щільності кісткової тканини стегнової кістки у дітей [10].

### 3. Мета дослідження

Визначити показники мінеральної щільності губчатої речовини (МЩГР), мінеральної щільності кортикального шару (МЩКШ), а також кортикального індексу (КІ) за даними рентгенівської денситометрії у дітей раннього віку в нормі і при дисплазії кульшового суглоба.

### 4. Матеріали та методи

Робота виконувалась на базі КЗОЗ «Харківська обласна клінічна травматологічна лікарня». Проведено аналіз рентгенограм кульшових суглобів 56 дітей віком від 0 днів до 3-х років з підозрою на травму або ДКС. Всі досліджувані діти були розділені на 2 групи: 1 група – основна (37 (66,1 %) дітей з наявністю ДКС); 2 група порівняння (19 (33,9 %) дітей без виявленої кісткової патології). Крім того, за віком діти були розділені на 5 підгруп: 1 підгрупа (0–28 днів, середній вік 13,8±3,1 днів) – 7 дітей (12,5 %); 2 підгрупа (1–3 місяці, середній вік 2,4±0,4 місяці) –

9 дітей (16,1 %); 3 підгрупа (4–6 місяців, середній вік  $4,1 \pm 1,1$  місяць) – 17 дітей (30,4 %); 4 підгрупа (7–12 місяців, середній вік  $8,4 \pm 2,6$  місяці) – 13 дітей (23,2 %); 5 підгрупа (1–3 роки, середній вік  $1,8 \pm 0,7$  роки) – 10 дітей (17,8 %).

Для поглибленого уявлення про структурно-функціональний стан кісткової тканини розраховувався кортикальний індекс (КІ) за формулою:  $KI = A - B/A \times 100$  % (де  $A$  – ширина стегнової кістки,  $B$  – ширина кістково-мозкової порожнини).

Цифрові рентгенівські зображення (РЗ) одержані шляхом сканування плівкових рентгенограм або безпосередньо від цифрових рентгенівських апаратів, у форматі .bmp з просторовим розрізненням до 600 пікселів/дюйм. Рентгенограми аналізувались за допомогою розробленої авторами програми «OsteoGraf-child» для автоматизованого морфоденситометричного аналізу цифрового РЗ (рис. 1). Показники МЩКТ автоматично розраховувались відповідно до каліброваних значень рентгенівської щільності тест-об'єкту. Для розрахунку мінеральної щільності кісткової тканини застосовувався алюмінієвий ступінчастий тест-об'єкт з висотою сходинки 1 мм.

Для порівняльної оцінки МЩГР та МЩКШ у дітей раннього віку було виконано рентгенограму

висушеного препарату нормальної стегнової кістки дорослої людини, для якої були визначені МЩГР та МЩКШ у зрілому віці.

Отримані результати подавались у вигляді таблиці й заносились до звітної форми карти обстеження пацієнта.

Розрахунок мінеральної щільності кісткових структур виконувався із урахуванням закону Бугера, який визначає ступінь ослаблення рентгенівського випромінювання речовиною:

$$I = I_0 e^{-\mu y}, \quad (1)$$

де  $I$  – інтенсивність випромінювання, яке пройшло крізь речовину;  $I_0$  – початкова інтенсивність випромінювання;  $\mu$  – лінійний коефіцієнт ослаблення випромінювання;  $y$  – товщина шару опроміненої речовини.

Лінійний коефіцієнт ослаблення випромінювання  $\mu$  у формулі (1) характеризує відносну зміну інтенсивності спрямованого випромінювання на одиницю товщини речовини. Якщо після ослаблення рентгенівського випромінювання різними речовинами 1 та 2 отримуємо однакову решту інтенсивності  $I$ , то можна стверджувати, що

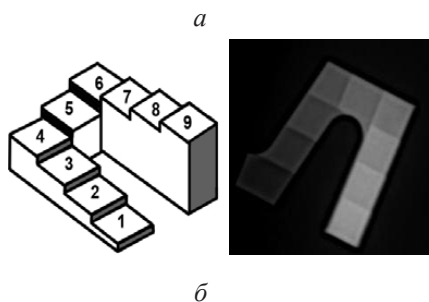
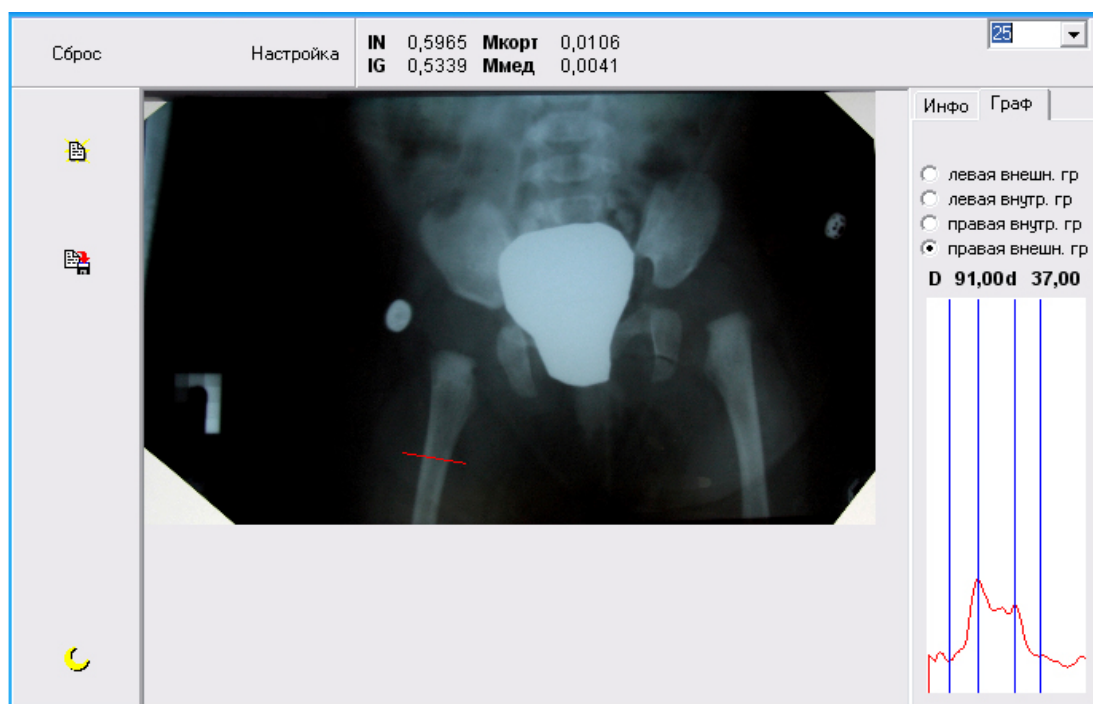


Рис. 1. Програма «OsteoGraf-child»: *a* – вікно інтерфейсу програми; *б* – схема та рентгенівський знімок тест-об'єкта

$$e^{-\mu_1 y_1} = e^{-\mu_2 y_2}, \quad \mu_1 y_1 = \mu_2 y_2, \quad \frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{y_2}{y_1}. \quad (2)$$

За (2) можемо знайти співвідношення лінійних коефіцієнтів ослаблення за співвідношенням товщин двох речовин у напрямку дії випромінювання.

З іншого боку, масові коефіцієнти ослаблення

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho}$$

двох речовин зі щільностями  $\rho_1$  та  $\rho_2$  співвідносяться як

$$\frac{\mu_1}{\rho_1} = k \frac{\mu_2}{\rho_2}, \quad \frac{\mu_1}{\rho_1} = k \frac{\rho_1}{\rho_2}, \quad k = \frac{\mu_{m1}}{\mu_{m2}}, \quad (3)$$

де  $k$  – константа відношення масових коефіцієнтів ослаблення  $\mu_m$  двох речовин у заданому діапазоні енергій.

З (2), (3) отримаємо зв'язок між величинами щільності та товщини відповідних речовин:

$$\frac{y_2}{y_1} = k \frac{\rho_1}{\rho_2},$$

звідки знайдемо щільність невідомої речовини 2 за відомою речовиною 1

$$\rho_2 = k \frac{\rho_1 y_1}{y_2}. \quad (4)$$

Найчастіше у рентгенівській остеометрії як відому речовину використовують алюміній, масовий коефіцієнт ослаблення якого найбільш подібний до такого для кістки. Формула (4) збігається з виразом для визначення мінеральної щільності кістки, наведеним у [10], де  $k=0,561$  є відношенням масових коефіцієнтів ослаблення випромінювання алюмінієм та гідроксиапатитом у досліджуваній точці,  $\rho_1=2,7$  г/см<sup>3</sup> – щільність алюмінію. Проте незрозуміло, для яких фізичних умов розраховано значення константи  $k$ , адже воно залежить від енергії рентгенівського випромінювання для даного виду досліджень, тобто від режиму рентгенографії.

Діапазон енергій, який відповідають «м'якому» режиму рентгенографії (який, наприклад, застосовується для дітей раннього віку), становить  $E=10\div 20$  кеВ. Нижче наводяться параметри речовин – м'яких тканин (табл. 1), кортикальної кісткової тканини (ICRU-44) (табл. 2) та гідроксиапатиту (табл. 3), визначені для розрахунків за формулами (3), (4). За визначених умов лінійне ослаблення рентгенівського випромінювання шаром алюмінію товщиною 1 мм приблизно еквівалентне ослабленню шаром м'яких тканин 15 мм, або 1,15 мм кортикальної тканини, або 0,46 мм гідроксиапатиту.

Коефіцієнт  $k$  за алюмінієм для м'яких тканин визначається у середньому як  $k_{Al-м.тк.} = 5,6$  (табл. 1),

для кортикальної кістки як  $k_{Al-кк.} = 0,88$  (табл. 2), для гідроксиапатиту як  $k_{Al-г.а.} = 0,54$  (табл. 3).

Щільність кортикальної кістки за алюмінієм  $\rho_{кк Al}$  та гідроксиапатитом  $\rho_{кк г.а.}$  визначається з (4) як

$$\rho_{кк Al} = \frac{0,88 \rho_{Al} y_{Al}}{y_{кк}}, \quad \rho_{кк г.а.} = \frac{0,54 \rho_{Al} y_{Al}}{y_{кк}}. \quad (5)$$

Для порівняльного аналізу даних про щільність кісткових структур дітей раннього віку необхідно отримати граничні значення МЩГР та МЩКШ у зрілому стані. Досліджено рентгенограму висушеного препарату нормальної стегнової кістки дорослої людини.

За допомогою програми «OsteoGraf-child» побудовано денситограму РЗ та визначено товщину кільця кортикального шару у діафізі (рис. 2), для чого розраховувались зовнішній та внутрішній діаметри кортикального шару. В центрі денситограми кортикальний шар має товщину  $y_{кк} = 1,2$  см (подвійна товщина кільця). Яскравість РЗ кістки в центрі денситограми відповідала такій для шару алюмінію  $y_{Al} = 1$  см.

Таблиця 1

Співвідношення параметрів Al та м'яких тканин

E, кеВ	$\mu_{m al}^p$ , см <sup>2</sup> /г	$\mu_{m м.тк.}^p$ , см <sup>2</sup> /г	$\frac{\mu_{m al}^p}{\mu_{m м.тк.}^p}$	$\rho_{al}^p$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho_{м.тк.}^p$ , г/см <sup>3</sup>	$\mu_{al}^p$ , 1/см	$\mu_{м.тк.}^p$ , 1/см	$\mu_{al}^p / \mu_{м.тк.}^p$
10	26	5	5,2	2,7	0,9–1	70,2	5	14,08
15	8	1,4	5,7			21,6	1,4	15,38
20	3,4	0,57	6,0			9,18	0,57	16,13

Таблиця 2

Співвідношення параметрів Al та кортикальної кістки

E, кеВ	$\mu_{m al}^p$ , см <sup>2</sup> /г	$\mu_{m кк.}^p$ , см <sup>2</sup> /г	$\frac{\mu_{m al}^p}{\mu_{m кк.}^p}$	$\rho_{al}^p$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho_{кк.}^p$ , г/см <sup>3</sup>	$\mu_{al}^p$ , 1/см	$\mu_{кк.}^p$ , 1/см	$\mu_{al}^p / \mu_{кк.}^p$
10	26	28,5	0,91	2,7	2,1	70,2	59,85	1,17
15	8	9,03	0,89			21,6	18,96	1,14
20	3,4	4	0,85			9,18	8,4	1,1

Таблиця 3

Співвідношення параметрів Al та гідроксиапатиту

E, кеВ	$\mu_{m al}^p$ , см <sup>2</sup> /г	$\mu_{m г.а.}^p$ , см <sup>2</sup> /г	$\frac{\mu_{m al}^p}{\mu_{m г.а.}^p}$	$\rho_{al}^p$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho_{г.а.}^p$ , г/см <sup>3</sup>	$\mu_{al}^p$ , 1/см	$\mu_{г.а.}^p$ , 1/см	$\mu_{al}^p / \mu_{г.а.}^p$
10	26	47,2	0,55	2,7	3,16	70,2	149,1	0,47
15	8	14,94	0,54			21,6	47,2	0,46
20	3,4	6,56	0,52			9,18	20,7	0,44

Розрахуємо за (5) щільність кортикального шару препарату кістки за алюмінієм

$$\rho_{кк Al} = \frac{0,88 \cdot 2,7 \cdot 1}{1,2} = 1,98 \text{ г/см}^3.$$

Отримане значення є дуже близьким до табличної величини щільності нормально мінералі-

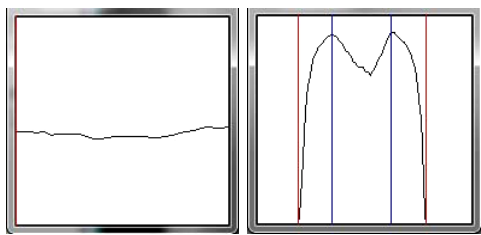
зованої кортикальної кістки 2,1 г/см<sup>3</sup> [11]. У той же час розрахунок мінеральної щільності кортикальної кістки за параметрами гідроксиапатиту дає наступне значення:

$$\rho_{кк\text{HA}} = \frac{0,54\rho_{Al}y_{Al}}{y_{кк}} = \frac{0,54 \cdot 2,7 \cdot 1}{1,2} = 1,21 \text{ г/см}^3,$$

що є нижчим від дійсної фізичної щільності кістки через те, що масовий коефіцієнт ослаблення випромінювання гідроксиапатитом у 1,6 разів більший за такий коефіцієнт для кортикальної кістки, а товщина кістки  $y_{кк}$  не є товщиною власне шару гідроксиапатиту. Тобто мінеральна щільність кістки за гідроксиапатитом може бути інтерпретована як щільність «розрідженого» гідроксиапатиту.



a



б

в

Рис. 2. Стегнова кістка з побудованими денситограмами: а – рентгенограма препарату стегнової кістки; б – денситограма ділянки губчастої тканини (шийка); в – денситограма ділянки кортикальної тканини (діафіз)

Відомо, що кістка, яка видалена з організму та не зазнала фіксації або висушування, складається з 50 % води, 15,5 % жиру, 12,5 % органічних та 22 % неорганічних речовин [12]. У висушених та знежирених кістках частка неорганічних речовин коливається від 40 до 60 %, а у прикладі дослідження (для висушеної нормально мінералізованої кортикальної кістки) вона склала 38,3 % від щільності чистого гідроксиапатиту [11].

Для губчастої тканини (шийка стегнової кістки, виміряна товщина 1,6 см) яскравість РЗ відповідала 0,45 см алюмінію, отже в мінеральна щільність губчастої тканини склала

$$\rho_{ек\text{HA}} = \frac{0,54\rho_{Al}y_{Al}}{y_{ек}} = \frac{0,54 \cdot 2,7 \cdot 0,45}{1,6} = 0,41 \text{ г/см}^3,$$

тобто це складе 13 % від щільності чистого гідроксиапатиту, що втричі менше, ніж мінеральна щільність кортикальної кістки.

Отже, надалі вважатимемо, що нормальною величиною мінеральної щільності за гідроксиапатитом для кортикальної тканини буде 1,2 г/см<sup>3</sup>, для губчастої – 0,4 г/см<sup>3</sup>. Нижчі значення, отримані у експериментальних дослідженнях рентгенограм стегнової кістки у дітей раннього віку, свідчатимуть про часткову, незавершену мінералізацію відповідних кісткових структур.

Для оцінки отриманих даних розраховувалась середня арифметична ( $M$ ), помилка середньої величини ( $m$ ), після чого різниця отриманих величин оцінювалась за допомогою коефіцієнта вірогідності (критерій Стюдента-Фішера –  $t$ ). При відомому коефіцієнті вірогідності і числі спостережень визначали значення ймовірності ( $p$ ). Вірогідним вважали значення показника „ $p$ ” не більше 0,05.

## 5. Результати дослідження

Вперше були визначені референтні показники мінеральної щільності стегнової кістки у дітей раннього віку в нормі (табл. 4), а також при дисплазії кульшового суглоба (табл. 5).

Таблиця 4

Середні показники мінеральної щільності структур стегнової кістки в групі порівняння (норма) у дітей раннього віку

Вікова група	Показники МЦГР, г/см <sup>3</sup>	Показники МЦКШ, г/см <sup>3</sup>	Показники КІ, %
1 підгрупа	0,15±0,02	0,46±0,07	0,56±0,02
2 підгрупа	0,16±0,02	0,59±0,03	0,55±0,02
3 підгрупа	0,17±0,02	0,59±0,02	0,55±0,01
4 підгрупа	0,18±0,01	0,62±0,07	0,56±0,03
5 підгрупа	0,23±0,03	0,75±0,05	0,54±0,02

Таблиця 5

Середні показники мінеральної щільності структур стегнової кістки в основній групі у дітей раннього віку

Вікова група	Показники МЦГР, г/см <sup>3</sup>	Показники МЦКШ, г/см <sup>3</sup>	Показники КІ, %
1 підгрупа	0,14±0,02	0,18±0,07***	0,58±0,02
2 підгрупа	0,14±0,02*	0,22±0,03***	0,59±0,01*
3 підгрупа	0,14±0,02**	0,21±0,05***	0,5±0,01
4 підгрупа	0,09±0,01***	0,19±0,02***	0,39±0,02*
5 підгрупа	0,18±0,01***	0,38±0,04***	0,48±0,01*

Примітки: вірогідна різниця у віковому аспекті з групою порівняння: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$

Для унаочнення зміни показників у динаміці (табл. 5) побудовано діаграми для МЦГР, МЦКШ, КІ стегнової кістки (рис. 3–7) у дітей раннього віку в нормі та при ДКС.

Як було визначено вище, норма мінеральної щільності дорослої зрілої губчастої речовини стегнової кістки складає 0,4 г/см<sup>3</sup>. При аналізі діаграми було встановлено (рис. 3), що у дітей при народженні як в нормі, так і при ДКС показники МЦГР стегнової кістки мають однакові значення 0,14 г/см<sup>3</sup> (приблизно третина «дорослої» норми). З віком їх графіки починають поступово розходитись. В нормі відбувається постійне наростання МЦГР стегнової кістки, а при дисплазії спостерігається «завал» графіку у віковій підгрупі 6–12 місяців. Далі бачимо, що діти обох груп до 3-х років набирають приблизно половину «дорослої» норми МЦГР-0,2 г/см<sup>3</sup>.

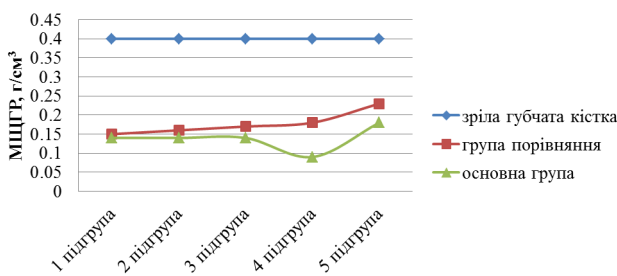


Рис. 3. Показники МЦГР стегнової кістки у дітей основної групи та групи порівняння в різних вікових підгрупах

На рис. 4 представлено діаграми змін показників МЦКШ стегнової кістки в нормі та при ДКС. Норма щільності дорослої зрілого кортикального шару стегнової кістки становить 1,2 г/см<sup>3</sup>. В обох групах від початку видно вірогідну розбіжність початкових значень МЦКШ. У дітей основної групи навіть в 3 роки щільність кортикального шару нижча, ніж вікова норма у групі порівняння (0,38 г/см<sup>3</sup> проти 0,6–0,7 г/см<sup>3</sup>; p<0,001), і ледве досягає початкових референтних значень дітей 1 підгрупи порівняння (0,38 г/см<sup>3</sup> проти 0,46 г/см<sup>3</sup>; p<0,01). При дисплазії кульшового суглоба кортикальний шар менш чутливий до зміни навантаження, тому немає такого «завалу», як на графіку для губчастої речовини (рис. 4), але різниця між показниками вірогідна у кожній підгрупі відповідно до групи порівняння.

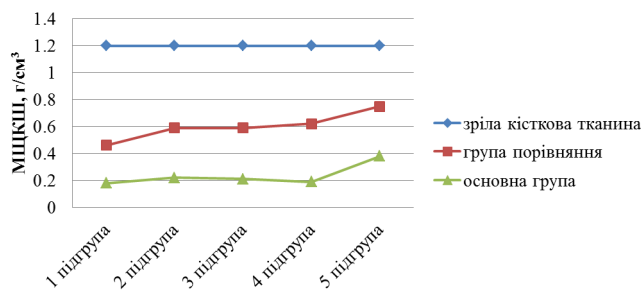


Рис. 4. Показники МЦКШ стегнової кістки у дітей основної групи та групи порівняння в різних вікових підгрупах

В нормі співвідношення мінеральної щільності зрілої губчастої речовини до кортикального шару стегнової кістки складає 1:3 (0,4 г/см<sup>3</sup>:1,2 г/см<sup>3</sup>). Співвідношення показників МЦГР та МЦКШ стегнової кістки у дітей основної групи менше (1:2), бо щільність кортикального шару стегнової кістки менша (рис. 5).

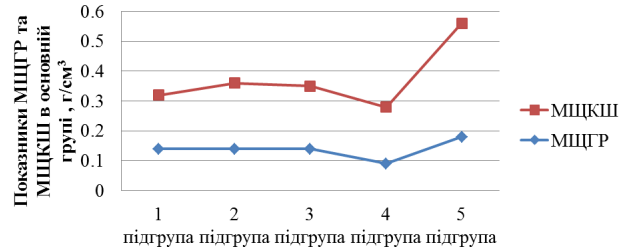


Рис. 5. Співвідношення показників МЦГР та МЦКШ стегнової кістки у дітей основної групи

При співвідношенні показників МЦГР та МЦКШ стегнової кістки у дітей в групі порівняння видно, що графіки йдуть паралельно та рівномірно зростають (рис. 6). Співвідношення МЦГР та МЦКШ для всіх вікових підгруп порівняння складає 1:3, тобто відповідає нормі.

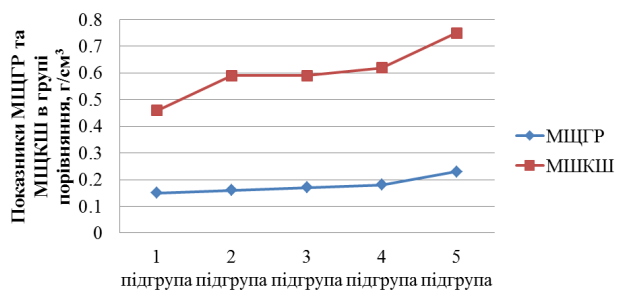


Рис. 6. Співвідношення показників МЦГР та МЦКШ стегнової кістки у дітей в групі порівняння

При аналізі діаграми змін показників КІ стегнової кістки (рис. 7) бачимо, що в групі порівняння він залишається на рівні норми, а при ДКС він зменшується в тій же самій віковій підгрупі, де знижувалась МЦГР стегнової кістки. Це можна пояснити початком лікування дітей з ДКС та довготривалою іммобілізацією нижніх кінцівок.

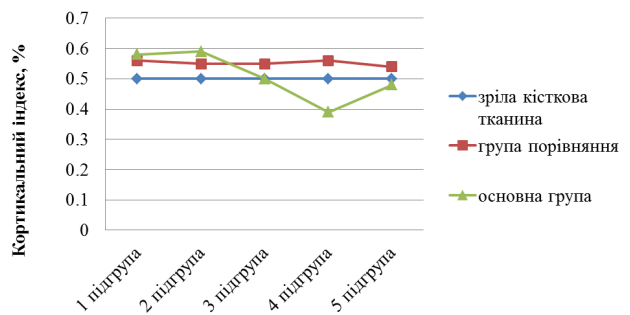


Рис. 7. Показники КІ стегнової кістки в різних вікових підгрупах у дітей в нормі та при ДКС

## 6. Обговорення результатів дослідження

Таким чином, отримані авторами дані про мінеральну щільність стегнової кістки у дітей раннього віку в нормі та при ДКС відрізняються від приведених в літературі [13]. За нашими даними при ДКС змінюється мінеральна щільність не тільки губчастої речовини, яка приймає участь у формуванні суглоба, а й мінеральна щільність кортикального шару, котра не має прямого відношення до суглоба. Отже можемо припустити, що ДКС не є ізольованим процесом, а може бути проявом системного процесу – недиференційованої дисплазії сполучної тканини.

Авторами було встановлено зміну МЩГР та МЩКШ стегнової кістки в процесі лікування ДКС. Рання діагностика остеопенічних станів дозволить проводити своєчасну корекцію лікування диспластичних захворювань шляхом призначення дієти або корекції об'єму та якості складу харчування, або призначення препаратів кальцію та вітаміну D, що в свою чергу сприятиме скороченню тривалості іммобілізації та більш швидкому формуванню кісткової структури. Це питання потребує подальшого вивчення клініцистами.

Запропонований авторами метод діагностики мінеральної щільності стегнової кістки можливо використовувати в будь-якому рентгенівському

кабінеті, але при наявності розробленої програми «OsteoGraf-child». Помилки можуть бути при неправильному розташуванні тест-об'єкта по відношенню до кістки або м'яких тканин стегна, коли об'єкт не попадає в фокус знімка.

Для уточнення та поглиблення вивчення отриманих даних необхідно збільшити кількість досліджень. Крім того, в перспективі можливо досліджувати МЩКТ у дітей з іншою патологією.

## 7. Висновки

1. Вперше встановлені показники вікової норми МЩГР та МЩКШ стегнової кістки, що дозволяє об'єктивно оцінювати стан кісткової тканини у дітей раннього віку.

2. Розроблена програма „OsteoGraf-child” для діагностики структурних змін стегнової кістки нормі та при ДКС у дітей раннього віку дозволяє визначити показники мінеральної щільності стегнової кістки окремо губчастої речовини та кортикального шару, а також розраховувати кортикальний індекс.

3. При консервативному лікуванні ДКС за допомогою довготривалої іммобілізації встановлено достовірне зниження показників МЩГР, МЩКШ, КІ у дітей 6–12 місяців, що потребує корекції лікування.

## Література

1. Bianchi, M. L. Official positions of the International Society for Clinical Densitometry (ISCD) on DXA evaluation in children and adolescents [Text] / M. L. Bianchi, S. Baim, N. J. Bishop, C. M. Gordon, D. B. Hans, C. B. Langman et. al. // *Pediatric Nephrology*. – 2009. – Vol. 25, Issue 1. – P. 37–47. doi: 10.1007/s00467-009-1249-z
2. Малинин, В. Л. Сравнение минеральной плотности костной ткани поясничных позвонков петербуржцев и американцев [Текст]: дис. ... канд. мед. наук. / В. Л. Малинин. – СПб., 2003. – 184 с.
3. Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Interpretation and Reporting in Children and Adolescents: The Revised 2013 ISCD Pediatric Official Positions [Text] / N. J. Crabtree, A. Arabi, L. K. Bachrach, M. Fewtrell, G. El-Hajj Fuleihan, H. H. Kecksemethy et. al. // *Journal of Clinical Densitometry*. – 2014. – Vol. 17, Issue 2. – P. 225–242. doi: 10.1016/j.jocd.2014.01.003
4. Кеч, Н. Р. Денситометрия как современный метод диагностики и определения эффективности лечения экообусловленной патологии костной системы у детей [Текст] / Н. Р. Кеч // *Перинатология и Педиатрия*. – 2010. – № 1 (41). – С. 168–170.
5. Шармазанова, Е. П. Структурно-функциональное состояние костной ткани у детей с травматическими повреждениями опорно-двигательной системы по данным лучевых методов исследования [Текст]: дисс. ... д-ра мед. наук / Е. П. Шармазанова. – К., 2004. – 334 с.
6. Авер'янова, Л. О. Метод комп'ютерної рентгеноморфометрії метакарпальних кісток людини у діагностиці остеопорозу [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Л. О. Авер'янова. – Х., 2003. – 20 с.
7. Bishop, N. J. Increased bone mineral content of preterm infants fed with a nutrient enriched formula after discharge from hospital [Text] / N. J. Bishop, F. J. King, A. Lucas // *Archives of Disease in Childhood*. – 1993. – Vol. 68, Issue 5 Spec No. – P. 573–578. doi: 10.1136/adc.68.5\_spec\_no.573
8. Почкайло, А. С. Диагностика и лечение дефицита костной массы и остеопороза у детей [Текст]: уч.-метод. пос. / А. С. Почкайло и др. – Минск, 2011. – 56 с.
9. Поворознюк, В. В. Захворювання кістково-м'язової системи в людей різного віку (вибрані лекції, огляди, статті). Т. 4 [Текст] / В. В. Поворознюк. – К., 2014. – 672 с.
10. Тодика, Ю. І. Остеопороз у дітей: діагностика. Огляд літератури (частина 1) [Текст] / Ю. І. Тодика // *Современная педиатрия*. – 2009. – № 2. – С. 171–176.
11. Руководство по гистологии. Т. 1 [Текст] / под ред. Р. К. Данилова. – СПб.: СпецЛит, 2010. – С. 262.
12. Шерепо, К. М. Минеральное насыщение диафиза бедренной кости после эндопротезирования тазобедренного сустава [Текст] / К. М. Шерепо // *Медицинская техника*. – 2000. – № 1. – С. 28–31.
13. Крутикова, Н. Ю. Возрастные особенности костной прочности у новорожденных, детей раннего и дошкольного возраста (факторы риска, диагностика, профилактика, коррекция нарушений) [Текст]: дисс. ... д-ра мед. наук / Н. Ю. Крутикова. – Москва, 2012. – 226 с.

Дата надходження рукопису 29.05.2017

**Шармазанова Олена Петрівна**, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри, кафедра променевої діагностики, Харківська медична академія післядипломної освіти, вул. Амосова, 58, м. Харків, Україна, 61176  
E-mail: olena.sharm@gmail.com

**Авер'янова Лілія Олександрівна**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра біомедичної інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки  
пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166

**Арсенідзе Тетяна Олександрівна**, аспірант, кафедра променевої діагностики, Харківська медична академія післядипломної освіти, вул. Амосова, 58, м. Харків, Україна, 61176  
E-mail: tatyana.tatyana.tl@gmail.com

УДК 616.839:616.3

DOI: 10.15587/2519-4798.2017.109148

## ОСОБЛИВОСТІ ВЕГЕТАТИВНОЇ (АВТОНОМНОЇ) НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ У ДІТЕЙ З ГАСТРОЕЗОФАГЕАЛЬНОЮ РЕФЛЮКСНОЮ ХВОРОБОЮ ТА РІЗНИМИ ГЕНОТИПАМИ ЛОКУСУ C825T ГЕНА *GNB3*

© М. І. Дац-Опока, О. З. Гнатейко, Г. В. Макух

*Захворюваність на гастроезофагеальну рефлюксну хворобу серед дітей неухильно зростає. Різноманітність клініко-морфологічних варіантів ГЕРХ зумовлює труднощі діагностики даної патології у дитячому віці. Враховуючи велику кількість етіологічних чинників, в тому числі порушення регуляції стравоходу з боку автономної нервової системи та генетичну схильність, необхідним є детальний аналіз кожного з них*  
**Ключові слова:** гастроезофагеальна рефлюксна хвороба, діти, автономна (вегетативна) нервова система, поліморфізм C825T, GNB3

### 1. Вступ

Гастроезофагеальна рефлюксна хвороба (ГЕРХ) за визначенням ВООЗ – це хронічне рецидивне захворювання, обумовлене порушенням моторно-евакуаторної функції гастроезофагеальної зони та характеризується спонтанним і/або регулярним закиданням у стравохід шлункового чи дуоденального вмісту, що призводить до ушкодження дистального відділу стравоходу [1].

Серед причин виникнення ГЕРХ розглядають дуодено-гастральний рефлюкс (ДГР) [2] порушення моторно-евакуаторної функції верхніх відділів травного тракту [3], підвищення агресивності шлункового вмісту [2], недостатність кардії [4], незрілість нижнього стравохідного сфінктера (НСС) [5, 6], генетичну схильність [7, 8].

Передумовою виникнення ГЕРХ вважають гастроезофагеальний рефлюкс (ГЕР), який може бути фізіологічним чи патологічним. Фізіологічний рефлюкс може виникати в здорових людей при переїданні або під час сну при розслабленні НСС, та не призводить до ураження слизової оболонки стравоходу (СОС) та клінічних проявів [9].

Патологічний рефлюкс виникає незалежно від часу доби, може не залежати від прийому їжі, призводить до запальних змін СОС та характеризується наявністю клінічної симптоматики [10, 11].

При недостатньому функціонуванні антирефлюксних механізмів (бар'єрна функція гастроезофагеального з'єднання та нижнього стравохідного сфінктера (НСС), езофагеальне очищення (кліренс), резистентність слизової оболонки стравоходу, своєчасне видалення шлункового вмісту, контроль кис-

лотоутворюючої функції шлунку) фізіологічний ГЕР перетворюється на патологічний [9, 12].

Однією з причин неспроможності антирефлюксних механізмів є порушення регуляції стравоходу з боку вегетативної нервової системи (ВНС) [13].

Підвищення активності парасимпатичної ланки ВНС призводить до зростання секреції соляної кислоти та пепсину, а симпатичного відділу – до порушення моторно-евакуаторної функції шлунка, дванадцятипалої кишки та зниження тону НСС [4, 14].

### 2. Обґрунтування дослідження.

Генетична складова та вплив автономної нервової системи в етіології ГЕРХ вивчається багатьма вченими з усього світу. Однак результати залишаються суперечливими.

За даними одних досліджень, у дітей із симпатикотонією частіше реєструють лужні рефлюкси, а у дітей із ваготонією – кислі [15].

В той же час за результатами інших досліджень, у дітей із симпатикотонією реєструють кислі рефлюкси, а у дітей із ваготонією – лужні [16].

Адренергічні і мускаринові рецептори ацетилхоліну, основні автономні нейротрансмітерні рецептори в симпатичній і парасимпатичній нервовій системі, відповідно, є рецепторами, зв'язаними з G-білками [17, 18].

Кардіальна симпатична активність відображає і модифікує загальну кінетику сигнальної трансдукції норадреналіну, включаючи реакцію на адренергічні рецептори та опосередковану сигналізацію G-білка. Тому функціональна зміна білкової системи