

Григор'єва Н.В., Поворознюк В.В., Поворознюк Вас.В., Зубач О.Б.

ДУ «Інститут геронтології імені Д.Ф. Чеботарьова НАМН України», м. Київ, Україна

Український науково-медичний центр проблем остеопорозу, м. Київ, Україна

Референтні показники структурного аналізу стегнової кістки в жінок української популяції

For cite: Bol', sustavy, pozvonočnik. 2017;7(4):152-160. doi: 10.22141/2224-1507.7.4.2017.121226

Резюме. Актуальність. На сьогодні комплексна оцінка стану кісткової тканини та ризику остеопоротичних переломів передбачає спільне використання показників мінеральної щільності кісткової тканини (МЩКТ), 10-річної ймовірності основних остеопоротичних переломів (Fracture Risk Assessment Tool, FRAX), показника трабекулярної кістки (Trabecular Bone Score, TBS) і параметрів структурного аналізу стегнової кістки (Hip Structural Analysis, HSA). Останніми роками створено референтні показники для осіб української популяції щодо трьох вищезазначених методик, проте дані щодо останньої методики відсутні. **Мета дослідження:** вивчити вікові особливості параметрів структурного аналізу стегнової кістки в жінок української популяції та запропонувати їх референтні показники для використання в практичній охороні здоров'я. **Матеріали та методи.** За допомогою методики двоенергетичної рентгенівської абсорбціометрії обстежено 690 умовно здорових жінок віком 20–89 років без остеопорозу, інших клінічно значущих захворювань та станів, що впливають на метаболізм кісткової тканини, без супутньої патології кульшового суглоба тощо. **Результати.** Результати проведеного дослідження продемонстрували вірогідний вплив віку на показники FSI, CSMI, CSA, d1, d2, d3, y, a і HAL, проте не на показник θ . Встановлено вірогідне зменшення з віком показника FSI на тлі вірогідного зростання параметрів CSMI, CSA та HAL. Показники зросту та маси тіла були вірогідно пов'язані з параметрами CSMI, CSA і HAL. Показник міцності стегнової кістки (FSI) був вірогідно пов'язаний з масою тіла, проте не зі зростом. Крім того, він вірогідно корелював з показником МЩКТ, вимірюваним на рівні шийки стегнової кістки і меншою мірою на рівні всієї стегнової кістки та поперекового відділу хребта. Показник довжини осі стегнової кістки (HAL) вірогідно не корелював з жодним вимірюваним показником МЩКТ, що підтверджує його незалежну роль у прогнозуванні ризику переломів стегнової кістки. **Висновки.** Отримані нормативні показники структурного аналізу стегнової кістки в здорових жінок української популяції можуть бути використані для комплексної оцінки стану кісткової тканини та ризику переломів стегнової кістки.

Ключові слова: структурний аналіз стегнової кістки; вік; жінки; референтні показники

Вступ

Системний остеопороз та його ускладнення залишаються важливою медико-соціальною проблемою, пов'язаною зі збільшенням показників інвалідності, летальності та значними економічними затратами суспільства [1–4]. Визначення мінеральної щільності кісткової тканини (МЩКТ) за допомогою методики двоенергетичної рентгенівської абсорбціометрії (ДРА) на сьогодні є золотим стандартом для встановлення діагнозу захворювання й оцінки ризику вертебральних та невертебральних переломів [1, 5–7]. Проте дослідження останніх років довели, що МЩКТ є важливим, але не єдиним параметром міцності кісткової тканини й ризику переломів. Важливу роль у їх розвитку відіграють різні клінічні фактори ризику (вік, стать, паління, вживання алкоголю, супутні захворювання та стани, прийом деяких лікарських за-

собів), які, зокрема, включені до інструменту FRAX (Fracture Risk Assessment Tool), що дозволяє оцінити 10-річний ризик основних остеопоротичних переломів (променева, плечова та стегнова кістки, клінічно значущі переломи тіл хребців) та переломів стегнової кістки зокрема [8, 9]. Крім того, у численних клінічних дослідженнях та метааналізах доведено, що важливе значення у прогнозуванні ризику переломів має показник TBS (Trabecular Bone Score) [10, 11], який відображає більшою мірою якісні характеристики кісткової тканини та особливості її мікроархітекtonіки. Обидві ці методики (FRAX та TBS) на сьогодні включені в програмне устаткування сучасних рентгенівських денситометрів, що дозволяє разом із визначенням показників МЩКТ комплексно оцінити стан кісткової тканини та ризик остеопоротичних переломів.

© «Біль. Суглоби. Хребет», 2017
© Видавець Заславський О.Ю., 2017

© «Pain. Joints. Spine», 2017
© Publisher Zaslavsky O.Yu., 2017

Для кореспонденції: Григор'єва Наталія Вікторівна, доктор медичних наук, професор, ДУ «Інститут геронтології імені Д.Ф. Чеботарьова НАМН України», вул. Вишгородська, 67, м. Київ, 04114, Україна; e-mail: crystal_ng@ukr.net
For correspondence: Nataliia Grygorieva, MD, PhD, Professor, State Institution "D.F. Chebotarev Institute of Gerontology of the NAMS Ukraine", Vyshgorodska st., 67, Kyiv, 04114, Ukraine; e-mail: crystal_ng@ukr.net

Слід зазначити, що крім вищезазначених методик рентгеновські денситометри містять ще одну важливу методику, яка визначає геометричні параметри стегнової кістки та її міцнісні характеристики — структурний аналіз стегнової кістки (Hip Structural Analysis, HSA) [12–15]. Дана програма аналізує параметри, які в подальшому використовуються не тільки для розрахунку показника МШКТ, але й для оцінки структурної геометрії перетинів, що проходять через проксимальні відділи стегнової кістки в певних місцях. Зображення кісткової маси використовується безпосередньо при проведенні ДРА, де піксельні значення виражаються в г/см². Метод використовує принцип, що лінія значень пікселів на осі кістки відповідає площині зрізу, який проходить через кістку в даному місці, і містить певну інформацію про перетин кістки. Програма аналізує проксимальний відділ стегнової кістки в трьох її ділянках (рис. 1), а саме: 1) у найвузчій ділянці шийки стегнової кістки (Narrow Neck, NN); 2) міжтрохантерній ділянці стегнової кістки (Intertrochanteric, IT) уздовж бісектриси кута шийки стегнової кістки та 3) валі стегнової кістки (Shaft, S), на 2 см дистальніше до середньої точки малого вертлюга. У подальшому за допомогою комп'ютерної програми для кожного регіону розподіл кісткової маси через кістку вираховує її геометричні властивості, отримані за певними формулами, що імплементовані в програмне забезпечення ДРА [12]. Зображення денситометра Hologic, який показує регіони стегнової кістки, що використовуються для аналізу (на шийці стегнової кістки (NN-ділянка), між трохантерами (Intertrochanteric) і валі (Shaft)), наведено на рис. 1. Зліва зображені типові профілі маси кістки, які використовують при вимірюванні геометричних властивостей.

Програма HSA автоматично оцінює структурні показники, такі як момент інерції поперечного перетину шийки стегнової кістки (CSMI), площа поперечного перетину (CSA), кут шийки стегнової кістки, довжина її осі (HAL) та ін. [13–15].

Cross sectional moment of inertia (CSMI, мм⁴), момент інерції мінімального поперечного перетину стегно-

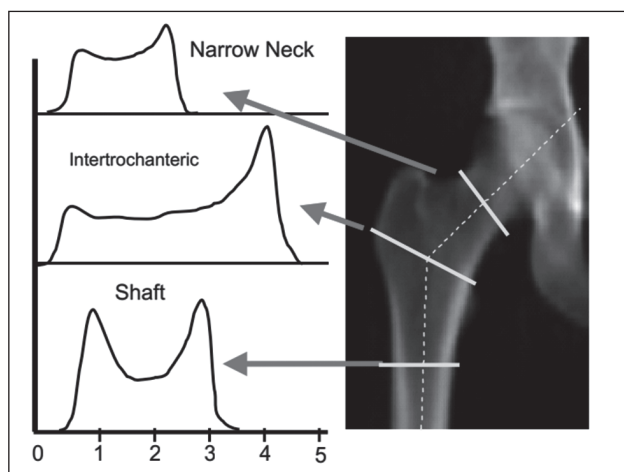


Рисунок 1. Зображення денситометра Hologic, який показує регіони стегнової кістки, що використовуються для аналізу [12]

вої кістки. Показник CSMI в ділянці регіону інтересу (region of interest, ROI) шийки стегнової кістки описує геометричні її особливості, щільність та стійкість до вигину з біомеханічної точки зору й теоретично відображає міцність шийки стегнової кістки (рис. 2).

Cross sectional area (CSA, мм²), площа поперечного перетину мінімального CSMI в ділянці регіону інтересу шийки стегнової кістки (рис. 2).

Показник d1 (мм), відстань від центру головки до центру шийки (мінімального CSMI) стегнової кістки (рис. 2).

Показник d2 (мм), відстань від центру головки стегнової кістки до міжвертлюгової лінії стегнової кістки (рис. 2).

Показник d3 (мм), середній діаметр шийки стегнової кістки.

Показник y (мм), відстань від центроїду (центр маси) шийки стегнової кістки до верхнього її краю на рівні мінімального CSMI. Верхня ділянка шийки стегнової кістки становить особливий інтерес через вищу втрату кісткової маси з віком порівняно з усією шийкою стегнової кістки (рис. 2).

Показник θ (градуси), кут шийки стегнової кістки.

Hip axis length (HAL, мм), довжина осі стегнової кістки; відстань, виміряна вздовж осі шийки стегнової кістки від основи великого вертлюга до внутрішньої поверхні таза.

Вищезазначені показники використовуються, зокрема, й для вирахування програмою показника індексу міцності стегнової кістки (**Femur Strength Index, FSI**), який поєднує структурні параметри програми HSA з віком, зростом і масою тіла та відображає здатність стегнової кістки витримувати навантаження при падінні на великий вертлюг.

На сьогодні згідно з оновленими рекомендаціями Міжнародного товариства з клінічної денситометрії (International Society for Clinical Densitometry, 2015) показник довжини осі стегнової кістки (HAL), отриманий

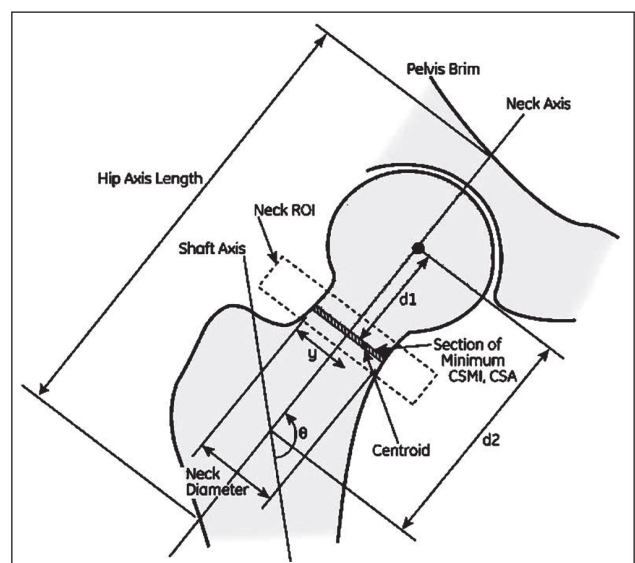


Рисунок 2. Показники стегнової кістки, що використовуються для вимірювання програмою структурного аналізу стегнової кістки [13]

при вимірюванні за допомогою ДРА, є незалежним предиктором переломів стегнової кістки в постменопаузальних жінок [5], а методика HSA, інтегрована в рентгенівські денситометри, розширює можливості клініциста в комплексній оцінці ризику остеопоротичних переломів. Проте дані щодо показників даної методики в осіб української популяції поки відсутні.

Мета дослідження — вивчити вікові особливості параметрів структурного аналізу стегнової кістки в жінок української популяції та запропонувати їх референтні показники для використання в практичній охороні здоров'я.

Матеріали та методи

Нами на базі Українського науково-медичного центру проблем остеопорозу, ДУ «Інститут геронтології імені Д.Ф. Чеботарьова НАМН України» за допомогою методики ДРА обстежено 1127 жінок віком 20–89 років. У подальшому для визначення референтних значень для показників структурного аналізу стегнової кістки були виключені результати жінок з індексом маси тіла менше 15 й більше 40 кг/м², постменопаузальним остеопорозом згідно з рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ, 1994) (показник T на рівні стегнової кістки і/або поперекового відділу хребта і/або всього скелета $\leq -2,5$ SD), показником $Z \leq -2,0$ SD на рівні стегнової кістки та/чи поперекового відділу хребта і/або всього скелета в молодих жінок (до настання менопаузи), клінічно значущими супутніми захворюваннями та станами,

які можуть впливати на метаболізм кісткової тканини, з патологією кульшового суглоба (коксартроз 2–4-го ст., асептичний некроз головки стегнової кістки, дисплазія кульшового суглоба та ін.). Таким чином, аналіз проведений з використанням результатів 690 жінок. Клініко-анамнестична характеристика обстежених наведена в табл. 1.

Структурний аналіз показників стегнової кістки проводили методом ДРА за допомогою рентгенівського денситометра Prodigy (GE Lunar, Madison, 2005, США).

Статистичну обробку результатів дослідження здійснювали за допомогою пакета програм Statistica 7.0. Використовували однофакторний дисперсійний аналіз Anova, кореляційний та регресійний аналізи. Результати подані у вигляді $M \pm SD$. Критичним рівнем значущості вважали $p < 0,05$.

Результати

Аналіз отриманих результатів засвідчив вірогідний вплив віку на варіабельність показників HSA: FSI ($F = 5,8$; $p = 0,000007$); CSMI ($F = 3,3$; $p = 0,003$); CSA ($F = 11,2$; $p = 0,0000001$); d1 ($F = 14,1$; $p = 0,0000001$); d2 ($F = 5,0$; $p = 0,00004$); d3 ($F = 9,8$; $p = 0,0000001$); γ ($F = 20,1$; $p = 0,0000001$); α ($F = 7,8$; $p = 0,0000001$) та HAL ($F = 4,7$; $p = 0,0001$). Проте нами не встановлено подібного впливу віку на показник величини кута шийки стегнової кістки (параметр θ : $F = 0,7$; $p = 0,67$). Середні показники обстежених жінок залежно від віку наведено в табл. 2.

Таблиця 1. Клініко-анамнестична характеристика обстежених жінок

Вік, роки	20–29	30–39	40–49	50–59	60–69	70–79	80–89
n	26	42	101	184	205	99	33
Зріст, см	164,9 \pm 7,5	164,4 \pm 5,2	165,2 \pm 5,9	163,5 \pm 5,9	162,5 \pm 5,8	159,5 \pm 6,4	157,8 \pm 5,8
Маса, кг	61,7 \pm 13,1	60,1 \pm 11,5	70,0 \pm 14,7	73,9 \pm 11,8	76,4 \pm 11,9	73,9 \pm 11,1	73,6 \pm 8,7
Індекс маси тіла, кг/м ²	22,7 \pm 4,6	22,3 \pm 4,3	25,6 \pm 4,8	27,7 \pm 4,3	29,0 \pm 4,4	29,0 \pm 4,0	29,6 \pm 3,6
Вік менархе, роки	13,0 \pm 2,0	12,8 \pm 1,0	13,0 \pm 1,6	13,4 \pm 1,8	13,7 \pm 1,7	13,8 \pm 2,1	15,0 \pm 1,7
Вік менопаузи, роки	–	–	–	46,6 \pm 12,6	48,9 \pm 4,5	48,7 \pm 6,7	49,2 \pm 6,5
Тривалість постменопаузи, роки	–	–	–	8,3 \pm 5,9	15,3 \pm 5,3	25,4 \pm 7,3	33,0 \pm 6,0

Таблиця 2. Вікові особливості показників структурного аналізу стегнової кістки в жінок

Вік, роки / показник	20–29	30–39	40–49	50–59	60–69	70–79	80–89
FSI, од.	1,5 \pm 0,3	1,6 \pm 0,4	1,5 \pm 0,3	1,3 \pm 0,3	1,3 \pm 0,3	1,4 \pm 0,4	1,3 \pm 0,4
CSMI, мм ⁴	9204,7 \pm 2587,9	9110,2 \pm 1868,5	10793,5 \pm 2705,4	10321,2 \pm 2373,2	10263,0 \pm 2524,6	9914,7 \pm 2474,0	10020,0 \pm 3175,3
CSA, мм ²	137,3 \pm 25,9	136,7 \pm 20,0	144,9 \pm 24,5	138,4 \pm 20,2	133,4 \pm 19,3	125,8 \pm 18,5	120,0 \pm 20,7
d1, мм	18,9 \pm 3,8	18,8 \pm 3,4	18,8 \pm 2,8	17,5 \pm 3,3	16,3 \pm 3,4	15,5 \pm 4,0	15,9 \pm 3,4
d2, мм	43,9 \pm 7,7	45,1 \pm 4,7	47,1 \pm 4,8	47,8 \pm 5,0	48,5 \pm 5,7	48,6 \pm 6,2	48,9 \pm 6,1
d3, мм	32,2 \pm 2,6	32,6 \pm 2,2	33,9 \pm 2,8	33,9 \pm 2,4	34,5 \pm 2,8	35,2 \pm 3,0	35,7 \pm 3,1
γ , °	15,5 \pm 1,5	15,7 \pm 1,4	16,8 \pm 1,5	17,1 \pm 1,3	17,5 \pm 1,5	17,8 \pm 1,6	18,1 \pm 1,4
α , °	–4,0 \pm 3,7	–4,5 \pm 3,3	–4,4 \pm 3,6	–5,5 \pm 3,8	–6,2 \pm 3,9	–7,5 \pm 4,5	–7,0 \pm 5,1
θ , °	128,7 \pm 4,8	128,2 \pm 4,8	127,8 \pm 4,4	128,1 \pm 4,5	128,5 \pm 4,9	128,6 \pm 5,2	129,4 \pm 5,4
HAL, мм	101,8 \pm 8,2	102,4 \pm 4,4	105,6 \pm 5,4	105,4 \pm 5,4	106,0 \pm 5,8	105,6 \pm 5,5	107,0 \pm 5,4

Так, нами встановлено вірогідне зменшення показника міцності стегнової кістки з $1,5 \pm 0,3$ до $1,3 \pm 0,4$ од. на тлі вірогідного зростання параметрів моменту інерції мінімального поперечного перетину стегнової кістки (з $9204,7 \pm 2587,9$ у віці 20–29 років до $10020,0 \pm 3175,3$ мм⁴ у віці 80–89 років відповідно), площі поперечного перетину мінімального CSMI в ділянці регіону інтересу шийки стегнової кістки (з $137,3 \pm 25,9$ до $120,0 \pm 20,7$ мм²) та довжини осі стегнової кістки (з $101,8 \pm 8,2$ віком 20–29 років до $107,0 \pm 5,4$ мм віком 80–89 років відповідно).

За даними регресійного аналізу, в обстежених жінок вік вірогідно був пов'язаний з показниками FSI, CSA, HAL, d1, d2, d3. α та γ . Проте нами не встановлено вірогідного зв'язку між віком і показниками θ (кут шийки стегнової кістки) і CSMI (момент інерції мінімального поперечного перетину стегнової кістки). Найбільш вираженими, хоча й слабкими, проте віро-

гідними були зв'язки між віком та відстанню від центра головки стегнової кістки до міжвертлюгової лінії стегнової кістки (показник d1; $r = -0,32$; $p = 0,00001$) та відстанню від центроїду шийки стегнової кістки до верхнього її краю на рівні мінімального CSMI (показник γ ; $r = 0,37$; $p = 0,00001$) (табл. 3).

При аналізі кореляційних зв'язків між параметрами геометрії стегнової кістки та основними антропометричними показниками нами було встановлено вірогідний зв'язок між показниками як зросту, так і маси тіла й параметрами CSMI, CSA, HAL, d1, d2, d3 та γ .

Показник зросту був найбільш виражено, хоч і помірно пов'язаний з параметром HAL ($r = 0,45$; $p = 0,00001$), меншою мірою з показниками CSMI ($r = 0,39$; $p = 0,00001$) та CSA ($r = 0,38$; $p = 0,00001$). На відміну від вищезазначеного показник маси тіла був вірогідно пов'язаний з показниками CSMI ($r = 0,42$;

Таблиця 3. Регресійні зв'язки між показниками віку, зросту та маси тіла й параметрами геометрії стегнової кістки

Вік	
FSI, од.	$y = 1,64 - 0,005 \cdot x$; $r = -0,18$; $r^2 = 0,03$; $p = 0,000001$
CSMI, мм ⁴	$y = 10039,40 + 2,51 \cdot x$; $r = 0,01$; $r^2 = 0,0002$; $p = 0,72$
CSA, мм ²	$y = 158,15 - 0,40 \cdot x$; $r = -0,25$; $r^2 = 0,06$; $p = 0,00001$
d1, мм	$y = 21,96 - 0,08 \cdot x$; $r = -0,32$; $r^2 = 0,10$; $p = 0,00001$
d2, мм	$y = 43,36 + 0,08 \cdot x$; $r = 0,18$; $r^2 = 0,03$; $p = 0,000001$
d3, мм	$y = 31,05 + 0,05 \cdot x$; $r = 0,26$; $r^2 = 0,07$; $p = 0,00001$
γ , °	$y = 14,70 + 0,04 \cdot x$; $r = 0,37$; $r^2 = 0,13$; $p = 0,00001$
α , °	$y = -1,21 - 0,08 \cdot x$; $r = -0,26$; $r^2 = 0,07$; $p = 0,00001$
θ , °	$y = 127,21 + 0,0189 \cdot x$; $r = 0,05$; $r^2 = 0,003$; $p = 0,16$
HAL, мм	$y = 101,76 + 0,06 \cdot x$; $r = 0,15$; $r^2 = 0,02$; $p = 0,00007$
Зріст	
FSI, од.	$y = 1,78 - 0,003 \cdot x$; $r = -0,05$; $r^2 = 0,002$; $p = 0,23$
CSMI, мм ⁴	$y = -15179,19 + 155,87 \cdot x$; $r = 0,39$; $r^2 = 0,15$; $p = 0,00001$
CSA, мм ²	$y = -77,69 + 1,31 \cdot x$; $r = 0,38$; $r^2 = 0,14$; $p = 0,00001$
d1, мм	$y = -2,17 + 0,12 \cdot x$; $r = 0,21$; $r^2 = 0,04$; $p = 0,000001$
d2, мм	$y = 32,54 + 0,09 \cdot x$; $r = 0,10$; $r^2 = 0,01$; $p = 0,006$
d3, мм	$y = 21,45 + 0,08 \cdot x$; $r = 0,18$; $r^2 = 0,03$; $p = 0,000001$
γ , °	$y = 9,27 + 0,05 \cdot x$; $r = 0,19$; $r^2 = 0,04$; $p = 0,000001$
α , °	$y = -30,40 + 0,15 \cdot x$; $r = 0,23$; $r^2 = 0,05$; $p = 0,00001$
θ , °	$y = 135,60 - 0,04 \cdot x$; $r = -0,06$; $r^2 = 0,003$; $p = 0,12$
HAL, мм	$y = 39,00 + 0,41 \cdot x$; $r = 0,45$; $r^2 = 0,20$; $p = 0,00001$
Маса тіла	
FSI, од.	$y = 2,10 - 0,01 \cdot x$; $r = -0,38$; $r^2 = 0,14$; $p = 0,00001$
CSMI, мм ⁴	$y = 4093,73 + 83,63 \cdot x$; $r = 0,42$; $r^2 = 0,18$; $p = 0,00001$
CSA, мм ²	$y = 84,28 + 0,70 \cdot x$; $r = 0,41$; $r^2 = 0,17$; $p = 0,00001$
d1, мм	$y = 19,06 - 0,03 \cdot x$; $r = -0,10$; $r^2 = 0,009$; $p = 0,01$
d2, мм	$y = 42,60 + 0,07 \cdot x$; $r = 0,16$; $r^2 = 0,03$; $p = 0,00002$
d3, мм	$y = 29,92 + 0,06 \cdot x$; $r = 0,27$; $r^2 = 0,07$; $p = 0,00001$
γ , °	$y = 14,42 + 0,04 \cdot x$; $r = 0,31$; $r^2 = 0,09$; $p = 0,00001$
α , °	$y = -4,1346 - 0,0226 \cdot x$; $r = -0,0710$; $r^2 = 0,005$; $p = 0,06$
θ , °	$y = 128,22 + 0,001 \cdot x$; $r = 0,003$; $r^2 = 0,00001$; $p = 0,93$
HAL, мм	$y = 97,25 + 0,11 \cdot x$; $r = 0,25$; $r^2 = 0,06$; $p = 0,00001$

$p = 0,00001$) та CSA ($r = 0,42$; $p = 0,00001$), тоді як цей зв'язок з параметром HAL ($r = 0,25$; $p = 0,00001$) був вірогідним, хоча й слабким (табл. 3).

Показник міцності стегнової кістки (FSI) був вірогідно пов'язаний з масою тіла ($p = 0,00001$), проте не зі зростом ($p = 0,23$). Крім того, кут шийки стегнової кістки згідно з показником θ не був вірогідно пов'язаний з показниками зросту та маси тіла в обстежених жінок (рис. 3).

При аналізі кореляційних зв'язків між показниками МЩКТ різних ділянок скелета та параметрами HSA найбільш виражені зв'язки встановлені щодо показників CSMI і CSA на всіх досліджуваних рівнях.

Параметр міцності стегнової кістки найбільшою мірою корелював з показником МЩКТ, вимірним на рівні шийки стегнової кістки ($r = 0,30$; $p = 0,0001$), меншою мірою на рівні всієї стегнової кістки ($r = 0,18$; $p = 0,02$) та поперекового відділу хребта ($r = 0,09$; $p = 0,03$) й зовсім не корелював на рівні всього скелета ($r = 0,06$; $p = 0,09$) (табл. 4).

Показник довжини осі стегнової кістки (HAL) вірогідно не корелював з жодним вимірюваним показником МЩКТ, що підтверджує його незалежну роль у прогнозуванні ризику остеопоротичних переломів стегнової кістки (табл. 4).

Обговорення

На сьогодні продемонстровано, що показник МЩКТ не є універсальним параметром міцності кісткової тканини й ризику переломів. Комплексна оцінка стану кісткової тканини поєднує його використання з такими показниками, як FRAX та TBS.

Останнім часом усе більше уваги приділяється аналізу показників геометрії стегнової кістки, які є також незалежними предикторами ризику остеопоротичних переломів. На даний час у численних дослідженнях продемонстровано зв'язок між показником HAL та ризиком переломів стегнової кістки [13, 17].

Так, у дослідженні, проведеному K.G. Faulkner [13], при обстеженні 2506 жінок віком 50 років і старше

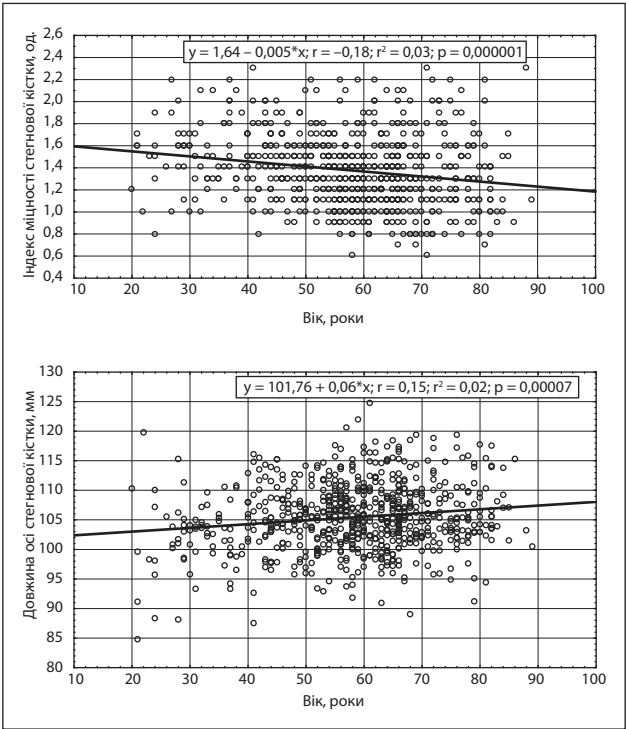


Рисунок 3. Зв'язок між віком та показником міцності стегнової кістки та довжиною її осі

(365 — з переломом проксимального відділу стегнової кістки та 2141 — контроль) за допомогою ДРА продемонстровано, що показник МЩКТ був вірогідно нижчим, а параметр HAL вірогідно вищим у групі пацієнтів з переломами порівняно з контролем. Показник CSMI вірогідно не відрізнявся в групах залежно від наявності переломів після його корекції щодо параметрів МЩКТ та HAL. Індекс міцності стегнової кістки після корекції щодо показників T і HAL був вірогідно нижчим у групі жінок з переломами, у зв'язку з чим авторами зроблено висновок про те, що показники МЩКТ, HAL та FSI є вірогідними незалежними предикторами перелому стегнової кістки.

Таблиця 4. Кореляційні зв'язки між МЩКТ різних ділянок скелета та показниками геометрії стегнової кістки

Показник/група	Поперековий відділ хребта (L_1-L_4)		Шийка стегнової кістки		Уся стегнова кістка		Увесь скелет	
	r	p	r	p	r	p	r	p
FSI, од.	0,09	0,03	0,30	0,0001	0,18	0,02	0,06	0,09
CSMI, мм ⁴	0,35	0,0000001	0,43	0,0000001	0,40	0,0000001	0,42	0,0000001
CSA, мм ²	0,54	0,0000001	0,88	0,0000001	0,80	0,0000001	0,71	0,0000001
d1, мм	0,10	0,01	-0,01	0,86	0,02	0,82	0,15	0,0001
d2, мм	-0,02	0,60	0,00	0,96	0,11	0,16	0,001	0,94
d3, мм	0,09	0,02	-0,12	0,14	-0,08	0,32	0,02	0,60
y, °	0,03	0,50	-0,14	0,07	-0,12	0,13	-0,03	0,38
α , °	0,08	0,04	0,17	0,03	0,19	0,02	0,12	0,001
θ , °	0,001	0,98	-0,13	0,09	-0,26	0,001	-0,05	0,19
HAL, мм	0,06	0,15	-0,04	0,61	-0,08	0,29	0,02	0,52

При вивченні коефіцієнта шансів (OR) для параметрів МЩКТ та HSA авторами встановлено, що він відповідно для показника T (зміна на одне SD) становив 2,0 (95% довірчий інтервал (ДІ) 1,8–2,4; $p < 0,001$); для довжини сегнової кістки (HAL) (зміна на одне SD) — 1,3 (95% ДІ 1,2–1,5; $p < 0,001$); індексу міцності стегнової кістки (FSI), скоригованого до показників T та HAL (зміна на одне SD), — 1,5 (95% ДІ 1,3–1,6; $p < 0,001$); віку (на декаду) — 1,1 (95% ДІ 0,9–1,2; $p = 0,31$) [13]. Проведений авторами ROC-аналіз для оцінки дискримінаційної можливості у показника T та моделі ймовірності логістичної регресії з включенням параметрів HAL and FSI продемонстрував, що площа під ROC-кривою була вірогідно більшою при комплексному врахуванні показників МЩКТ та HSA. Вона становила відповідно 0,74 проти 0,71 ($p < 0,001$), що свідчить про покращення дискримінаційних властивостей для виявлення переломів при включенні вищезазначених параметрів геометрії стегнової кістки, які були об'єднані з вимірами МЩКТ.

Вивченню вікових і статевих особливостей геометрії стегнової кістки присвячені численні дослідження, проведені останніми роками [18–21].

Так, G. Alwis, C. Karlsson, S. Stenevi-Lundgren та співавт. проаналізовано показники геометрії стегнової кістки у жителів Швеції [18] віком 6–90 років з використанням ДРА (599 дівчат і 642 хлопчики віком 6–19 років та 270 жінок і 249 чоловіків віком 20–90 років). При вивченні показників геометрії стегнової кістки в дітей і підлітків авторами встановлено їх вірогідне збільшення до віку 17 років у дівчаток та 19 років у хлопчиків. Після деякої стабілізації показники періостального та ендостального діаметра стегнової кістки далі збільшувалися з віком, проте зростання показника ендостального діаметра стегнової кістки було виражено більшою мірою порівняно з показником її періостального діаметра. На відміну від вищезазначеного, товщина кортикального шару кістки та МЩКТ вірогідно зменшувались з віком. Зниження МЩКТ відбувалось при збільшенні розміру кістки, що призводило до статистично невірогідного зниження міцності кістки, оціненого за показниками модуля перетину Z та CSMI, від моменту стабілізації показників у віці 17–19 років до 90 років. Часткове збереження міцності кістки було більш очевидним у чоловіків, ніж у жінок, оскільки зменшення показника МЩКТ було більшим у жінок, ніж у чоловіків, тоді як збільшення показника періостального діаметра в чоловіків було більш вираженим, ніж у жінок. Як зазначають автори, статеві відмінності нормативних показників міцності кісткової тканини можуть бути пов'язані як зі статевими особливостями формування піку кісткової маси, так і з геометричними параметрами стегнової кістки під час росту та репродуктивного віку.

При проведенні Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III) у США за допомогою ДРА [19] були проаналізовані показники HSA та МЩКТ у дорослих осіб віком 20–99 років. Аналіз включав дані білошкірих американців неіспанського походження (2719 чоловіків і 2904 жінки). Проводили

дослідження кортикальної ділянки стегнової кістки (Shaft, на 2 см дистальніше до середньої точки малого вертлюга) та змішаної кортикально-требекулярної ділянки (Narrow Neck, найбільш вузька частина шийки стегнової кістки). Авторами проаналізовано показники МЩКТ та модуля перетину (section modulus) після їх корекції за масою тіла. Зниження параметрів МЩКТ з віком у ділянці найбільш вузької ділянки шийки стегнової кістки було подібним до того, яке спостерігалось у ділянці валу стегнової кістки. Останній показник також зменшувався, хоча і більш повільно. Динаміка показника модуля перетину мала деякі особливості залежно від регіону вимірювання та статі. Зокрема, на рівні найбільш вузької частини стегнової кістки та в ділянці валу він залишався майже сталим аж до п'ятого десятиліття в жінок, а потім зменшувався повільніше, ніж показник МЩКТ. На відміну від вищезазначеного, у чоловіків модуль перетину в найбільш вузькій частині стегнової кістки помірно зменшувався до п'ятого десятиліття, а потім залишався майже сталим, тоді як відповідний показник на рівні валу стегнової кістки був сталим до п'ятого десятиліття, а потім прогресивно збільшувався. На думку авторів, очевидним механізмом протилежно направлених змін показників МЩКТ та модуля перетину є лінійне розширення субперіостального діаметра кістки незалежно від статі та регіону вимірювання, що відіграє певну роль у механічній компенсації втрати медулярної кісткової маси. На думку авторів, отримані результати дозволяють припустити, що втрата кісткової маси в стегновій кістці при старінні не обов'язково означає зменшення її механічної міцності. Модуль перетину в осіб літнього віку в середньому змінюється на 14 % від відповідних показників у молодих жінок та на 6 % у чоловіків.

У дослідженні, проведенному J. Gong, M. Tang, B. Guo у населення Китаю [20], вивчено вікові та статеві особливості міцності кісткової тканини та структури стегнової кістки в 3855 здорових осіб (2713 жінок та 1142 чоловіки) віком від 25 до 91 року з використанням ДРА. Відмінності показників HSA між віковими та статевими групами були скориговані залежно від маси тіла, зросту обстежених та показників МЩКТ стегнової кістки. Зв'язок з віком оцінювали з використанням лінійного регресійного аналізу. Авторами не встановлено вірогідного зв'язку між показниками HSA у молодих осіб. Деякі параметри HSA (CSMI, CSA, модуль перетину, товщина кортикального шару) вірогідно зменшувались з віком, тоді як величини періостального та ендокортикального діаметрів стегнової кістки вірогідно зростали. Особи старших вікових груп мали менші показники міцності стегнової кістки та ширини кортикального її шару, а також збільшені параметри періостального та ендокортикального діаметрів стегнової кістки ($p < 0,05$), ніж молоді особи. У чоловіків спостерігали більш виражене зростання показників періостального та ендокортикального діаметрів стегнової кістки, ніж у жінок у різних вікових групах. Показник міцності стегнової кістки вірогідно зменшувався з віком у осіб обох статей, що було пов'язано з погіршенням параметра CSMI. Автори зазначають

менш виражений зв'язок показників HAS з віком у обстежених чоловіків Китаю порівняно з даними при обстеженні осіб європеїдної раси та подібний зв'язок у жінок. У чоловіків-китайців встановлено більш виражені структурні порушення геометрії стегнової кістки з віком, ніж у чоловіків європеїдної раси, що, за думкою авторів, може впливати на ризик переломів стегнової кістки [20].

В іншому дослідженні, проведеному Н. Zhang, Y.Q. Hu, Z.L. Zhang [21] у населення Китаю, вивчено особливості показників МЩКТ та HSA у 18 502 здорових осіб (14 435 жінок та 4077 чоловіків), 254 пацієнтів (216 жінок і 38 чоловіків) з переломами шийки стегнової кістки та 254 осіб відповідного віку та статі (контроль). Авторами встановлено вірогідний негативний зв'язок показників МЩКТ, CSMI, CSA та індексу міцності стегнової кістки з віком, проте після корекції показників щодо зросту та маси тіла лише параметр HAL вірогідно збільшувався з віком, а вірогідної кореляції між CSMI та віком як у чоловіків, так і в жінок не виявлено. В осіб обох груп (чоловіки та жінки) з переломами стегнової кістки параметри МЩКТ та CSA стегнової кістки були вірогідно нижчими порівняно з контролем. Після корекції показників щодо МЩКТ у жінок лише менший показник міцності стегнової кістки (FSI) був вірогідним у прогнозі переломів стегнової кістки (OR 1,53; 95% ДІ 1,04–2,26). У чоловіків не виявлено жодного показника геометрії стегнової кістки, який би вірогідно впливав на ризик її переломів.

У дослідженні, проведеному М. Iki, N. DongMei, J. Tamaki та співавт., проведено аналіз показників HSA в японській популяції з використанням ДРА [22]. Обстежено 2197 японських жінок віком 15–79 років без супутніх захворювань, пов'язаних з метаболізмом кісткової тканини. Авторами встановлені зміни показників HSA з віком, що були вірогідними у віковій групі 50–54 роки на рівні найвужчої частини шийки стегнової кістки (Narrow neck) та міжвертлюгової ділянки (Intertrochanteric), які були подібні до динаміки змін МЩКТ. У жінок у віковій групі 55–59 років подібні зміни виявлялись і на рівні валу стегнової кістки (Shaft).

Вік-асоційовані зміни показників CSA й ширини кортикальної кістки (СТ) були ідентичними до змін показника МЩКТ. Крім того, динаміка показників МЩКТ та СТ у японських жінок була подібна до такої у білошкірих жінок неіспанського походження, які мешкають у США, проте їх значення були дещо меншими. Параметри CSA і СТ виявляли високі кореляційні зв'язки з показником МЩКТ на відміну від показників ендостального діаметра (ED), періостального діаметра (PD) й модуля перетину (SM), зв'язок між якими й параметром МЩКТ був значно меншим.

Як зазначалось вище, згідно з оновленими рекомендаціями Міжнародного товариства з клінічної денситометрії (International Society for Clinical Densitometry, 2015), на даний час показник довжини стегнової кістки (HAL), отриманий при вимірюванні за допомогою ДРА, вірогідно пов'язаний з ризиком

переломів стегнової кістки в постменопаузальних жінок [5]. На відміну від вищезазначеного наступні параметри геометрії стегнової кістки, отримані за допомогою ДРА (CSA, зовнішній діаметр стегнової кістки (outer diameter, OD), модуль перетину (section modulus, SM), коефіцієнт вигину (buckling ratio, BR), CSMI та NSA)), не повинні використовуватися для оцінки ризику її переломів. Крім того, параметри CSA, OD, SM, BR, CSMI, HAL та NSA не повинні використовуватись для ініціації лікування та моніторингу за ефективністю терапії [5].

На сьогодні комплексна оцінка стану кісткової тканини та ризику остеопоротичних переломів поєднує використання показників МЩКТ, FRAX, TBS та HSA. Останніми роками створено референтні дані щодо трьох вищезазначених методик для осіб української популяції, проте дані щодо останньої методики відсутні. Тому метою даного дослідження було визначення вікових особливостей параметрів HSA в жінок української популяції та запропонувати їх референтні показники для використання в практичній охороні здоров'я.

Результати дослідження продемонстрували вірогідний вплив віку на показники FSI, CSMI, CSA, d1, d2, d3, γ , α і HAL, проте не на показник θ . Встановлено вірогідне зменшення з віком показника FSI на тлі вірогідного зростання параметрів CSMI, CSA та HAL. Показники зросту та маси тіла були вірогідно пов'язані з параметрами CSMI, CSA і HAL. Показник міцності стегнової кістки (FSI) був вірогідно пов'язаний з масою тіла, проте не зі зростом. Крім того, він вірогідно корелював з показником МЩКТ, виміряним на рівні шийки стегнової кістки, меншою мірою на рівні всієї стегнової кістки та хребта. Показник довжини осі стегнової кістки (HAL) вірогідно не корелював ні з одним з вимірюваних показників МЩКТ, що підтверджує його незалежну роль у прогнозуванні ризику переломів стегнової кістки.

Висновки

Отримані показники структурного аналізу стегнової кістки в здорових жінок української популяції можуть бути використані для комплексної оцінки стану кісткової тканини та ризику переломів стегнової кістки.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів при підготовці даної статті.

References

1. Povoroznyuk VV, Grigorieva NV, Orlik TV, Nishkumaj OI, Dzerovich NI, Balatska NI. Osteoporosis in the practice of an internist doctor. Kyiv: Ekspres; 2014. 198 p. (in Russian).
2. Dhanwal DK, Dennison EM, Harvey NC, Cooper C. Epidemiology of hip fracture: worldwide geographic variation. Indian J Orthop Jan. 2011;45(1):15-22. doi:10.4103/0019-5413.73656.
3. Filipov O. Epidemiology and social burden of the femoral neck fractures. J of IMAB. 2014;20(4):516-518. doi: 10.5272/jimab.2014204.516.

4. Tucker A, Donnelly KJ, McDonald S, et al. The changing face of fractures of the hip in Northern Ireland: a 15-year review. *Bone Joint J.* 2017 Sep;99-B(9):1223-1231. doi: 10.1302/0301-620X.99B9.BJJ-2016-1284.R1.
5. 2015 ISCD Official Positions – Adult. Available from: <https://www.iscd.org/official-positions/2015-iscd-official-positions-adult>.
6. Punda M, Grazio S. Bone densitometry – the gold standard for diagnosis of osteoporosis. *Reumatizam.* 2014;61(2):70-4. PMID: 25427398. (in Croatian).
7. Blake GM, Fogelman I. Role of dual-energy X-ray absorptiometry in the diagnosis and treatment of osteoporosis. *J Clin Densitom.* 2007 Jan-Mar;10(1):102-10. doi: 10.1016/j.jocd.2006.11.001.
8. FRAX - Fracture Risk Assessment Tool. Available from: <https://www.sheffield.ac.uk/FRAX/tool.jsp?lang=en>
9. Povoroznyuk VV, Grigorieva NV. The role of FRAX in predicting the risk of fractures. *Problemy osteologii*. 2012;(1):3-15. (In Ukrainian).
10. Hans D, Goertzen AL, Krieg MA, Leslie WD. Bone microarchitecture assessed by TBS predicts osteoporotic fractures independent of bone density: the Manitoba study. *J Bone Miner Res.* 2011 Nov;26(11):2762-9. doi: 10.1002/jbmr.499.
11. Shevroja E, Lamy O, Kohlmeier L, Koromani F, Rivadeneira F, Hans D. Use of Trabecular Bone Score (TBS) as a Complementary Approach to Dual-energy X-ray Absorptiometry (DXA) for Fracture Risk Assessment in Clinical Practice. *J Clin Densitom.* 2017 Jul - Sep;20(3):334-345. doi: 10.1016/j.jocd.2017.06.019.
12. Beck TJ. Hip Structural Analysis (HSA) Program (BMD and Structural Geometry Methodology) As Used to Create NHANES III Dataset. Baltimore, MD: Johns Hopkins University, School of Medicine; October 29, 2002. 11 p.
13. Faulkner KG, Wacker WK, Barden HS, et al. Femur strength index predicts hip fracture independent of bone density and hip axis length *Osteoporos Int.* 2006;(17):593-599. doi: 10.1007/s00198-005-0019-4.
14. Boudreaux RD, Sibonga JD. Advanced Hip Analysis: Simple Geometric Measurements Predict Hip Fracture Beyond Bone Mineral Density. *TOJ.* 2015;1(2):109-122. doi: 10.18600/toj.010212.
15. Muschitz Ch, Milassin L, Patsch J, et al. DXA and QCT Geometric Structural Measurements of Proximal Femoral Strength. Available from: <http://docplayer.net/48276073-Dxa-and-qct-geometric-structural-measurements-of-proximal-femoral-strength.html>
16. Beck TJ, Looker AC, Ruff CB, Sievanen H, Wahner HW. Structural trends in the aging femoral neck and proximal shaft: analysis of the Third National Health and Nutrition Examination Survey dual-energy X-ray absorptiometry data. *J Bone Miner Res.* 2000 Dec;15(12):2297-304. doi: 10.1359/jbmr.2000.15.12.2297.
17. Grygorieva NV, Povoroznyuk VV, Zubach OB, Povoroznyuk VasV. Proximal Femoral Geometry and the Risk of Fractures: Literature Review. *Bol', Sustavy, Pozvonochnik.* 2016;(21):21-28. doi: 10.22141/2224-1507.1.21.2016.74088.
18. Alwis G, Karlsson C, Stenevi-Lundgren S, Rosengren BE, Karlsson MK. Femoral neck bone strength estimated by hip structural analysis (HSA) in Swedish Caucasians aged 6-90 years. *Calcif Tissue Int.* 2012 Mar;90(3):174-85. doi: 10.1007/s00223-011-9566-1.
19. Kaptoge S, Dalzell N, Loveridge N, Beck TJ, Khaw KT, Reeve J. Effects of gender, anthropometric variables, and aging on the evolution of hip strength in men and women aged over 65. *Bone.* 2003 May;32(5):561-70. PMID: 12753873.
20. Gong J, Tang M, Guo B, Shang J, Tang Y, Xu H. Sex- and age-related differences in femoral neck cross-sectional structural changes in mainland Chinese men and women measured using dual-energy X-ray absorptiometry. *Bone.* 2016 Feb;83:58-64. doi: 10.1016/j.bone.2015.09.017.
21. Zhang H, Hu YQ, Zhang ZL. Age trends for hip geometry in Chinese men and women and the association with femoral neck fracture. *Osteoporos Int.* 2011 Sep;22(9):2513-22. doi: 10.1007/s00198-010-1479-8.
22. Iki M, DongMei N, Tamaki J, et al. Age-specific reference values of hip geometric indices from a representative sample of the Japanese female population: Japanese Population-based Osteoporosis (JPOS) Study. *Osteoporos Int.* 2011 Jun;22(6):1987-96. doi: 10.1007/s00198-010-1406-z.

Отримано 14.11.2017 ■

Григорьева Н.В., Поворознюк В.В., Поворознюк Вас.В., Зубач О.Б.**ГУ «Институт геронтологии имени Д.Ф. Чеботарева НАМН Украины», г. Киев, Украина
Украинский научно-медицинский центр проблем остеопороза, г. Киев, Украина**

Референтные показатели структурного анализа бедренной кости у женщин украинской популяции

Резюме. Актуальность. На сегодняшний день комплексная оценка состояния костной ткани и риска остеопоротических переломов предполагает совместное использование показателей минеральной плотности костной ткани (МПКТ), 10-летней вероятности основных остеопоротических переломов (Fracture Risk Assessment Tool, FRAX), показателя трабекулярной кости (Trabecular Bone Score, TBS) и параметров структурного анализа бедренной кости (Hip Structural Analysis, HSA). В последние годы созданы референтные показатели для трех вышеуказанных методик у лиц украинской популяции, од-

нако данные относительно последней методики отсутствуют. **Цель исследования:** изучить возрастные особенности параметров структурного анализа бедренной кости у женщин украинской популяции и предложить их референтные показатели для использования в практическом здравоохранении. **Материалы и методы.** С помощью методики двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии обследовано 690 условно здоровых женщин в возрасте 20–89 лет без остеопороза, других клинически значимых заболеваний и состояний, влияющих на метаболизм костной ткани, без сопутствующей патологии

тазобедренного сустава и др. **Результаты.** Результаты проведенного исследования продемонстрировали достоверное влияние возраста на показатели FSI, CSMI, CSA, d1, d2, d3, γ , α и HAL, однако не на показатель θ . Установлено достоверное уменьшение с возрастом показателя FSI на фоне достоверного увеличения параметров CSMI, CSA и HAL. Показатели роста и массы тела были достоверно связаны с параметрами CSMI, CSA и HAL. Показатель прочности бедренной кости (FSI) был достоверно связан с массой тела, однако не с ростом. Кроме того, он достоверно коррелировал с показателем МПКТ, измеренным на уровне шейки бедренной кости и в меньшей

степени на уровне всей бедренной кости и позвоночника. Показатель длины оси бедренной кости (HAL) достоверно не коррелировал ни с одним из измеряемых показателей МПКТ, что подтверждает его независимую роль в прогнозировании риска переломов бедренной кости. **Выводы.** Полученные нормативные показатели структурного анализа бедренной кости у здоровых женщин украинской популяции могут быть использованы для комплексной оценки состояния костной ткани и риска переломов бедренной кости.

Ключевые слова: структурный анализ бедренной кости; возраст; женщины; референтные показатели

N.V. Grygorieva, V.V. Povoroznyuk, Vas.V. Povoroznjuk, O.B. Zubach

State Institution "D.F. Chebotarev Institute of Gerontology of the NAMS Ukraine", Kyiv, Ukraine

Ukrainian Scientific and Medical Center for Osteoporosis, Kyiv, Ukraine

Reference indices of hip structural analysis in Ukrainian women

Abstract. Background. Nowadays, a comprehensive assessment of osteoporosis and the risk of osteoporotic fractures involves the combine use of bone mineral density (BMD), 10-year probability of major osteoporotic fractures (Fracture Risk Assessment Tool), Trabecular Bone Score, and parameters of hip structural analysis. In recent years, reference data on the three above-mentioned methods have been developed for the Ukrainian population, but there are no data on the latest methodology. The objective of the study was to assess the age characteristics of hip structural analysis parameters in Ukrainian women and to offer their reference values for use in clinical practice. **Materials and methods.** Using the dual energy X-ray absorptiometry method, we examined 690 healthy women aged 20–89 years without osteoporosis and other clinically significant diseases and conditions affecting the bone metabolism, without other accompanying pathology of hip joint. **Results.** The results of the study showed a significant effect of age on femoral strength index (FSI), cross-sectional moment of inertia (CSMI), cross-sectional area (CSA), distance from center

of femoral head to center of femoral neck (d1), distance from center of femoral head to inter-trochanteric line (d2), mean femoral neck diameter (d3), distance from center of mass of femoral neck to superior neck margin (γ), shaft angle (α) and hip axis length (HAL) indices, but not on parameters of neck/shaft angle (θ). A significant decrease of FSI with age was established on the background on increase of CSMI, CSA and HAL parameters. Indices of height and body weight were reliably related with parameters of CSMI, CSA and HAL. FSI was significantly related to the body weight, but not to the height. In addition, it reliably correlated with BMD measured at femoral neck and lesser at total hip and lumbar spine. The HAL did not significant correlate with any of the measured BMD, which confirms its independent role in prediction of hip fractures risk.

Conclusions. The obtained normative indices of the hip structural analysis in healthy Ukrainian women can be used for a comprehensive assessment of bone status and hip fractures risk.

Keywords: hip structural analysis; age; women; reference values