

УДК 616.71-007.234-071-021.465"40"(045)

Показник якості трабекулярної кісткової тканини в клінічній практиці (огляд літератури)

В. В. Поворознюк¹, Н. І. Дзерович¹, Д. Ханс²

¹ ДУ «Інститут геронтології імені Д. Ф. Чеботарьова НАМН України», Київ

² Центр захворювань кісткової тканини, Університет госпіталю Лозанни. Швейцарія

Osteoporosis is a common systemic disease of the skeleton having significant medical and social consequences. In recent years new diagnostic methods which help to determine the risk and early bone loss in groups of population develop. Thus in 2006 the company «Med-Imaps» (Bordeaux, France) patented a new method «TBS Insight» for assessment the mark of quality of trabecular bone tissue (TBS — trabecular bone score) on the lumbar spine (L₁–L₁₁). The authors analyzed specific information on using of TBS index in clinical practice. It is proved that age has a significant impact on the variability of TBS index. It was shown correlation between TBS index and osteoporotic vertebral fractures, femoral neck fractures and fractures in other sites in postmenopausal women. The results of studies of the effect of various drugs on TBS index were presented. The article also presents the results of research carried out on the basis of Ukrainian scientific and medical center of problems of osteoporosis. There was established significant ($p = 0,0003$) decline of TBS index (L₁–L₁₁) with age in women living in Ukraine. Significant changes in TBS index (L₁–L₁₁) were observed in women at earlier postmenopausal period — after 4 years or more while changes in bone mineral density were determined in women with postmenopausal duration of 7 years or more. Conclusion: Mark of quality of trabecular bone is independent and has important diagnostic value in analysis of structural and functional state of bone tissue. Key words: mark of quality, trabecular bone tissue, age, fractures.

Остеопороз — распространенное системное заболевание скелета, имеющее значительные медико-социальные последствия. В последние годы развиваются новые диагностические методы, которые помогают определять группы риска и раннюю потерю костной ткани у групп населения. Так, в 2006 г. компания «Med-Imaps» (г. Бордо, Франция) запатентована новая методика «TBS Insight» с целью оценки показателя качества трабекулярной костной ткани (TBS — trabecular bone score) на уровне поясничного отдела позвоночника (L₁–L₁₁). Авторы проанализировали специальную информацию по использованию показателя TBS в клинической практике. Доказано, что возраст имеет достоверное влияние на вариабельность показателя TBS. Продемонстрирована корреляционная связь показателя TBS с остеопоротическими переломами тел позвонков, шейки бедренной кости и переломами другой локализации у женщин в постменопаузальном периоде. Приведены результаты исследований влияния различных лекарственных средств на показатель TBS. Также в статье представлены результаты исследований, проведенных на базе Украинского научно-медицинского центра проблем остеопороза. Установлено достоверное ($p = 0,0003$) снижение показателя TBS (L₁–L₁₁) с возрастом у женщин, проживающих в Украине. Достоверные изменения показателя TBS (L₁–L₁₁) отмечены у женщин в более раннем сроке постменопаузального периода — через 4 года и более, в то время как изменения минеральной плотности костной ткани определяются у женщин при продолжительности постменопаузального периода 7 лет и более. Вывод: показатель качества трабекулярной костной ткани является независимым и имеет важную диагностическую ценность при анализе структурно-функционального состояния костной ткани. Ключевые слова: трабекулярная костная ткань, показатель качества, возраст, переломы.

Ключові слова: трабекулярна кісткова тканина, показник якості, вік, переломи

Остеопороз — поширене системне захворювання скелета, яке характеризується зниженням міцності кісткової тканини, порушенням її мікроархітектури з подальшим збільшенням ризику

переломів. У Європі, США та Японії на це захворювання страждає близько 75 млн осіб. Щорічна частота нових остеопоротичних переломів становить близько 9 млн, серед них 1,6 млн припадає на

переломи шийки стегнової кістки. Остеопоротичні переломи істотно впливають на захворюваність і летальність. Внаслідок переломів стегнової кістки середня тривалість життя зменшується на 12–15 % [1, 5, 19, 22, 25].

Діагностувати остеопороз найскладніше на перших стадіях захворювання, оскільки здебільшого першою клінічною ознакою захворювання є низькоенергетичний перелом. У зв'язку з цим останніми роками з'являється все більше нових діагностичних методів, які допомагають визначати групи ризику й ранню втрату кісткової тканини в різних групах населення.

Стан кісткової тканини залежить від багатьох факторів (мінеральної щільності кісткової тканини (МЩКТ), її метаболізму, мінералізації, макрогеометрії, мікроархітектури трабекулярної кісткової тканини, мікропереломів тощо). Серед основних детермінант міцності кістки (на 70–75 %) й ризику переломів є МЩКТ [13]. Золотим стандартом визначення МЩКТ є двохфотонна рентгенівська абсорбціометрія (ДРА). Проте використання цієї методики в клінічній практиці має низку обмежень. Одним із основних вважають значну зону перекриття в осіб залежно від наявності переломів. Наступним обмеженням використання МЩКТ є диспропорційна оцінка коркового шару кістки залежно від обстежуваної ділянки за допомогою ДРА й, відповідно, відмінність обміну кісткової тканини в досліджуваних зонах. Вагомим обмеженням щодо використання МЩКТ є також те, що достовірні зміни показника під впливом лікування або віку можна оцінити після тривалого часу (зазвичай роки). Обмін у трабекулярній кістковій тканині порівняно з корковою відбувається у 8 разів швидше. У зв'язку з цим дослідження мікроархітектури трабекулярної кістки сприяє збільшенню точності й чутливості оцінювання якості кісткової тканини і ризику переломів у клінічній практиці. Структуру трабекулярної кістки можна оцінити з використанням магнітної резонансної або комп'ютерної томографії, але обидві ці методики дорогі та не завжди доступні в повсякденній практиці. Також оцінити мікроструктуру кісткової тканини можна за допомогою гістоморфометричного аналізу після біопсії з гребеня здухвинної кістки. Хоча зазначений метод діагностики високоінформативний, отримують зразок інвазивно та травматично. Більш того, виникає питання, наскільки зазначена ділянка буде дійсно відображати ризик переломів, наприклад, тіл хребців або шийки стегнової кістки. Вирішенню цих питань допоможуть нові неінвазивні візуалізаційні технології, які сьогодні з'явилися у діагностиці

порушень структурно-функціонального стану кісткової тканини та визначенні ризику переломів [39].

Оцінювання якості трабекулярної кісткової тканини

У 2006 р. компанія «Med-Imaps» (м. Бордо, Франція) запатентувала нову методику «TBS Insight» для оцінювання показника якості трабекулярної кісткової тканини (TBS — trabecular bone score). Для цього не виконують пряме фізичне вимірювання кісткової мікроархітектури, а обчислюють показник за проекцією 3D-структури на 2D-площині. Аналіз заснований на варіації сірих відтінків й амплітуді щільності пікселів рентгенівського зображення. Метод дає можливість аналізувати трабекулярну структуру згідно з різними статистичними властивостями пікселів по відношенню до щільності, внаслідок чого вираховують показник, який сильно корелює із 3D-параметрами проектованої трабекулярної кістки. Важливість методики полягає в її відтворюваності й дискримінаційній здатності, чутливості показника до змін під час захворювання або лікування, а також у впливі на оцінювання ризику остеопоротичних переломів. В основі показника TBS лежать такі принципи: щільна трабекулярна мікроструктура проектується на площину та створює зображення, яке містить велику кількість пікселів різних сірих відтінків малої амплітуди. І навпаки, 2D-проекція трабекулярної пористої структури створює зображення з малою кількістю пікселів різних варіацій великої амплітуди (рис. 1). Таким чином створюється варіограма з проектованих зображень, розрахованих як сума квадратів відмінностей сірих відтінків між пікселями на певній відстані, у результаті чого можна оцінити 3D-структуру з представленими варіаціями на 2D-проектованих зображеннях. Показник TBS позитивно корелює з параметрами мікроархітектури Parfitt (кількістю петель та середньою кількістю трабекул на одиницю об'єму), він не залежить від МЩКТ та негативно корелює з показником середньої відстані між трабекулами [33, 34, 36, 38, 39, 41].

Для жінок у постменопаузальному періоді запропоновані такі критерії для оцінювання показника TBS: значення TBS 1,350 та більше вважаються нормальними, від 1,200 до 1,350 відповідає частково порушеній мікроархітектурі трабекулярної кісткової тканини, а 1,200 та менше — значній її деструкції. Зазначені відрізнні точки створено робочою групою експертів з TBS із різних країн за аналогією до трьох категорій оцінки МЩКТ, а саме: нормальної МЩКТ, остеопенії та остеопорозу [39]. Програму оцінювання показника TBS встановлюють на персональних комп'ютерах остеоденситометрів (GE

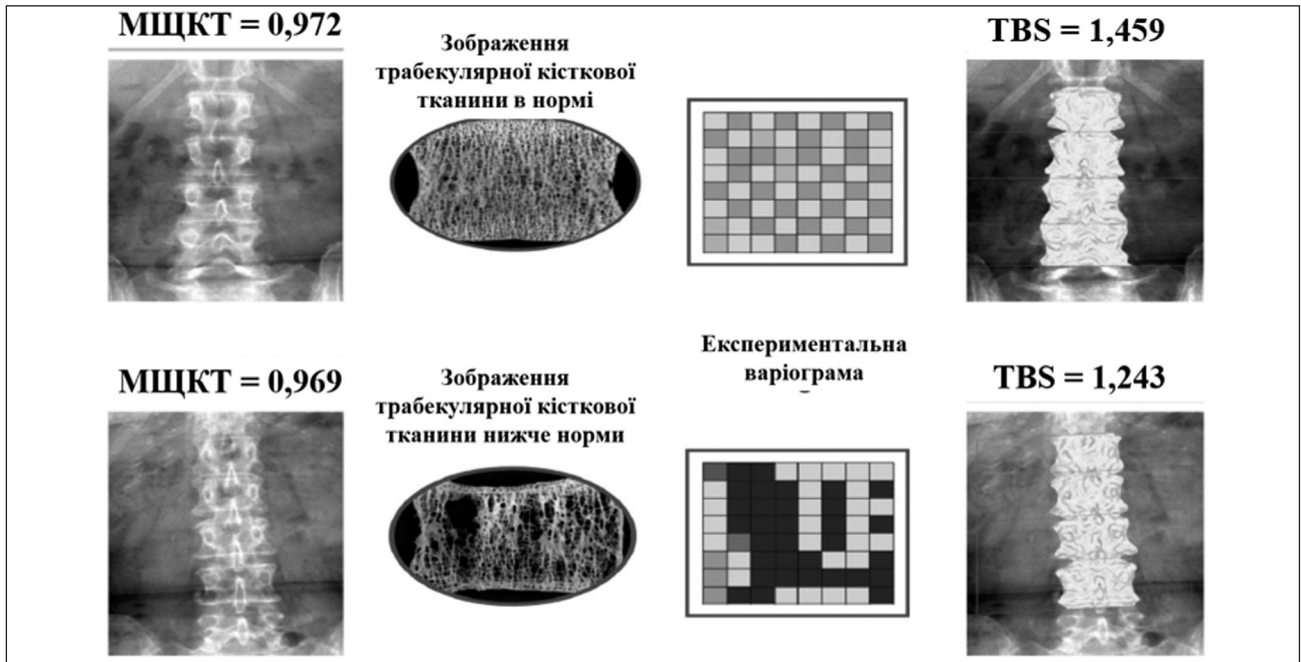


Рис. 1. Принципи обробки зображення для встановлення показника TBS на рівні поперекового відділу хребта (L_1-L_{IV}). Показники МЦКТ та TBS визначені: а) у 73-річної жінки (середній індекс маси тіла $24,2 \text{ кг/м}^2$, МЦКТ (L_1-L_{IV}) $0,972 \text{ г/см}^2$, TBS 1,459); б) у 74-річної жінки (середній індекс маси тіла $24,3 \text{ кг/м}^2$, МЦКТ (L_1-L_{IV}) $0,969 \text{ г/см}^2$, TBS 1,243)

Healthcare-Lunar та Hologic) для аналізу мікроархітектури трабекулярної кісткової тканини на денситометричних зображеннях поперекового відділу хребта (L_1-L_{IV}).

Перевагами використання методики TBS є легка інтерпретація результату, відсутність необхідності додаткових обстежень, швидкість оцінювання (10 с), можливий ретроспективний аналіз денситограм поперекового відділу хребта.

Відповідно до проведених досліджень показник TBS має похибку вимірювання 1–2 %. Короткострокове оцінювання похибки показників TBS та МЦКТ *in vivo* проведено в 30 осіб, яким двічі вимірювали та визначали коефіцієнт середньоквадратичної варіації. У двох центрах похибка вимірювання для показників TBS та МЦКТ становила 1,1 та 1,35 %; 1,9 та 1,5 % відповідно. У 92 осіб, яким проводили повторне денситометричне обстеження хребта (L_1-L_{IV}) протягом 28 днів (51 дослідження в той самий день, 41 — в інші дні спостереження), показник короткострокової відтворюваності (CV) становив для TBS 2,1 %, для МЦКТ — 1,7 %. У дослідженні OPUS розраховано короткострокову похибку вимірювання після зміни положення тіла у 60 пацієнтів. Результат для TBS і МЦКТ виявився відповідно 1,44 та 1,18 %. А. Рорр та співат. [18, 39] проводили вимірювання тричі після зміни положення тіла у 15 амбулаторних хворих. У результаті коефіцієнт варіації для вимірювання МЦКТ становив 0,90 %, для TBS — 1,12 %.

Показник якості трабекулярної кісткової тканини та вік

У багатьох дослідженнях доведено, що вік має вірогідний вплив на варіабельність показника TBS.

R. Dufour та співавт. [20] провели перехресну оцінку показника TBS залежно від віку в 5 942 жінок європейської раси з Франції віком 45–85 років з індексом маси тіла (ІМТ) менше ніж 40 кг/м^2 , які звертались до двох клінічних центрів країни з січня 1997 по грудень 2008 р. У результаті дослідження виявлено слабку негативну кореляцію між показником TBS та ІМТ ($r = -0,17$), а також масою тіла ($r = -0,14$). Із показниками зросту зв'язку не встановлено. Лінійне відхилення показника TBS (L_1-L_{IV}) на 14,5 % виявлено в пацієток віком від 45 до 65 років (6 % до 65 років; 8,5 % старших за 65 років) [20, 39].

C. Simonelli та співавт. [14] оцінили показник TBS у 619 жінок європейської раси віком 30 років та старших, яких обстежили в трьох географічно віддалених центрах. Пацієнтки не мали переломів в анамнезі, не отримували антиостеопоротичних засобів, у них не було захворювань, які впливали б на метаболізм кісткової тканини. Встановлено, що показник TBS (L_1-L_{IV}) залежав від віку та знизився на 16,0 % у вікових групах від 45 до 90 років. Щорічна втрата показника TBS збільшилась у жінок старших за 65 років (від $-0,004$ до $-0,006$).

У перехресному дослідженні, проведеному в канадській провінції Манітоба, виявлено схоже від-

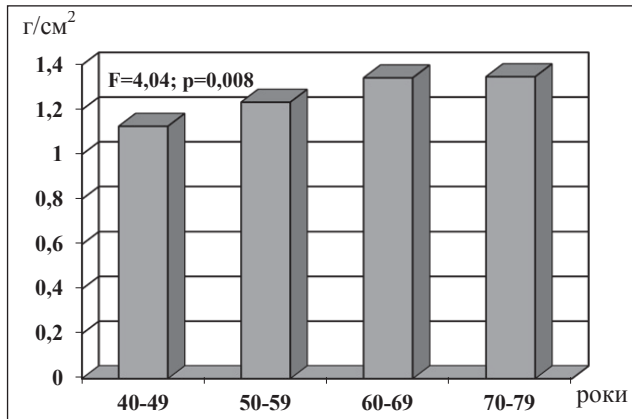


Рис. 2. Діаграма рівня МЦКТ у жінок із показниками структурно-функціонального стану кісткової тканини в межах вікової норми і без переломів в анамнезі залежно від віку

хилення показників МЦКТ та TBS з віком у 29 407 обстежених жінок старших за 50 років.

R. El Hage та співавт. [23] показали негативну кореляцію між показником TBS ($L_{II}-L_{IV}$) та віком ($r = -0,39$; $p < 0,001$) у 4 907 ліванських жінок від 20 до 90 років.

Відомо, що дегенеративно-дистрофічні захворювання хребта, частота яких зростає з віком, можуть спричинити хибні результати МЦКТ на рівні поперекового відділу хребта пацієнтів старших вікових груп, тому в цьому випадку для оцінювання структурно-функціонального стану кісткової тканини враховують показники на рівні проксимального відділу та шийки стегнової кістки. На підставі цього спеціалісти проаналізували показник TBS ($L_{I}-L_{IV}$) у людей старших вікових груп та визначили його залежність від дегенеративно-дистрофічних захворювань хребта.

R. Dufour та співавт. [20] дослідили вплив остеоартриту хребта на TBS у 390 жінок віком 50,0–88,5 років у перехресному дослідженні. Пацієнок розподілили на групи залежно від наявності остеоартриту на рівні поперекового відділу хребта (L_{IV} тіла хребця) відповідно до критеріїв Міжнародного товариства з клінічної денситометрії. Групи пацієнтів ($n = 141$) з остеоартритом та без нього ($n = 141$) вірогідно не відрізнялися за віком ($66,0 \pm 8,3$) проти ($64,1 \pm 6,9$) років) та ІМТ ($25,2 \pm 3,5$) проти ($24,5 \pm 3,4$) кг/м²). Тяжкість остеоартриту визначали за допомогою порівняння тіла хребців L_{III} та L_{IV} та виражали в стандартних відхиленнях T-показника. У результаті аналізу тіл хребців $L_{I}-L_{III}$ не виявлено вірогідних відмінностей МЦКТ та TBS. На рівні L_{IV} тіла хребця МЦКТ була вірогідно вищою (19 %) порівняно з контролем, тоді як вірогідних відмінностей показника TBS (-3,2 % в основній групі проти контрольної, $p > 0,05$) не встановлено. Хоча

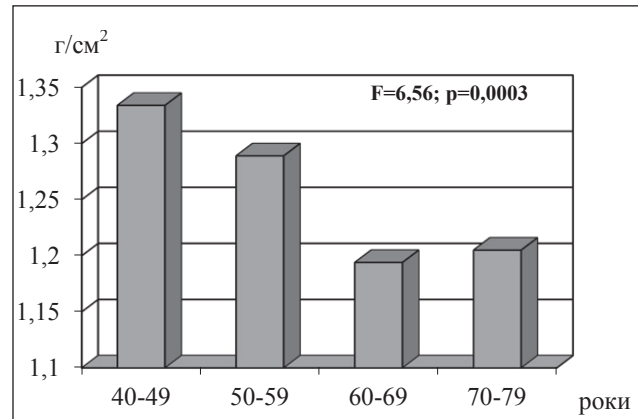


Рис. 3. Діаграма залежності показника TBS у жінок із показниками структурно-функціонального стану кісткової тканини в межах вікової норми і без переломів в анамнезі залежно від віку

виявлено вірогідну кореляцію між тяжкістю остеоартриту та МЦКТ ($r = 0,503$; $p < 0,001$), зв'язку з показником TBS не підтверджено ($r = -0,067$; $p = 0,426$). Одержані результати свідчать, що остеоартрит хребта та його тяжкість мають незначний вплив на показник TBS та вірогідний на МЦКТ на рівні поперекового відділу хребта [20, 32].

В Українському науково-медичному центрі проблем остеопорозу проведено обстеження 521 жінки віком 40–79 років (середній вік ($55,0 \pm 0,3$) років; середній зріст ($1,634 \pm 0,3$) м, середня маса тіла ($73,5 \pm 0,6$) кг) без переломів в анамнезі. МЦКТ та якість трабекулярної кісткової тканини оцінювали за допомогою ДРА (Prodigy, GE). Показники МЦКТ обстежених жінок відповідали віковій нормі. У результаті дослідження встановлено вірогідне підвищення показника МЦКТ на рівні поперекового відділу хребта з віком: 40–49 років — ($1,126 \pm 0,015$) г/см², 50–59 років — ($1,234 \pm 0,013$) г/см², 60–69 років — ($1,343 \pm 0,053$) г/см², 70–79 років — ($1,348 \pm 0,100$) г/см², $F = 4,04$, $p = 0,008$) (рис. 2). На думку авторів, отримані показники можна пояснити підвищенням частоти дегенеративно-дистрофічних захворювань з віком. Вірогідних відмінностей показника МЦКТ на рівні шийки стегнової кістки не виявлено [3].

При цьому в обстежених жінок встановлено вірогідне зменшення показника TBS ($L_{I}-L_{IV}$) з віком: 40–49 років — $1,334 \pm 0,016$; 50–59 років — $1,289 \pm 0,013$; 60–69 років — $1,194 \pm 0,034$; 70–79 років — $1,205 \pm 0,050$ ($F = 6,56$; $p = 0,0003$) (рис. 3).

Таким чином, показник TBS є незалежним та має важливу діагностичну цінність в оцінюванні структурно-функціонального стану кісткової тканини.

В. В. Поворознюк та співавт. [1] дослідили показник TBS у 122 практично здорових жінок віком 40–79 років (середній вік ($56,2 \pm 0,8$) років,

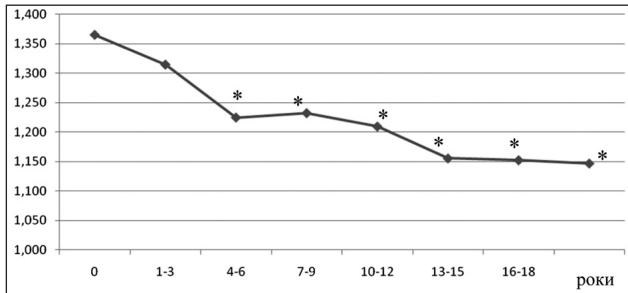


Рис. 4. Графік змін показника TBS у жінок залежно від тривалості постменопаузального періоду (* — $p < 0,05$ порівняно з показниками жінок із регулярним менструальним циклом)

середній зріст ($162,6 \pm 0,5$) м, середня маса тіла ($71,5 \pm 1,3$ кг), яких залежно від тривалості постменопаузального періоду розподілили на групи:

1-а — з регулярним менструальним циклом (без менопаузи) ($n = 25$),

2-а — 1–3 роки ($n = 26$),

3-я — 4–6 років ($n = 12$),

4-а — 7–9 років ($n = 18$),

5-а — 10–12 років ($n = 8$),

6-а — 13–15 років ($n = 4$),

7-а — 16–18 років ($n = 5$),

8-а — понад 19 років ($n = 7$).

У результаті виявлено достовірне зниження показника TBS за тривалості постменопаузального періоду 4 роки та більше (4–6 років ($p = 0,003$), 7–9 ($p = 0,002$), 10–12 ($p = 0,002$), 13–15 ($p = 0,0003$), 16–18 ($p = 0,0003$) і понад 19 років ($p = 0,00002$)) порівняно з показниками жінок із регулярним менструальним циклом. Таким чином, показник TBS тісно пов'язаний зі змінами гормонального фону в організмі жінки. При цьому МЦКТ на рівні поперекового відділу хребта достовірно знижувалася в жінок за тривалого постменопаузального періоду 7–9 ($p = 0,02$), 10–13 років ($p = 0,003$) і понад 19 років ($p = 0,0001$) (рис. 4, 5).

Таким чином, вірогідні зміни якості трабекулярної кісткової тканини, виявлені за допомогою методики «TBS iNsite», спостерігають у жінок на більш ранньому терміні постменопаузального

періоду — через 4 роки та більше, а зміни МЦКТ визначають у жінок за тривалого постменопаузального періоду 7 років та більше.

Показник якості трабекулярної кісткової тканини та остеопоротичні переломи

У результаті декількох перехресних досліджень встановлено, що TBS має зв'язок з остеопоротичними переломами тіл хребців, шийки стегнової кістки та переломів іншої локалізації в жінок у постменопаузальному періоді.

Д. Krueger та співавт. [31] у ретроспективному дослідженні «випадок-контроль» показали, що в разі використання лише показника TBS можна виявляти осіб з високим ризиком переломів. У дослідження увійшли 429 жінок європеїдної раси в постменопаузальному періоді, серед яких у 158 спостерігали низькоенергетичні переломи. У контрольній групі була 271 жінка, усі вони стандартизовані за віком без остеопоротичних переломів в анамнезі. У результаті обстеження виявлено 73 % переломів у жінок без остеопорозу, при цьому в 72 % жінок показник TBS нижчий за середнє значення.

У ретроспективному дослідженні «випадок-контроль», проведеному L. Pothuaud та співавт. [30], обстежено 135 жінок у постменопаузальному періоді з двох центрів, серед яких у 45 рентгенологічно підтверджено переломи: 20 — тіл хребців, 5 — шийки стегнової кістки і 20 — іншої локалізації. У результаті дослідження в жінок з остеопоротичними переломами тіл хребців та іншої локалізації в анамнезі встановлено вірогідно нижчий показник TBS порівняно з контрольною групою ($0,747 \pm 0,140$ проти $0,908 \pm 0,178$; $p = 0,0004$; $0,784 \pm 0,176$ проти $0,899 \pm 0,177$; $p = 0,0005$ відповідно).

В іншому ретроспективному дослідженні «випадок-контроль» проаналізовано показник TBS у жінок європеїдної раси в постменопаузальному періоді віком 50–80 років з остеопенією та ІМТ від 17 до 35 $\text{кг}/\text{м}^2$ [7]. Деформації тіл хребців оцінювали за допомогою рентгенографії. У результаті обстеження у 81 пацієнтки діагностовано переломи

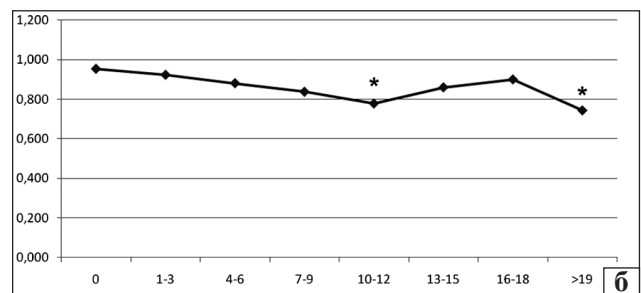
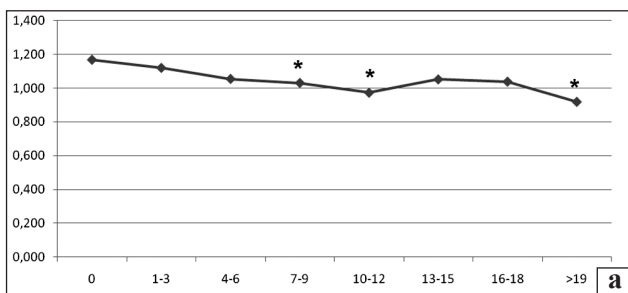


Рис. 5. Криві МЦКТ на рівні поперекового відділу хребта (а) і шийки стегнової кістки (б) у жінок залежно від тривалості постменопаузального періоду (* — $p < 0,05$ порівняно з показниками жінок без менопаузи)

тіл хребців, у 162 їх не виявлено. ІМТ в основній групі обстежених становив $23,3 \text{ кг/м}^2$, у контрольній — $25,4 \text{ кг/м}^2$ ($p < 0,0001$). У жінок з переломами тіл хребців визначені вірогідно нижчі показники МЩКТ та TBS порівняно з показниками контрольної групи ($0,945$ проти $0,968 \text{ г/см}^2$, $p = 0,002$; $0,970$ проти $1,061$, $p < 0,0001$ відповідно). Після стандартизації за масою тіла показник відносного ризику (ВР) для МЩКТ, TBS, МЩКТ+TBS становив відповідно $1,63$ (95 % СІ $1,20$ – $2,22$); $1,97$ (95 % довірчий інтервал (ДІ) $1,31$ – $2,96$); $2,04$ (95 % ДІ $1,42$ – $2,92$).

В. Rabier та співавт. [6] порівняли показники TBS у пацієнтів ($n = 42$) з рентгенологічно підтвердженими деформаціями тіл хребців та осіб контрольної групи ($n = 126$) без низькоенергетичних переломів кісток будь-якої локалізації в анамнезі. Дослідження «випадок-контроль» було ретроспективним, нерандомізованим, його провели в трьох центрах Франції. До нього увійшли жінки європейської раси в постменопаузальному періоді зі зниженими показниками МЩКТ (Т-показник на рівні поперекового відділу хребта, проксимального відділу та шийки стегнової кістки менший за $-1,0 \text{ SD}$), віком 50 – 80 років та ІМТ від 19 до 33 кг/м^2 . Групи стандартизували за віком. У жінок з переломами тіл хребців виявлено вищий ІМТ порівняно з пацієнтками контрольної групи ($25,8$ проти $24,2 \text{ кг/м}^2$, $p = 0,02$). Показники МЩКТ та TBS були вірогідно нижчими в пацієток із переломами порівняно з контрольною групою — $0,839$ проти $0,906 \text{ г/см}^2$, $p = 0,002$; та $0,911$ проти $1,053$, $p < 0,0001$ відповідно. Після стандартизації за масою тіла ВР становив $2,48$ (95 % СІ $1,61$ – $3,83$) для МЩКТ, $3,81$ (95 % ДІ $2,17$ – $6,72$) для TBS та $3,55$ (95 % ДІ $2,24$ – $5,62$) для МЩКТ+TBS [15]. У разі комбінованого оцінювання МЩКТ і показника TBS у жінок у постменопаузальному періоді збільшується специфічність ($+16,7\%$, $p = 0,004$) і чутливість ($+19,1\%$, $p = 0,05$) діагностики порушень структурно-функціонального стану кісткової тканини, ніж за умов використання тільки МЩКТ ($61,9\%$) [6, 39].

Зв'язок між показником TBS (L_1 – L_{IV}) та переломом шийки стегнової кістки вивчали в нерандомізованому, дослідженні «випадок-контроль», в якому взяла участь 191 жінка віком 50 – 91 рік (у середньому $26,8 \pm 9,45$) та ІМТ від 17 до 35 кг/м^2 (у середньому $26,8 \pm 3,3$) кг/м^2). Серед обстежених жінок у 83 наявні в анамнезі остеопоротичні переломи шийки стегнової кістки, 108 склали контрольну групу без остеопоротичних переломів будь-якої локалізації. Жінки основної групи були старші за віком ($69,8$ проти $64,6$ років, $p = 0,0001$), з меншим ІМТ ($26,2$ проти $27,2 \text{ кг/м}^2$, $p = 0,03$) та мали вірогідно нижчі

показники МЩКТ та TBS (МЩКТ (L_1 – L_{IV}): ВР $2,21$ (95 % ДІ $1,56$ – $3,13$); TBS (L_1 – L_{IV}): ВР $2,05$ (95 % ДІ $1,45$ – $2,89$)). Встановлено зв'язок між МЩКТ на рівні шийки і проксимального відділу стегнової кістки та наявністю перелому (ВР $5,86$; 95 % ДІ $3,39$ – $10,14$; $6,06$ (95 % ДІ $3,55$ – $10,34$) відповідно) [24].

У перехресному дослідженні О. Lamі та співавт. [32] обстежили 631 жінку з OsteoLaus швейцарської групи ($n = 1\,502$) віком 50 – 80 років, середній вік обстежених пацієток становив ($67,4 \pm 6,7$) років, середній ІМТ — ($26,1 \pm 4,6$) кг/м^2 . Деформації тіл хребців оцінювали за допомогою латеральної методики ДРА. Частота вертебральних переломів II та III ступеня, основних остеопоротичних переломів та одного остеопоротичного перелому становила $8,4$; $17,0$ та $26,0\%$ відповідно. Зв'язок між переломом та TBS був вірогідним після стандартизації за МЩКТ (L_1 – L_{IV}) ($p < 0,05$).

У проспективному дослідженні Manitoba [12, 27] взяли участь $29\,407$ жінок віком 50 років та старших, серед них $1\,668$ мали остеопоротичні переломи ($5,7\%$), у тому числі 439 ($1,5\%$) — клінічні переломи тіл хребців та 293 (1%) — шийки стегнової кістки. Жінки з переломами мали вірогідно нижчі показники TBS (L_1 – L_{IV}) та МЩКТ (L_1 – L_{IV}) порівняно з жінками без переломів ($p < 0,05$). Кожне зниження стандартного відхилення показника TBS має 35% збільшення вік-залежного ризику будь-яких остеопоротичних переломів (ВР 95% ДІ $1,29$ – $1,42$) порівняно з 47% (ВР 95% ДІ $1,39$ – $1,55$) у разі оцінювання МЩКТ на рівні поперекового відділу хребта (L_1 – L_{IV}) та 68% — шийки стегнової кістки (ВР 95% ДІ $1,58$ – $1,78$). Поєднане оцінювання МЩКТ будь-якої зони вимірювання (поперекового відділу хребта, шийки та проксимального відділу стегнової кістки) та TBS значно покращувало прогноз щодо виникнення переломів порівняно з оцінкою поодиночі МЩКТ або TBS ($p < 0,0001$). Після стандартизації за МЩКТ та додатковими клінічними факторами ризику з кожним зниженням стандартного відхилення показника TBS збільшувався ризик остеопоротичних переломів будь-якої локалізації від 17 до 20% . Після стандартизації за віком показника TBS у прогнозі клінічних вертебральних переломів встановили ВР $1,45$ (95 % ДІ $1,32$ – $1,58$) та переломів шийки стегнової кістки ВР $1,46$ (95 % ДІ $1,30$ – $1,63$).

У проспективному дослідженні OFELY [37] обстежено 560 жінок європейської раси в постменопаузальному періоді, середній період спостереження становив ($8,0 \pm 1,1$) років. Серед обстежених у 94 жінок відмічено остеопоротичні переломи різної локалізації та низькі показники МЩКТ на рівні

поперекового відділу хребта (Т-показник: $-1,9 \pm 1,2$ проти $-1,4 \pm 1,3$, $p < 0,001$) та TBS ($1,237 \pm 0,098$ проти $1,284 \pm 0,105$; $p < 0,001$) порівняно з жінками без переломів ($n = 466$). Пацієнтки з переломами були старші за віком та мали меншу масу тіла порівняно з жінками без переломів ($(70,4 \pm 9,4)$ проти $(65,3 \pm 7,6)$ років, $p < 0,001$; $(59,9 \pm 9,0)$ проти $(62,0 \pm 9,0)$ кг, $p < 0,05$). Відношення ризику виникнення переломів було подібним між МЩКТ на рівні поперекового відділу хребта (BP 1,42; 95 % ДІ 1,17–1,72) та показником TBS (BP 1,57; 95 % ДІ 1,25–1,98), але нижчим, ніж для МЩКТ проксимального відділу стегнової кістки (BP 2,12; 95 % ДІ 1,62–2,77). Хоча відношення ризику для показника TBS слабке, проте він має велике значення для прогнозу переломів під час створення мультиваріаційного покорокового аналізу з урахуванням віку, маси тіла та переломів в анамнезі (BP 1,34; 95 % ДІ 1,04–1,73). В нижній квартилі показника TBS незалежно від МЩКТ виникає 37 % переломів.

М. Ікі та співавт. [35] обстежили 665 жінок (середній вік $(64,1 \pm 8,1)$ років), яким проводили рентгеноморфометричний аналіз тіл хребців за допомогою латеральної методики на приладі двофотонного рентгенівського денситометра (середній термін спостереження 8,43 року). У результаті діагностовано 140 переломів у 92 жінок, причому в них спостерігали вірогідно нижчі показники МЩКТ на рівні поперекового відділу хребта — $(0,729 \pm 0,126)$ г/см² та TBS — $1,132 \pm 0,110$ порівняно з жінками без переломів (МЩКТ $(0,814 \pm 0,141)$ г/см², TBS $1,200 \pm 0,095$; $p < 0,0001$ для обох випадків). Відношення ризику переломів тіл хребців для кожного відхилення МЩКТ на рівні поперекового відділу хребта та показника TBS зменшувалось та становило відповідно 1,69 (95 % ДІ 1,39–2,05) та 1,98 (95 % ДІ 1,56–2,51). Показник AUC для МЩКТ (L_1-L_{IV}), TBS та комбінованого показника МЩКТ (L_1-L_{IV}) + TBS становив відповідно 0,673; 0,682 та 0,700. TBS залишався предиктором переломів після стандартизації за віком та МЩКТ (BP 1,54; 95 % ДІ 1,17–2,02). Проте комбінація показників TBS та МЩКТ (L_1-L_{IV}) у прогнозуванні переломів не є вірогідно кращою, ніж за умов використання лише МЩКТ. Після розподілу пацієнтів за показником TBS на тертильні групи найвищу частоту переломів тіл хребців спостерігали в групі з найнижчим показником TBS.

К. Briot та співавт. [8] дослідили додаткову цінність показника TBS до МЩКТ у прогнозуванні переломів у 1 007 жінок постменопаузального періоду віком понад 50 років з трьох європейських центрів та дослідження OPUS. Середній період спо-

стереження становив 6 років. Низькоенергетичні переломи, виявлені за самозверненням, або переломи тіл хребців, встановлені в результаті рентгенографії грудного та поперекового відділів хребта, зареєстровано у 82 (8,1 %) та 46 (4,6 %) жінок відповідно. Порівняно з жінками без переломів пацієнтки з переломами старші, у них вірогідно нижчі показники TBS та МЩКТ на всіх досліджуваних ділянках (L_1-L_{IV} , проксимальний відділ та шийка стегнової кістки) ($p < 0,05$). Відношення ризику для TBS становило 1,62 (95 % ДІ 1,30–2,01) для клінічних остеопоротичних переломів та 1,54 (95 % ДІ 1,17–2,03) для переломів тіл хребців.

Протягом останніх років на міжнародних форумах представлено декілька тез, присвячених вивченню діагностичної спроможності методики TBS у визначенні ризику переломів у чоловіків.

Е. Leib та співавт. [40] обстежили 184 чоловіки, серед яких у 46 виявлені низькоенергетичні переломи. Середній показник TBS у пацієнтів основної групи був вірогідно нижчим порівняно з контрольною, стандартизованою за віком та МЩКТ (L_1-L_{IV}) ($p = 0,007$, $\Delta TBS = -0,062$). BP за стандартним відхиленням показника TBS були 1,60 (95 % ДІ 1,13–2,27).

Р. Lorenc та співавт. [29] показали, що значення TBS у 44 чоловіків хоча б з одним низькоенергетичним переломом тіла хребця, визначеним за допомогою латеральної методики ДРА, було вірогідно нижчим порівняно з показниками в 50 чоловіків без переломів ($0,96 \pm 0,15$ проти $1,06 \pm 0,14$; $p = 0,001$). МЩКТ (L_1-L_{IV}) в осіб з переломами мала тенденцію до нижчих показників ($p = 0,07$). Встановлено, що показник TBS є предиктором виникнення переломів тіл хребців (BP 95 % ДІ 0,589–0,783; $p = 0,0004$). Оптимальну відрізню точку якості трабекулярної кісткової тканини становив показник 0,987; чутливість при цьому була 60,47 %, специфічність 80 %. Особи з показником TBS нижче зазначеної точки мали у п'ять разів вищий ризик переломів тіл хребців (BP 5,7; 95 % ДІ 2,271–14,28) порівняно з чоловіками, у яких показник був вищим [39].

За даними В. В. Поворознюка та співавт. [4], показник TBS (L_1-L_{IV}) у чоловіків вірогідно знижується з віком: 40–49 років — $1,116 \pm 0,02$; 50–59 — $1,111 \pm 0,02$; 60–69 — $1,118 \pm 0,02$; 70–79 — $1,062 \pm 0,02$; 80–89 — $1,080 \pm 0,05$ ($F = 2,42$; $p = 0,048$). Виявлено достовірні відмінності показника TBS у віковій групі 70–79 років порівняно з групами 40–49 і 60–69 років ($p = 0,03$) [6].

Показник якості трабекулярної кісткової тканини та алгоритм FRAX в оцінці ризику остеопоротичних переломів

Таблиця 1

Використання алгоритму FRAX і методики TBS в оцінюванні ризику остеопоротичних переломів

Показник TBS залежно від тертильного розподілу	Зміни 10-річної ймовірності остеопоротичних переломів	
	основні	шийка стегнової кістки
Нижня тертиль TBS (L_1-L_{IV})	збільшення на 25 %	збільшення на 30 %
Середня тертиль TBS (L_1-L_{IV})	без змін	без змін
Верхня тертиль TBS (L_1-L_{IV})	зниження на 21 %	без змін

FRAX (fracture risk assessment tool) — метод (інструмент) оцінки 10-річного ризику переломів стегнової кістки та інших основних остеопоротичних переломів (променева та плечова кістки, клінічно значущі переломи тіл хребців і стегнової кістки). Він розроблений на підставі показників віку, індексу маси тіла й клінічних факторів ризику переломів з дослідженням або без нього мінеральної щільності кісткової тканини шийки стегнової кістки в чоловіків і жінок.

На щорічному форумі Міжнародного товариства з клінічної денситометрії (ISCN) в 2013 р. (Тампа, Флорида) W. D. Leslie та J. Kanis [28] представили результати дослідження, згідно з якими за використання алгоритму FRAX і методики TBS достовірно збільшується прогностична значимість діагностики остеопорозу (табл. 1). Також підтверджено незалежність показника TBS під час оцінювання ризику остеопоротичних переломів.

Через багато факторів, які призводять до остеопорозу, та детермінант, що визначають міцність кісткової тканини, виникає питання, чи має бути різною терапія (антирезорбтивною та/або анаболічною) у пацієнтів, які страждають на остеопороз, із однаковими показниками МЩКТ, подібними клінічними факторами ризику та різним рівнем TBS (низьким або високим).

Вплив лікарських засобів на показник TBS

Останніми роками все більше уваги приділяють вивченню змін показника TBS за умов дії різних лікарських засобів.

М. Kalder та співавт. [17] проводили аналіз рандомізованого дослідження TEAM (Tamoxifene Exemestane Adjuvant Multinational trial) з метою вивчення впливу ексеместану й тамоксифену на МЩКТ і TBS у жінок у постменопаузальному періоді з гормон-чутливим первинним раком молочної залози. Усього проаналізовано 36 жінок, серед яких 17 отримували тамоксифен, 19 — ексеместан. У пацієток, які отримували тамоксифен, встановлено вірогідне збільшення МЩКТ на рівні поперекового відділу хребта на 1,0; 1,5 та 1,9 % через 6, 12 та 24 міс. лікування. В осіб, які отримували ексеместан, спостерігали зменшення показника на 2,3; 3,6 та 5,3 % відповідно. Аналогічно змінювався показник

TBS: зростав на фоні лікування тамоксифеном (на 2,2; 3,5 та 3,3 % відповідно) та зменшувався в разі використання ексеместану (на 0,9; 1,7 та 2,3 %). Зміни показника TBS були вірогідними через 6 ($p < 0,05$), 12 ($p < 0,007$) та 24 ($p < 0,006$) місяців лікування зазначеними препаратами. Кореляції між динамікою показників МЩКТ та TBS не встановлено.

Вплив стронцію ранелату та алендронові кислоти на показник TBS оцінили в 79 жінок із постменопаузальним остеопорозом, які брали участь у подвійному сліпому, рандомізованому дослідженні. Пацієнтки отримували 2 г на добу стронцію ранелату або алендронат у дозі 70 мг на тиждень протягом 2 років. Показники МЩКТ і TBS на рівні поперекового відділу хребта оцінювали через 12 та 24 міс. лікування. Встановлено вірогідне підвищення МЩКТ (L_1-L_{IV}) на 5,6 і 9,0 % через 1 та 2 роки лікування стронцієм ранелатом і на 5,2 та 7,6 % алендронатом. У разі використання стронцію ранелату також спостерігали вірогідне збільшення показника TBS на 2,3 % через 1 рік лікування та на 3,1 % через 2. Проте під час терапії стронцієм ранелатом вірогідних відмінностей показника TBS не виявлено (0,5 та 1,0 % відповідно). Міжгруповий аналіз свідчить про вірогідно більше зростання показника TBS у разі терапії стронцієм ранелатом порівняно з алендроновією кислотою ($p = 0,04$ та $p = 0,03$) [11].

Вплив терипаратиду на МЩКТ та показник TBS вивчали у відкритому мультицентровому дослідженні 82 жінок із постменопаузальним остеопорозом протягом двох років. Виявлено вірогідне збільшення МЩКТ на 7,6 % ($p < 0,001$) та показника TBS на 4,3 % ($p < 0,001$). Зв'язок між МЩКТ та TBS не встановлений [9].

М. McClung та співавт. [15] вивчали вплив деносумабу на показник TBS протягом 36 місяців у жінок із постменопаузальним остеопорозом, які взяли участь у трирічному рандомізованому, подвійному сліпому дослідженні Freedom. Пацієнтки отримували плацебо ($n = 128$) або деносумаб ($n = 157$) кожні 6 міс. МЩКТ оцінювали за допомогою ДРА, яку проводили на початку дослідження та через 12, 24 та 36 міс. Показник TBS визначали ретроспективно. Середнє значення T-показника

Таблиця 2

Динаміка МЦКТ і показника якості TBS під впливом різних антиостеопоротичних лікарських засобів

Лікарський засіб	Динаміка показника		Дослідження
	МЦКТ (L _I -L _{IV})	TBS (L _I -L _{IV})	
Бісфосфонати проти плацебо	+3,8 % проти -0,8 %	+0,4 % проти -0,6 %	Manitoba, Канада
Золедронат проти плацебо	+7,9 % проти +1,7 %	+1,1 % проти -0,5 %	Aclasta, Швейцарія
Стронцію ранелат проти алендронат	+9,0 % проти +7,6 %	+3,1 % проти +1,0 %	Protelos, Німеччина
Терипаратид проти ібандронат	+7,5 % проти +2,7 %	+3,6 % проти +0,1 %	Forsteo, Швейцарія
Деносумаб проти плацебо	+7,8 % проти +0,1 %	+1,9 % проти +0,2 %	Міжнародне мультицентрове Freedom

на рівні поперекового відділу хребта було -2,79, TBS — 1,200. В осіб, які отримували деносумаб, вірогідно збільшувалася МЦКТ та показник TBS на рівні поперекового відділу хребта на 5,7 та 1,4 % через 12 міс. лікування, на 7,8 та 1,9 — через 24 міс., на 9,8 та 2,4 % — через 36 міс.

М. Krieg та співавт. [16] вивчили дію антирезорбтивних засобів (86 % бісфосфонатів, 10 % ралоксифену, 4 % кальцитоніну) на показник TBS у ретроспективно досліджуваній групі жінок віком 50 років і старших, серед них 534 отримували лікування, а 1 150 — ні. Середній термін спостереження становив 3,7 року. Порівняно з початковими показниками встановлено подібне зниження МЦКТ на рівні поперекового відділу хребта ((-0,36 ± 0,05) % на рік) та показника TBS (L_I-L_{IV}) ((-0,31 ± 0,06) % на рік) у групі жінок, які не отримували лікування. Під час вживання лікарських засобів вірогідно підвищувалася МЦКТ — на (1,86 ± 1,8) % на рік (p < 0,002), показник TBS — тільки на (0,2 ± 1,9) % на рік (p < 0,001). Під час незалежного вивчення впливу золедронової кислоти на показник TBS у 54 жінок основної групи не виявлено вірогідних змін показника порівняно з плацебо (n = 53) протягом 3 років. У пацієток, які отримували золедронову кислоту, вірогідно збільшувалася МЦКТ через 12, 24 та 36 міс. (на 4,96; 7,88 та 9,58 % відповідно, p < 0,0001), а показник TBS — через 24 (1,11 %, p < 0,05) та 36

(1,41 %, p < 0,04) міс. У групі плацебо показник TBS не відрізнявся на будь-якому етапі спостереження.

D. Hans та співавт. [1, 9, 11, 16] виконали порівняльний аналіз впливу антиостеопоротичних препаратів на показник TBS на підставі результатів п'яти різних непослідовних досліджень. Автори встановили найбільшу достовірну позитивну динаміку показника TBS у разі використання засобів з анаболічним ефектом: терипаратиду та стронцію ранелату — 3,6 і 3,1 % відповідно порівняно з бісфосфонатами через 2 роки терапії (рис. 6, табл. 2).

За даними наукової літератури можна стверджувати, що в разі застосування антиостеопоротичних лікарських засобів з анаболічною дією на кісткову тканину достовірно збільшується МЦКТ і показник TBS. У разі використання препаратів з антирезорбтивним ефектом (бісфосфонатів) достовірно підвищується тільки одна з оцінюваних детермінант міцності кісткової тканини — МЦКТ, що не призводить до значного зниження ризику розвитку остеопоротичних переломів. Відповідно інтерпретація впливу динаміки МЦКТ і TBS за умов використання антиостеопоротичних препаратів на ризик розвитку остеопоротичних переломів (табл. 3)

Таблиця 3

Інтерпретація динаміки показників МЦКТ (L_I-L_{IV}) і TBS (L_I-L_{IV}) в оцінюванні впливу антиостеопоротичних препаратів на ризик розвитку остеопоротичних переломів

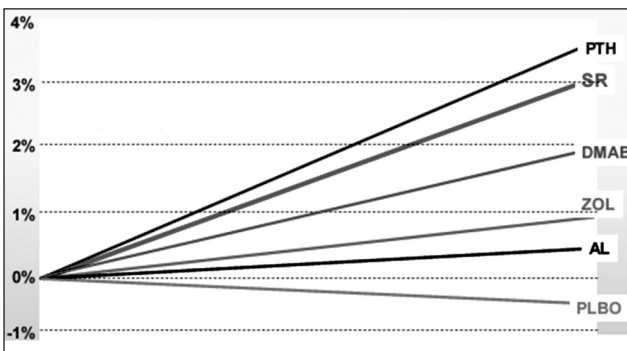


Рис. 6. Графік динаміки показника TBS під впливом різних антиостеопоротичних засобів (адаптовано за D. Hans, 2012 [13]): PTH — терипаратид, SR — стронцію ранелат, DMAB — деносумаб, ZOL — золедронат, AL — алендронат, PLBO — плацебо

Динаміка		Оцінювання ризику розвитку остеопоротичних переломів
МЦКТ на рівні поперекового відділу хребта та шийки стегнової кістки	показника (L _I -L _{IV})	
↑	↑	зниження
↑	↓	стабілізація
↑	→	незначне зниження
↓	↑	стабілізація
↓	↓	збільшення
↓	→	незначне збільшення
→	↑	незначне зменшення
→	↓	незначне збільшення
→	→	стабілізація

Примітка. ↑ — позитивна динаміка показника, ↓ — негативна, → — відсутня.

є відмінною, що безумовно важливо враховувати під час курації пацієнтів з остеопорозом [7].

Таким чином, враховуючи значне медико-соціальне значення остеопорозу та його наслідків у світі, безумовно важливою сьогодні ми вважаємо діагностику порушень структурно-функціонального стану кісткової тканини на ранніх стадіях захворювання. Тому поява нових додаткових діагностичних методів, які допомагали б враховувати різні критерії міцності кісткової тканини (мінеральну щільність, мікро- та макроархітектуру тощо) відіграє важливу роль не тільки в діагностиці, а також у лікуванні пацієнтів з остеопорозом та іншою патологією кісткової тканини.

Список літератури

1. Остеопороз: клиника, диагностика, профилактика и лечение / [Корж Н. А., Поворознюк В. В., Дедух Н. В., Зупанець И. А.]. — Харьков: Золотые страницы, 2002. — 468 с.
2. Поворознюк В. В. Качество трабекулярной костной ткани у женщин в зависимости от длительности постменопаузального периода / В. В. Поворознюк, Н. И. Дзерович // Имплантология. Пародонтология. Остеология. — 2012. — № 4 (28). — С. 12–16.
3. Поворознюк В. В. Качество трабекулярной костной ткани у женщин различного возраста / В. В. Поворознюк, Н. И. Дзерович // Боль. Суставы. Позвоночник. — 2011. — № 4 (04). — С. 29–31.
4. Поворознюк В. В. Минеральная плотность и качество костной ткани, 10-летний риск остеопоротических переломов у украинских мужчин различного возраста / В. В. Поворознюк, А. С. Мусиенко, Н. И. Дзерович // Боль. Суставы. Позвоночник. — 2013. — № 3 (11). — С. 52–55.
5. Поворознюк В. В. Менопауза и костно-мышечная система / В. В. Поворознюк, Н. В. Григорьева. — К., 2004. — 512 с.
6. A multicentre, retrospective case-control study assessing the role of trabecular bone score (TBS) in menopausal Caucasian women with low areal bone mineral density (BMDa): Analysing the odds of vertebral fracture / B. Rabier, A. Heraud, C. Grand-Lenoir [et al.] // Bone. — 2010. — Vol. 46 (1). — P. 176–181, doi: 10.1016/j.bone.2009.06.032.
7. A retrospective case-control study assessing the role of trabecular bone score in postmenopausal caucasian women with osteopenia: analyzing the odds of vertebral fracture / R. Winzenrieth, R. Dufour, L. Pothuaud, D. Hans // Calcif. Tissue Int. — 2010. — Vol. 86 (2). — P. 104–109, doi: 10.1007/s00223-009-9322-y.
8. Added value of trabecular bone score to bone mineral density for prediction of osteoporotic fractures in postmenopausal women: the OPUS study / K. Briot, S. Paternotte, S. Kolta [et al.] // Bone. — 2013. — Vol. 57, № 1. — P. 232–236, doi: 10.1016/j.bone.2013.07.040.
9. Beneficial effect of PTH on spine BMD and microarchitecture (TBS) parameters in postmenopausal women with osteoporosis. A 2-year study / B. Gunther, A. W. Popp, D. Stoll [et al.] // Osteoporosis Int. — 2012. — Vol. 23 (Suppl. 2). — P. S332–S333.
10. Beneficial effects of zoledronate versus placebo on spine bone mineral density and microarchitecture assessed by the trabecular bone score in postmenopausal women with osteoporosis: a three-year study / A. W. Popp, S. Guler, O. Lamy [et al.] // J. Bone Miner. Res. — 2013. — Vol. 28 (3). — P. 449–454, doi: 10.1002/jbmr.1775.
11. Beneficial effects of strontium ranelate compared to endonate in postmenopausal osteoporotic women. a 2-year study / D. Hans, M.-A. Krieg, O. Lamy, D. Felsenberg // Osteoporosis Int. — 2012. — Vol. 23 (Suppl. 2). — P. 265–267.
12. Bone microarchitecture assessed by TBS predicts osteoporotic fractures independent of bone density: the Manitoba study / D. Hans, A. L. Goertzen, M. A. Krieg, W. D. Leslie // J. Bone Miner. Res. — 2011. — Vol. 26, № 11. — P. 2762–2799, doi: 10.1002/jbmr.499.
13. Cormier C. TBS in routine clinical practice: proposals of use: Atlas of TBS use / C. Cormier, O. Lamy, S. Poriau. — 2012. — 16 p.
14. Creation of the age-related TBS curve at lumbar spine in US Caucasian women derived from DXA / C. Simonelli, E. Leib, M. McClung [et al.] // J. Clin. Densitom. — 2013. — Vol. 16. — P. 272.
15. Denosumab significantly improved trabecular bone score (TBS), an index of trabecular microarchitecture, in postmenopausal women with osteoporosis / M. McClung, K. Lippuner, M. Brandi [et al.] // J. Bone Miner Res. — 2012. — Vol. 27 (Suppl. 1). — P. S58–S59.
16. Effects of antiresorptive agents on bone micro-architecture assessed by TBS in women age 50 and older: The Manitoba prospective study / M. A. Krieg, A. Goertzen, W. D. Leslie, D. Hans // Bone. — 2011. — Vol. 48 (2, Suppl.). — P. 217, doi: 10.1016/j.bone.2011.03.501.
17. Effects of exemestane and tamoxifen treatment on bone texture analysis assessed by TBS in comparison with bone mineral density assessed by DXA in women with breast cancer / M. Kalder, D. Hans, I. Kyveritakis [et al.] // J. Clin. Densitom. — 2014. — Vol. 17 (1). — P. 66–71, doi: 10.1016/j.jocd.2013.03.003.
18. Effects of zoledronate versus placebo on spine bone mineral density and microarchitecture assessed by the trabecular bone score in postmenopausal women with osteoporosis: a three-year study / A. W. Popp, S. Guler, O. Lamy [et al.] // J. Bone Miner. Res. — 2013. — Vol. 28 (3). — P. 449–454, doi: 10.1002/jbmr.1775.
19. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women / J. A. Kanis, E. V. McCloskey, H. Johansson [et al.] // Osteoporosis Int. — 2013. — Vol. 24, № 1. — P. 23–57, doi: 10.1007/s00198-012-2074-y.
20. Generation and validation of a normative, age-specific reference curve for lumbar spine trabecular bone score (TBS) in French women / R. Dufour, R. Winzenrieth, A. Heraud [et al.] // Osteoporosis Int. — 2013. — Vol. 24, № 11. — P. 2837–2846, doi: 10.1007/s00198-013-2384-8.
21. Hans D. Estimation of bone microarchitecture pattern from AP spine DXA scans using the Trabecular Bone Score (TBS): an added value in clinical routine for the patient. A short review / D. Hans, R. Winzenrieth // Osteologicky bulletin. — 2011. — Vol. 16 (3). — P. 70–78.
22. Holroyd C. Epidemiology of osteoporosis / C. Holroyd, C. Cooper, E. Dennison // Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab. — 2008. — Vol. 22, № 5. — P. 671–685.
23. Influence of age, morphological characteristics, and lumbar spine bone mineral density on lumbar spine trabecular bone score in Lebanese women / R. El Hage, W. Khairallah, F. Bachour [et al.] // J. Clin. Densitom. — 2014. — Vol. 17, № 3. — P. 434–435, doi: 10.1016/j.jocd.2013.03.012.
24. Is bone microarchitecture status of the lumbar spine assessed by TBS related to femoral neck fracture? A Spanish case-control study / L. M. Del Rio, R. Winzenrieth, C. Cormier, S. Di Gregorio // Osteoporosis Int. — 2013. — Vol. 24, № 3. — P. 991–998, doi: 10.1007/s00198-012-2008-8.
25. Johnell O. An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures / O. Johnell, J. A. Kanis // Osteoporosis Int. — 2006. — Vol. 17, № 12. — P. 1726–1733.
26. Laplante B. L. Spine osteoarthritis. Review / B. L. Laplante,

- M. J. DePalma // *PM R.* — 2012. — Vol. 4 (Suppl. 5). — P. S28–S36, doi: 10.1016/j.pmrj.2012.03.005.
27. Leslie W. D. Clinical factors associated with trabecular bone score / W. D. Leslie, M. A. Krieg, D. Hans // *J Clin Densitom.* — 2013. — Vol. 16, № 3. — P. 374–379, doi: 10.1016/j.jocd.2013.01.006.
 28. Leslie W. D. Lumbar spine TBS is a FRAX independent risk factor for fracture. The Manitoba BMD Cohort / W. D. Leslie, J. Kanis: abstract books of ISCD Annual meeting, Tampa, Florida, 2013.
 29. Lorenc R. TBS as a predictor of vertebral fracture in Polish men / R. Lorenc, W. Horst-Sikorska // *J. Bone Miner. Res.* — 2012. — Vol. 27 (Suppl. 1) — P. 487.
 30. Pothuaud L. Evaluation of the potential use of trabecular bone score to complement bone mineral density in the diagnosis of osteoporosis: a preliminary spine BMD-matched, Case-control study / L. Pothuaud, N. Barthe, M.-A. Krieg // *J. Clin. Densitom.* — 2009. — Vol. 12, № 2. — P. 170–176, doi: 10.1016/j.jocd.2008.11.006.
 31. Spine trabecular bone score subsequent to bone mineral density improves fracture discrimination in women / D. Krueger, E. Fidler, J. Libber [et al.] // *J. Clin. Densitom.* — 2014. — Vol. 17, № 1. — P. 60–65, doi: 10.1016/j.jocd.2013.05.001.
 32. The OsteoLaus Cohort Study: bone mineral density, microarchitecture score and vertebral fracture assessment extracted from a single DXA device in combination with clinical risk factors improve significantly the identification of women at high risk of fracture / O. Lamy, M.-A. Krieg, D. Stoll [et al.] // *Osteologie.* — 2012. — Vol. 21. — P. 77–82.
 33. The predictive value of trabecular bone score (TBS) on whole lumbar vertebrae mechanics: an ex vivo study / J. P. Roux, J. Wegrzyn, S. Boutroy [et al.] // *Osteoporos. Int.* — 2013. — Vol. 24, № 9. — P. 2455–2460, doi: 10.1007/s00198-013-2316-7.
 34. Trabecular bone score (TBS) — a novel method to evaluate bone microarchitectural texture in patients with primary hyperparathyroidism / B. C. Silva, S. Boutroy, C. Zhang [et al.] // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* — 2013. — Vol. 98, № 5. — P. 1963–1970, doi: 10.1210/jc.2012-4255.
 35. Trabecular bone score (TBS) predicts vertebral fractures in Japanese women over 10 years independently of bone density and prevalent vertebral deformity: the Japanese population-based osteoporosis (JPOS) cohort study / M. Iki, J. Tamaki, E. Kadowaki [et al.] // *J. Bone Miner. Res.* — 2014. — Vol. 29, № 2. — P. 399–407, doi: 10.1002/jbmr.2048.
 36. Trabecular bone score (TBS): an indirect measure of bone micro-architecture in postmenopausal patients with primary hyperparathyroidism / E. Romagnoli, C. Cipriani, I. Nofroni [et al.] // *Bone.* — 2013. — Vol. 53, № 1. — P. 154–159, doi: 10.1016/j.bone.2012.11.041.
 37. Trabecular bone score improves fracture risk prediction in non-osteoporotic women: the OFELY study / S. Boutroy, D. Hans, E. Sornay-Rendu [et al.] // *Osteoporos. Int.* — 2013. — Vol. 24, № 1. — P. 77–85, doi: 10.1007/s00198-012-2188-2.
 38. Trabecular bone score is associated with volumetric bone density and microarchitecture as assessed by central QCT and HRpQCT in Chinese American and white women / B. C. Silva, M. D. Walker, A. Abraham [et al.] // *J. Clin. Densitom.* — 2013. — Vol. 16, № 4. — P. 554–561, doi: 10.1016/j.jocd.2013.07.001.
 39. Trabecular bone score: a noninvasive analytical method based upon the DXA image / B. C. Silva, W. D. Leslie, H. Resch [et al.] // *J. Bone Mineral Res.* — 2014. — Vol. 29, № 3. — P. 518–530, doi: 10.1002/jbmr.2176.
 40. Vertebral microarchitecture and fragility fracture in men: a TBS study / E. Leib E., B. Aubry-Rozier, R. Winzenrieth, D. Hans // *Bone.* — 2014. — Vol. 62. — P. 51–55, doi: 10.1016/j.bone.2013.12.015.
 41. Winzenrieth R. Three-dimensional (3D) microarchitecture correlations with 2D projection image gray-level variations assessed by trabecular bone score using high-resolution computed tomographic acquisitions: effects of resolution and noise / R. Winzenrieth, F. Michelet, D. Hans // *J. Clin. Densitom.* — 2013. — Vol. 29, № 3. — P. 287–296, doi: 10.1016/j.jocd.2012.05.001.

<http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720152126-136>

Стаття надійшла до редакції 25.03.2015

TRABECULAR BONE SCORE IN CLINICAL PRACTICE (REVIEW)

V. V. Povoroznyuk¹, N. I. Dzerovych¹, D. Hans²

¹ SI «Chebotaryov Institute of Gerontology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv

² Center for Bone Diseases, University Hospital of Lausanne, Switzerland