

УДК 612.616.31:612.75

DOI: 10.22141/2224-0721.14.2.2018.130554

Поворознюк В.В., Мусієнко А.С.

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

## Вплив тестостерону на якість та мінеральну щільність кісткової тканини в чоловіків

For cite: Міжнародний ендокринологічний журнал. 2018;14(2):119-125. doi: 10.22141/2224-0721.14.2.2018.130554

**Резюме. Актуальність.** Одним із чинників, що впливають на стан кісткової тканини в чоловіків, є андрогени. У чоловіків літнього віку концентрація загального тестостерону в сироватці крові поступово знижується паралельно зі зростанням глобуліну, який зв'язує статеві гормони, що призводить до більш швидкого зниження вільного тестостерону порівняно з загальним. **Мета:** оцінити вплив фракцій тестостерону на показники мінеральної щільності та якості кісткової тканини в чоловіків. **Матеріали та методи.** Обстежені 72 чоловіки віком 40–86 років, які були розподілені згідно з показниками мінеральної щільності кісткової тканини (МЩКТ) на дві групи: основна група — з низькою МЩКТ ( $n = 39$ ); контрольна група — показник МЩКТ у межах вікової норми ( $n = 33$ ). Показники МЩКТ, знежиреної та жирової маси визначали за допомогою двофотонної рентгенівської абсорбціометрії (Prodigy, GENC Lunar, Мадісон, США). Якість трабекулярної кісткової тканини (Trabecular bone score, TBS) на рівні поперекового відділу хребта ( $L_1-L_4$ ) оцінювали за допомогою методики TBS iNsite (Med-Imaps, Pessac, Франція). Рівень тестостерону та глобуліну, що зв'язує статеві гормони (ГЗСГ), визначали методом електрохемілюмінесцентного імуноаналізу. **Результати.** Встановлено, що чоловіки з низькою МЩКТ мають вірогідно нижчі показники індексу вільного тестостерону та біологічно доступного тестостерону, на той час як рівень ГЗСГ є вірогідно вищим. У чоловіків із низькою МЩКТ встановлений позитивний вірогідний зв'язок між індексом вільного тестостерону та МЩКТ на рівні поперекового відділу хребта ( $r = 0,31$ ;  $p = 0,05$ ) та шийки стегнової кістки ( $r = 0,32$ ;  $p = 0,05$ ). Доведено, що індекс вільного тестостерону впливає не лише на кортикальну кісткову тканину, а й на трабекулярну. **Висновки.** Вільний тестостерон є універсальним показником, що має доведений вплив не лише на кортикальну та трабекулярну кісткову тканини, а й на показники жирової та знежиреної маси.

**Ключові слова:** мінеральна щільність кісткової тканини; якість трабекулярної кісткової тканини; тестостерон

### Вступ

Остеопороз належить до важливих проблем, при цьому в 40–60 % осіб чоловічої статі він є вторинним та виникає на тлі певних захворювань і під дією різних факторів [1]. До чинників, що впливають на стан кісткової тканини в чоловіків, насамперед слід віднести дію андрогенів. Віковий андрогенний дефіцит (ВАД) — надзвичайно важлива проблема через значну поширеність та істотний внесок у порушення багатьох метаболічних процесів організму. Частота клінічно вираженого ВАД у чоловіків, старших від 30 років, перебуває в межах від 7 до 30 %, отже, до 30 % чоловіків становлять групу ризику розвитку остеопорозу [2].

Відомо, що рецептори до андрогенів наявні на остеокластах, остеобластах та остеоцитах, і цілком ймовірно, що андрогени безпосередньо впливають на функцію всіх цих клітин [3]. Тестостерон пригнічує процеси апоптозу остеокластів і остеобластів, що проявляється збільшенням тривалості життя даних клітин, а також стимулює проліферацію остеобластів, що в кінцевому підсумку призводить до збільшення формування кісткової тканини йі зменшення резорбції кістки.

Загальний тестостерон (ЗТ) — це сукупність трьох фракцій. У сироватці він існує у вигляді тестостерону, зв'язаного з альбуміном, з глобуліном, та у вільному стані. Альбумін має невелику та невібір-

кову спорідненість до гормонів, але зв'язує значну їх кількість, і в результаті неспецифічного зв'язування утворюється біологічно доступний тестостерон (близько 40 %). Глобулін, що зв'язує статеві гормони (ГЗСГ), — специфічний транспортний білок глікопротеїн, який зв'язує й транспортує тестостерон (становить близько 57 %). Окрім своєї транспортної функції, ГЗСГ захищає тестостерон та естрадіол від метаболічної інактивації на шляху від залози, що їх секретує, до органа-мішені й розглядається як депо гормонів в організмі. Лише 1–3 % тестостерону знаходяться у вільному стані та формують третю фракцію — вільний тестостерон (ВТ) [4].

ВТ називають активним андрогеном, що виробляється в чоловіків клітинами Лейдига в сім'яниках і не вступає в реакцію з білками. Сам по собі ВТ неможливо відокремити, він розраховується як відсоткове відношення концентрації загального тестостерону в крові до концентрації тестостерону, зв'язаного з глобуліном, що має назву «індекс вільного тестостерону» і застосовується як інформативний маркер андрогенного статусу.

У чоловіків літнього віку концентрація загального тестостерону в сироватці крові поступово знижується паралельно зі зростанням ГЗСГ, що призводить до більш швидкого зниження ВТ порівняно із загальним. Залишається остаточно не вивченим вплив ВТ на стан кісткової тканини.

**Мета дослідження** — оцінити вплив фракцій тестостерону на показники мінеральної щільності та якості кісткової тканини в чоловіків.

## Матеріали та методи

В Українському науково-медичному центрі проблем остеопорозу були обстежені 72 чоловіки віком 40–86 років. Згідно з показниками мінеральної щільності кісткової тканини (МЩКТ) чоловіки були поділені на дві групи: основна група — з низькою МЩКТ (остеопенією та остеопорозом) ( $n = 39$ ); контрольна група мала показники МЩКТ у межах вікової норми ( $n = 33$ ). Антропометричні характеристики та показники МЩКТ обстежених чоловіків подані в табл. 1. У дослідження не включали чоловіків, які мали в анамнезі захворювання або приймають препарати з доведеним впливом на метаболізм кісткової тканини.

Показники МЩКТ, знежиреної та жирової маси визначали за допомогою двофотонної рентгенівської абсорбціометрії (Prodigy, GENC Lunar, Мадісон, США). Оцінку МЩКТ у чоловіків 50 років і старших проводили згідно з критеріями ВООЗ за значенням Т-показника на рівні поперекового відділу хребта, проксимального відділу стегнової кістки або шийки стегнової кістки (найнижчий показник). Значення Т-показника  $< -2,5$  відповідає остеопорозу, в межах від  $> -2,5$  до  $< -1$  — низькій мінеральній щільності кісткової тканини (остеопенії),  $> -1$  — нормальній мінеральній щільності кісткової тканини. У чоловіків, молодших за 50 років, оцінку МЩКТ здійснювали згідно з рекомендаціями Міжнародного товариства клінічної денситометрії за показником Z на рівні поперекового відділу хребта, проксимального відділу стегнової кістки

**Таблиця 1. Антропометричні характеристики та показники мінеральної щільності кісткової тканини обстежених чоловіків ( $M \pm SD$ )**

Показник	Основна група ( $n = 39$ )	Контрольна група ( $n = 33$ )	F	p
Середній вік, роки	62,2 $\pm$ 13,7	58,5 $\pm$ 11,4	1,53	0,22
Середній зріст, см	174,1 $\pm$ 7,4	175,8 $\pm$ 6,0	1,14	0,29
Середня маса тіла, кг	78,9 $\pm$ 12,6	90,8 $\pm$ 13,7	14,58	0,0003
Індекс маси тіла, кг/м <sup>2</sup>	26,0 $\pm$ 3,5	29,3 $\pm$ 3,9	14,80	0,0003
Якість трабекулярної кісткової тканини ( $L_1-L_4$ )	1,278 $\pm$ 0,125	1,343 $\pm$ 0,131	4,65	0,03
МЩКТ поперекового відділу хребта, г/см <sup>2</sup>	1,076 $\pm$ 0,187	1,469 $\pm$ 0,212	69,42	< 0,001
T-score	-1,20 $\pm$ 1,56	2,07 $\pm$ 1,77	69,45	< 0,001
Z-score	-0,82 $\pm$ 1,55	2,10 $\pm$ 1,83	53,45	< 0,001
МЩКТ шийки стегнової кістки, г/см <sup>2</sup>	0,822 $\pm$ 0,098	1,095 $\pm$ 0,102	133,07	< 0,001
T-score	-1,91 $\pm$ 0,75	0,19 $\pm$ 0,78	133,89	< 0,001
Z-score	-0,92 $\pm$ 0,67	0,84 $\pm$ 0,90	89,32	< 0,001
МЩКТ усього скелета, г/см <sup>2</sup>	1,149 $\pm$ 0,090	1,370 $\pm$ 0,093	104,65	< 0,001
T-score	-0,89 $\pm$ 1,13	1,88 $\pm$ 1,16	104,76	< 0,001
Z-score	-0,58 $\pm$ 1,02	1,65 $\pm$ 1,21	71,49	< 0,001

**Таблиця 2. Показники тілобудови в чоловіків залежно від МЩКТ ( $M \pm SD$ )**

Показник	Основна група ( $n = 39$ )	Контрольна група ( $n = 33$ )	F	p
Кісткова маса всього скелета, г	2874,4 $\pm$ 387,2	3864,8 $\pm$ 439,5	97,59	< 0,001
Жирова маса всього тіла, г	21039,0 $\pm$ 8504,0	26515,6 $\pm$ 8540,8	6,97	0,01
Знежирена маса всього тіла, г	55237,3 $\pm$ 7286,4	60716,1 $\pm$ 6501,0	10,51	0,002

або шийки стегнової кістки (найнижчий показник). Z-показник > -2 відповідає МЩКТ у межах референтних значень для відповідного віку, Z-показник < -2 відповідає низькій МЩКТ (нижче від референтних значень для відповідного віку).

Якість трабекулярної кісткової тканини (Trabecular bone score, TBS) на рівні поперекового відділу хребта (L<sub>1</sub>-L<sub>4</sub>) оцінювали за допомогою методики TBS iNight® (Med-Imaps, Resass, Франція).

Визначали антропометричні показники: зріст (см), масу тіла (кг), індекс маси тіла (ІМТ), який вираховували за формулою: ІМТ = маса тіла, кг/зріст, м<sup>2</sup>.

Визначення рівня загального тестостерону та ГЗСГ у сироватці крові обстежених чоловіків виконано за допомогою електрохемілюмінесцентного методу на аналізаторі Elecsys 2010 виробництва компанії Roche Diagnostics (Німеччина) із використанням тест-системи cobas. Індекс вільного тестостерону розраховується за формулою [5]:

$$IBT = \frac{3T}{ГЗСГ} \times 100 \%,$$

де IBT — індекс вільного тестостерону; 3T — загальний тестостерон; ГЗСГ — глобулін, що зв'язує статеві гормони.

Таблиця 3. Показники гормонального статусу в чоловіків залежно від МЩКТ (M ± SD)

Показник	Основна група (n = 39)	Контрольна група (n = 33)	F	p
Загальний тестостерон, нмоль/л	18,04 ± 6,32	14,66 ± 5,05	6,11	0,02
Глобулін, що зв'язує статеві гормони, нмоль/л	61,87 ± 23,87	42,73 ± 17,62	14,52	0,0003
Індекс вільного тестостерону, %	1,48 ± 0,40	1,85 ± 0,44	14,34	0,0003
Біологічно доступний тестостерон, %	34,67 ± 9,23	43,32 ± 10,31	14,07	0,0004

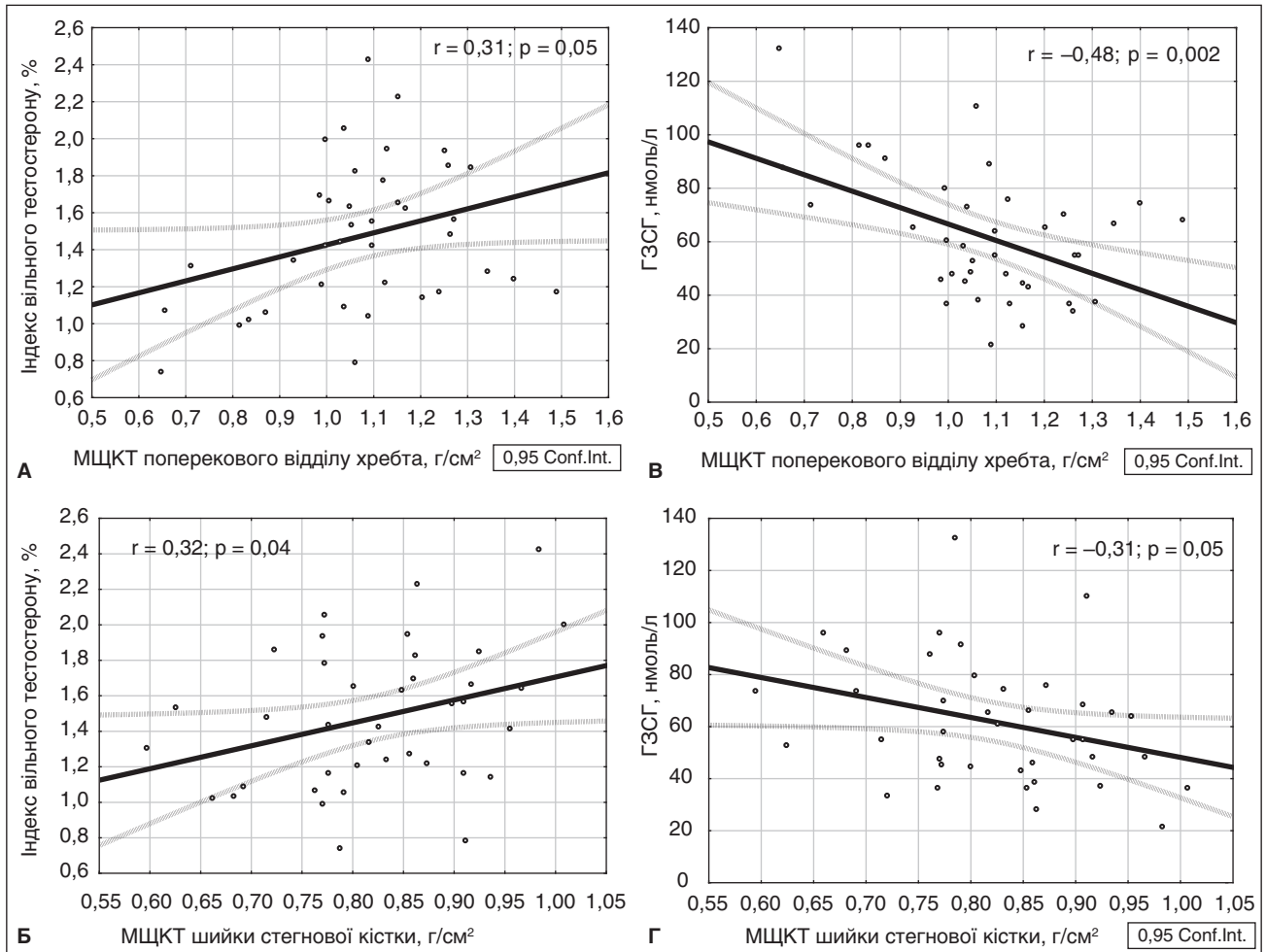


Рисунок 1. Регресійний зв'язок між індексом вільного тестостерону та МЩКТ на рівні поперекового відділу хребта (А) та шийки стегнової кістки (Б), а також рівнем глобуліну, що зв'язує статеві гормони, та МЩКТ на рівні поперекового відділу хребта (В) та шийки стегнової кістки (Г) в обстежених чоловіків із низькою МЩКТ

Примітка: зв'язок описаний за допомогою рівняння лінійної регресії: А) Індекс вільного тестостерону, % = 0,78 + 0,65 × МЩКТ поперекового відділу хребта, г/см<sup>2</sup>; Б) Індекс вільного тестостерону, % = 0,42 + 1,29 × МЩКТ шийки стегнової кістки, г/см<sup>2</sup>; В) ГЗСГ, нмоль/л = 127,66 – 61,13 × МЩКТ поперекового відділу хребта, г/см<sup>2</sup>; Г) ГЗСГ, нмоль/л = 124,83 – 76,58 × МЩКТ шийки стегнової кістки, г/см<sup>2</sup>.

Статистичний аналіз проводили за допомогою програми Statistica 10.0. Результати подані як середні величини ( $M \pm SD$ ). Міжгрупові відмінності оцінювали за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу ANOVA. Зв'язок показників фракцій тестостерону в чоловіків із показниками якості та МЩКТ визначали, використовуючи лінійну регресію. Різницю показників вважали вірогідною при  $p < 0,05$ .

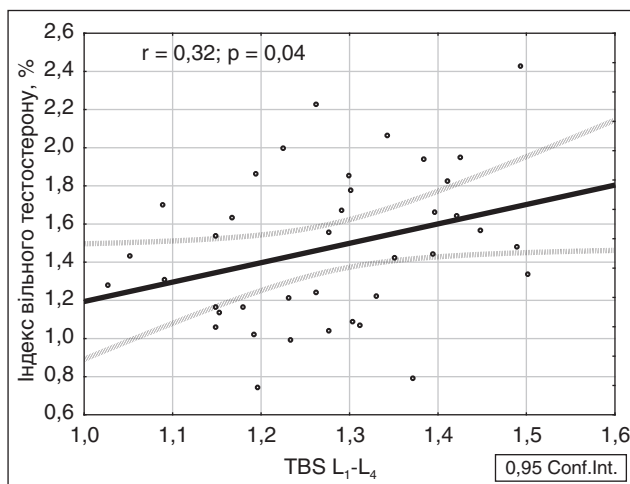
## Результати

Встановлено, що чоловіки основної групи мають вірогідно нижчі показники якості трабекулярної кісткової тканини (основна група —  $1,278 \pm 0,125$ , контрольна група —  $1,343 \pm 0,131$ ) та МЩКТ на рівні всіх ділянок скелета порівняно з чоловіками контрольної групи (табл. 1).

При оцінці тілобудови було виявлено, що чоловіки з низькою МЩКТ порівняно з чоловіками контрольної групи мають вірогідно нижчі показники жирової та знежиреної маси всього тіла (табл. 2).

При оцінці гормонального статусу встановлено, що чоловіки з низькою МЩКТ мають вірогідно нижчі показники індексу вільного тестостерону та біологічно доступного тестостерону, на той час як рівень ГЗСГ є вірогідно вищим (табл. 3).

З метою вивчення впливу чоловічих статевих гормонів на показники МЩКТ та якість трабекулярної кісткової тканини в чоловіків основної групи було проведено регресійний аналіз. Встановлено позитивний вірогідний зв'язок між індексом вільного тестостерону та МЩКТ на рівні поперекового відділу хребта та шийки стегнової кістки в чоловіків із низькою МЩКТ. А між рівнем ГЗСГ та МЩКТ на рівні поперекового відділу хребта та шийки стегнової кістки встановлено негативний вірогідний зв'язок (рис. 1).

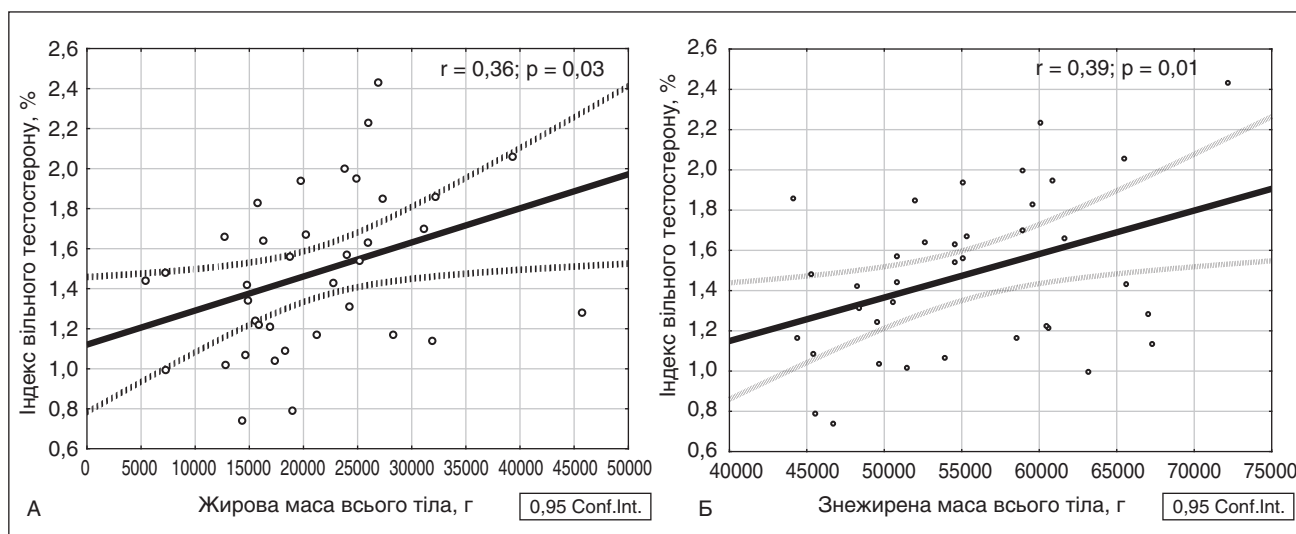


**Рисунок 2.** Зв'язок між індексом вільного тестостерону та якістю трабекулярної кісткової тканини в обстежених чоловіків з остеопорозом

**Примітка:** зв'язок описаний за допомогою рівняння лінійної регресії:  $\text{Індекс вільного тестостерону, \%} = 0,18 + 1,01 \times \text{TBS } (L_1-L_4)$ .

Встановлено позитивний вірогідний зв'язок між індексом вільного тестостерону та показником якості трабекулярної кісткової тканини (рис. 2). Проте при вивченні зв'язку між рівнем ГЗСГ і показником якості трабекулярної кісткової тканини в чоловіків із низькою МЩКТ не виявлено вірогідного кореляційного зв'язку ( $r = -0,26$ ;  $p = 0,1$ ). Отже, можна зробити висновок, що ВТ впливає не лише на кортикальну кісткову тканину, а й на трабекулярну.

З метою вивчення впливу індексу вільного тестостерону на показники тілобудови було проведено регресійний аналіз та встановлено вірогідний зв'язок жирової та знежиреної маси із за-



**Рисунок 3.** Зв'язок між індексом вільного тестостерону та показниками тілобудови в обстежених чоловіків з низькою мінеральною щільністю кісткової тканини

**Примітка:** зв'язок описаний за допомогою рівняння лінійної регресії: А)  $\text{Індекс вільного тестостерону, \%} = 1,12 + 0,17E-4 \times \text{жирова маса всього тіла, г}$ ; Б)  $\text{Індекс вільного тестостерону, \%} = 0,28 + 0,22E-4 \times \text{знежирена маса всього тіла, г}$ .

значеним показником. Отримані нами результати вказують на те, що індекс вільного тестостерону є універсальним показником у чоловіків з низькою МЩКТ, що впливає не лише на кісткову тканину, а й на м'язову та жирову.

## Обговорення

Отримані нами результати підтверджують дані літератури: статеві гормони, а саме індекс вільного тестостерону, впливають на показники МЩКТ і тілобудову.

У проспективному дослідженні В.М. Lapaau і співавт. було обстежено 677 здорових чоловіків віком 25–45 років. Метою було дослідити вплив фізичного навантаження та чоловічих статевих гормонів на формування піка кісткової маси. Чоловікам, які взяли участь у дослідженні, була проведена комп'ютерна томографія (рQCT) для оцінки міцності кісткової тканини та визначення поперечної площі м'язів. Авторами встановлено вірогідний зв'язок показників фізичної активності, поперечної площі м'язів та м'язової сили з показниками міцності кістки, крім об'ємної МЩКТ. Після поправки за віком, масою тіла та рівнем вільного естрадіолу встановлена вірогідна кореляція з показниками трабекулярної та кортикальної кісткової тканини. Однак зв'язку між рівнем загального тестостерону та параметрами кісткової тканини не встановлено [6].

У нашому дослідженні також не виявлено зв'язку між рівнем загального тестостерону та характеристиками кісткової тканини в пацієнтів контрольної групи, незважаючи на те що обстежено чоловіків віком понад 40 років. Лише в чоловіків із низькою МЩКТ отриманий зв'язок індексу вільного тестостерону з показниками якості та МЩКТ, що, на нашу думку, обумовлено зниженням сили впливу інших факторів, зокрема фізичного навантаження.

У нещодавно проведеному дослідженні австралійських вчених, яке проходило в три етапи (початковий етап тривав у 2005–2007 рр. із включенням 1705 чоловіків віком 70 років і старше, другий етап — дворічне спостереження ( $n = 1367$ ), третій — 5-річне спостереження ( $n = 958$ )), було показано, що підвищення рівня ГЗСГ, а не зниження рівня тестостерону та естрадіолу призводить до зниження МЩКТ ( $\beta$  1/4 0,060) та виникнення переломів шийки стегнової кістки ( $\beta$  1/4 0,041) [4].

У наведеному дослідженні не визначали індекс вільного тестостерону, а, як відомо, в осіб старших вікових груп він більше залежить від ГЗСГ, ніж від ЗТ. Збільшення частоти переломів при підвищенні ГЗСГ, а отже, зниженні ІВТ може бути обумовлене впливом не лише на кісткову тканину, а й на м'язову, що було отримано в нашому дослідженні, зниження якої, у свою чергу, збільшує ризик падіння.

Вплив ВТ на МЩКТ був доведений у шведському дослідженні, у якому було обстежено 2908 осіб чоловічої статі (середній вік 75,4 року).

Встановлена позитивна вірогідна кореляція ВТ з МЩКТ на рівні всього скелета та проксимального відділу стегнової кістки, але не з МЩКТ на рівні поперекового відділу хребта (показники МЩКТ отримані за допомогою двофотонної рентгенівської абсорбціометрії). Зниження ВТ у межах однієї медіани виявилось незалежним предиктором виникнення неverteбральних остеопоротичних переломів (відносний ризик (ВР) 1,56; 95% довірчий інтервал (ДІ) 1,14–2,14;  $p < 0,01$ ) та рентгенологічно встановлених переломів тіл хребців (ВР 2,00; 95% ДІ 1,34–2,86;  $p < 0,001$ ) [7]. Ці дані свідчать, що рівень ВТ у чоловіків віком понад 50 років є незалежним предиктором МЩКТ у ділянках, у яких переважає кортикальна кісткова тканина.

На відміну від результатів шведських колег, у нашому дослідженні отриманий зв'язок як з МЩКТ, так і з якістю кісткової тканини на рівні поперекового відділу хребта. Відмінності отриманих результатів можна пояснити різними віковими групами, включеними в дослідження (середній вік обстежених нами пацієнтів становив  $60,5 \pm 12,8$  року).

У нещодавньому дослідженні корейських науковців, метою якого було визначити взаємозв'язок статевих гормонів з МЩКТ та маркерами ремоделювання кісткової тканини, взяли участь 1227 чоловіків віком  $\geq 50$  років. Усім пацієнтам було визначено рівень загального тестостерону, ГЗСГ, інсуліноподібного фактора росту 1 (ІФР-1), остеокальцину та  $\beta$ -ізомеру С-кінцевого телопептиду колагену I типу ( $\beta$ -СТХ). Встановлено, що рівень загального тестостерону не пов'язаний з МЩКТ або маркерами кісткової тканини. Однак після корегування для ГЗСГ та ІФР-1 зв'язок між рівнем загального тестостерону й маркерами кісткової тканини був вірогідний ( $\beta = -0,139$  для остеокальцину та  $\beta = -0,204$  для  $\beta$ -СТХ). Показники ГЗСГ мають негативний вірогідний кореляційний зв'язок з МЩКТ на рівні поперекового відділу хребта та позитивний — з маркерами ремоделювання кісткової тканини. З підвищенням рівня ГЗСГ зростала поширеність остеопенії та остеопорозу (ВР 1,24). Рівень ІФР-1 вірогідно пов'язаний з МЩКТ, але не з маркерами кісткової тканини. Тим часом рівень ВТ вірогідно пов'язаний з МЩКТ і негативно — з маркерами кісткової тканини [8].

Пацієнти, обстежені в рамках нашого дослідження, меншою мірою відрізняються за віком від когорти корейського дослідження [8], ніж від когорти шведського. Можливо, тому в обох дослідженнях отримана вірогідна залежність МЩКТ на рівні поперекового відділу хребта від індексу вільного тестостерону. Робіт, що досліджували б вплив індексу вільного тестостерону на якість трабекулярної кісткової тканини, нами не знайдено.

Однак у літературі трапляються дані експериментальних досліджень, у яких встановлено, що тестостерон, який діє через рецептори андрогенів в остеобластах, важливий для формування трабе-

кулярної, але не кортикальної кісткової тканини. В остеобластах втрата рецептора андрогену призводить до зменшення трабекулярної кісткової маси, зменшення кількості трабекул та збільшення трабекулярного проміжку, не впливаючи на кортикальну кістку [9], що суперечить результатам проведених клінічних досліджень та ставить для розв'язання нові питання.

## Висновки

1. У чоловіків з низькою МЩКТ зареєстровані вірогідні відмінності фракцій тестостерону (нижчі показники індексу вільного тестостерону та біологічно доступного тестостерону й вищий рівень ГЗСТ) та характерні особливості тілобудови: вірогідно нижчі показники жирової та знежиреної маси порівняно з чоловіками з показниками кісткової тканини в межах вікової норми.

2. У чоловіків із низькою МЩКТ доведено вірогідний вплив тестостерону на показники мінеральної щільності кісткової тканини.

3. Індекс вільного тестостерону є універсальним показником, що має доведений вплив не лише на кортикальну та трабекулярну кісткову тканини, а й на показники жирової та знежиреної маси.

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

## References

1. Lorentzon M, Cummings SR. Osteoporosis: the evolution of a diagnosis. *J Intern Med.* 2015 Jun;277(6):650-61. doi: 10.1111/joim.12369.

2. Kotwal N, Upreti V, Nachankar A, Hari Kumar KVS. A Prospective, Observational Study of Osteoporosis in Men. *Indian J Endocrinol Metab.* 2018 Jan-Feb;22(1):62-66. doi: 10.4103/ijem.IJEM\_414\_16.

3. Sinnesael M, Claessens F, Boonen S, Vanderschueren D. Novel insights in the regulation and mechanism of androgen action on bone. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* 2013 Jun;20(3):240-4. doi: 10.1097/MED.0b013e32835f7d04.

4. Hsu B, Seibel MJ, Cumming RG, Blyth FM. Progressive Temporal Change in Serum SHBG, But Not in Serum Testosterone or Estradiol, Is Associated With Bone Loss and Incident Fractures in Older Men: The Concord Health and Ageing in Men Project. *J Bone Miner Res.* 2016;31(12):2115-2122. doi: 10.1002/jbmr.2904.

5. Shea JL, Wong PY, Chen Y. Free testosterone: clinical utility and important analytical aspects of measurement. *Adv Clin Chem.* 2014;63:59-84. PMID: 24783351.

6. Lapauw BM, Taes Y, Bogaert V, et al. Serum estradiol is associated with volumetric BMD and modulates the impact of physical activity on bone size at the age of peak bone mass: a study in healthy male siblings. *J Bone Miner Res.* 2009 Jun;24(6):1075-85. doi: 10.1359/jbmr.081260.

7. Mellstrom D, Johnell O, Ljunggren O, et al. Free testosterone is an independent predictor of BMD and prevalent fractures in elderly men: MrOS Sweden. *J Bone Miner Res.* 2006 Apr;21(4):529-35. doi: 10.1359/jbmr.060110.

8. Kim HJ, Koo HS, Kim YS, et al. The association of testosterone, sex hormone-binding globulin, and insulin-like growth factor-1 with bone parameters in Korean men aged 50 years or older. *J Bone Miner Metab.* 2017 Nov;35(6):659-665. doi: 10.1007/s00774-016-0803-6.

9. Ucer S, Iyer S, Bartell SM, et al. The effects of androgens on murine cortical bone do not require AR or ER $\alpha$  signaling in osteoblasts and osteoclasts. *J Bone Miner Res.* 2015 Jul;30(7):1138-49. doi: 10.1002/jbmr.2485.

Отримано 25.01.2018 ■

Поворознюк В.В., Мусиенко А.С.

ГУ «Институт геронтологии имени Д.Ф. Чеботарева НАМН Украины», г. Киев, Украина

## Влияние тестостерона на качество и минеральную плотность костной ткани у мужчин

**Резюме.** *Актуальность.* Одним из факторов, влияющих на состояние костной ткани у мужчин, являются андрогены. У мужчин пожилого возраста концентрация общего тестостерона в сыворотке крови постепенно снижается параллельно с ростом глобулина, связывающего половые гормоны, что приводит к более быстрому снижению свободного тестостерона по сравнению с общим. *Цель:* оценить влияние фракций тестостерона на показатели минеральной плотности и качество костной ткани у мужчин. *Материалы и методы.* Исследованы 72 мужчины в возрасте 40–86 лет, которые были распределены согласно показателям минеральной плотности костной ткани (МПКТ) в две группы: основная группа — с низкой МПКТ ( $n = 39$ ); контрольная группа — показатель в пределах возрастной нормы ( $n = 33$ ). Показатели МПКТ, обезжиренной и жировой массы определяли с помощью рентгеновской абсорбциометрии (Prodigy, GENC Lunar, Мадисон, США). Качество трабекулярной костной ткани (Trabecular bone score, TBS) на уровне поясничного отдела позвоночника

(L1-L4) оценивали с помощью методики TBS iNsight (Med-Imaps, Pessac, Франция). Уровень тестостерона и глобулина, связывающего половые гормоны (ГСПГ), определяли методом электрохемилюминесцентного иммуноанализа. *Результаты.* Установлено, что мужчины с низкой МПКТ имеют достоверно более низкие показатели индекса свободного тестостерона и биологически доступного тестостерона, в то время как уровень ГСПГ достоверно выше. У мужчин с низкой МПКТ установлена положительная достоверная связь между индексом свободного тестостерона и МПКТ на уровне поясничного отдела позвоночника ( $r = 0,31$ ;  $p = 0,05$ ) и шейки бедренной кости ( $r = 0,32$ ;  $p = 0,05$ ). *Выводы.* Свободный тестостерон является универсальным показателем, который имеет доказанное влияние не только на кортикальную и трабекулярную костную ткань, но и на показатели жировой и обезжиренной массы.

**Ключевые слова:** минеральная плотность костной ткани; качество трабекулярной костной ткани; тестостерон

V.V. Povoroznyuk, A.S. Musiienko

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

### The influence of testosterone on the quality and bone mineral density in men

**Abstract. Background.** The purpose of the study was to evaluate the effect of testosterone fractions on the mineral density and bone quality in men with different bone mineral density (BMD). **Materials and methods.** We have examined 72 men aged 40–89 years. They were divided into 2 groups depending on BMD: main group — with low BMD (n = 39); control group — with age norm of BMD (n = 33). BMD, lean and fat masses were measured by the dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) method (Prodigy, GEHC Lunar, Madison, WI, USA). TBS iNsight® software (Med-Imaps, Pessac, France) was installed on our DXA machine to evaluate trabecular bone score (TBS) at the L1-L4. The levels of testosterone and sex hormone binding

globulin (SHBG) were determined by electrochemiluminescent immunoassay. **Results.** It was found that men with low BMD have significantly lower indices of free testosterone and bioavailable testosterone, while the level of SHBG is significantly higher. In men with low BMD, a positive significant correlation was established between the index of free testosterone and BMD at the lumbar spine ( $r = 0.31$ ;  $p = 0.05$ ) and femoral neck ( $r = 0.32$ ;  $p = 0.05$ ). **Conclusions.** Free testosterone is a universal indicator that has a proven effect not only on the cortical and trabecular bone tissue, but also on the fat and lean mass.

**Keywords:** bone mineral density; trabecular bone score; testosterone