

Вахбех Р.Т.Х. , Яремін С.Ю. 

Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова МОЗ України, м. Вінниця, Україна

Дослідження щільності кісткової тканини за даними КТ до та у відділеному періоді після моноконділярного ендопротезування колінного суглоба

For citation: *Travma*. 2023;24(2):30-35. doi: 10.22141/1608-1706.2.24.2023.942

Резюме. Актуальність. Моноконділярне ендопротезування колінного суглоба останніми роками стає популярним серед ортопедів. Основним ускладненням цієї технології є нестабільність тибіального компонента ендопротеза через розвиток локального остеопорозу в зоні ендопротезування. У пацієнтів зі зниженою щільністю кістки є великий ризик розвитку нестабільності тибіального компонента ендопротеза. Отже, визначення рівнів мінеральної щільності кісткової тканини у пацієнтів з остеопенією до ендопротезування може дати можливість розрахувати ризик виникнення ускладнень у віддалені періоди. **Мета роботи.** Визначити показники мінеральної щільності кісткової тканини за даними КТ зони резекції тибіального плато для моноконділярного ендопротезування у пацієнтів групи ризику. **Матеріали та методи.** Оцінювали стан 3 зон кортикального шару — передньої, середньої, задньої та 4 зон площини зрізу плато. На КТ-зображеннях тибіального плато колінного суглоба проводили вимірювання оптичної щільності кісткової тканини за шкалою одиниць Гаунсфілда. Проведено дослідження змін у кісткових структурах у зоні встановлення тибіального компонента ендопротеза у 2 групах пацієнтів: I група — 10 пацієнтів, яким було проведено моноконділярне протезування колінного суглоба 3–6 років тому і які звернулися зі скаргами на негативні явища у протезованому коліні, II група — 10 пацієнтів, яким було проведено моноконділярне протезування 1,2–2 роки тому. Цим хворим на контрольному огляді було зроблено КТ-денситометрію. **Результати дослідження.** До операції ендопротезування максимальна оптична щільність кісткової тканини у пацієнтів була статистично однаковою. Щільність кортикального шару була максимальною в передньому відділі кістки (~ 720 HU), мінімальною в задньому (580 HU). Для губчастої кістки максимальну оптичну щільність спостерігали у зонах переднього відділу (~ 470 HU), у зонах заднього відділу губчастої кістки щільність була меншою. Через 3–6 років у пацієнтів I групи відмічали значне зниження оптичної щільності кістки, як її кортикального шару, так і губчастої тканини. Найбільших втрат зазнали медіальні зони губчастої кістки. У пацієнтів спостерігалися зони резорбції кортикального шару, а у деяких — ділянки повної його відсутності. При цьому індекс абсорбції кортикального шару у зонах руйнування не перевищував 100 HU. Максимальна оптична щільність кортикального шару по зонах також знизилася. У пацієнтів II групи через 1,5–2 роки після ендопротезування не відмічали помітних змін у кісткових структурах у зоні операції. Зміни відбулися по медіальних зонах губчастої кістки тибіального плато. У пацієнтів з остеопенією зміни в оптичній щільності кістки відбуваються вже в перші роки після ендопротезування, хоча і не призводять до нестабільності тибіального компонента ендопротеза. **Висновки.** Пацієнти зі зниженою кістковою щільністю (остеопенією) при ендопротезуванні суглобів потрапляють у групу ризику через розвиток локального остеопорозу в зоні резекції кістки. Перші ознаки резорбції губчастого компонента кістки можна спостерігати вже через 1,5–2 роки після ендопротезування. Своєчасно проведені лікувальні заходи здатні загальмувати подальший розвиток остеопорозу.

Ключові слова: колінний суглоб; ендопротезування; кісткова щільність; остеоартроз; остеопенія



© 2023. The Authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, CC BY, which allows others to freely distribute the published article, with the obligatory reference to the authors of original works and original publication in this journal.

Для кореспонденції: Яремін Станіслав Юрійович, доцент кафедри травматології і ортопедії, Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова, вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, 21018, Україна; e-mail: garfield9991@gmail.com

For correspondence: Stanislav Iaremyn, Associate Professor at the Department of Traumatology and Orthopedics, National Pirogov Memorial Medical University, Pirogov st., 56, Vinnytsia, 21018, Ukraine; e-mail: garfield9991@gmail.com

Full list of authors information is available at the end of the article.

Моноконділярне ендопротезування колінного суглоба останніми роками стає популярним серед ортопедів. Такий метод лікування дозволяє швидко відновити функцію колінного суглоба, отримати раннє та повне його навантаження, має малу травматичність та коротший термін реабілітації порівняно з тотальним ендопротезуванням, дозволяє зберегти зв'язковий апарат, не менш важливою є і помірна вартість імплантата [1].

Основним ускладненням цієї технології є нестабільність тибіального компонента ендопротеза через розвиток локального остеопору в зоні ендопротезування. Важливий вплив на стабільність встановленого тибіального компонента ендопротеза має мінеральна щільність кісткової тканини (МЩКТ) саме в зоні його імплантації. У пацієнтів, у яких на момент операції діагностували порівняно нормальну МЩКТ, з віком часто спостерігається її зниження, що й призводить до негативних наслідків. У пацієнтів зі зниженою щільністю кістки, за даними досліджень [2], є великий ризик розвитку нестабільності тибіального компонента ендопротеза. У групу ризику потрапляють пацієнти, у яких за даними денситометрії визначено остеопенію (T-score від $-1,0$ до $-2,5$) [3].

Отже, визначення рівнів мінеральної щільності кісткової тканини у пацієнтів з остеопенією до ендопротезування може дати можливість розрахувати ризик виникнення ускладнень у віддалені періоди.

Методом передопераційного планування може бути комп'ютерна томографія, яка дозволяє визначити щільність біологічних тканин.

Мета роботи: визначити показники мінеральної щільності кісткової тканини за даними КТ зони резекції тибіального плато для моноконділярного ендопротезування у пацієнтів групи ризику.

Матеріали та методи

Для визначення рівня абсорбції тканини у ділянці опилу великогомілкової кістки проводили аналіз КТ, зроблених до виконання операції ендопротезування, у пацієнтів I групи при звертанні зі скаргами, у пацієнтів II групи — на контрольному огляді.

Оцінювали стан кортикального шару, для чого дуга кортикального шару медіального плато була поділена на 3 зони: передня (А), середня (В) та задня (С), площина зрізу плато була поділена на 4 зони: Г1 — передня внутрішня, Г2 — передня медіальна, Г3 — задня медіальна, Г4 — задня внутрішня (рис. 1).

На КТ-зображеннях тибіального плато колінного суглоба проводили вимірювання оптичної щільності кісткової тканини за шкалою одиниць Гаунсфілда [4]. Шкала одиниць Гаунсфілда (денситометричних показників, англ. НУ) — шкала лінійного послаблення (абсорбції) випромінювання щодо дистильованої води, рентгенівська щільність якої була прийнята за 0 НУ (при стандартному тиску та температурі) (табл. 1).

Для кожної зони визначали максимальний індекс абсорбції.

Для оцінки томографічних ознак розвитку нестабільності ендопротеза було проведено дослідження змін у кісткових структурах у зоні встановлення тибіального компонента ендопротеза. Досліджували дві групи хворих.

I група — 10 пацієнтів, яким було проведено моноконділярне протезування колінного суглоба 3–6 років тому і які звернулися зі скаргами на негативні явища у протезованому коліні. Цим хворим було діагностовано нестабільність тибіального компонента ендопротеза.

II група — 10 пацієнтів, яким було проведено моноконділярне протезування 1,2–2 роки тому. Цим хворим на контрольному огляді було зроблено КТ-денситометрію.

Отримані дані КТ-досліджень були оброблені статистично, розраховували середнє (М), його стандартне відхилення (SD) та граничні дані вибірки (min ÷ max). Порівняння між групами проводили за допомогою Т-тесту для незалежних вибірок. Через те що абсорбція кісткової тканини та розрахований за формулами модуль пружності — залежні величини, різницю між групами визначали за одним показником [5].

Результати дослідження

За даними, отриманими після обробки КТ до операції ендопротезування (табл. 2), було встановлено, що максимальна оптична щільність кортикального шару припадала на передній відділ і становила в середньому 703 ± 52 НУ у пацієнтів I групи та 735 ± 69 НУ — в II групі, різниця між групами незначуща ($p = 0,267$). Мінімум кісткової щільності припадав на задній відділ тибіального плато і становив у I групі 533 ± 69 НУ, у II групі 609 ± 56 НУ без статистичної різниці ($p = 0,078$). На середній відділ кортикально-

Таблиця 1. Середні денситометричні показники деяких речовин та тканин в одиницях Гаунсфілда

Речовина	НУ
Повітря	-1000
Вода	0
Кров	Від +30 до +45
М'язи	Від +10 до +40
Кістка	Від +700 (губчаста речовина) до +3000 (кісткова речовина)

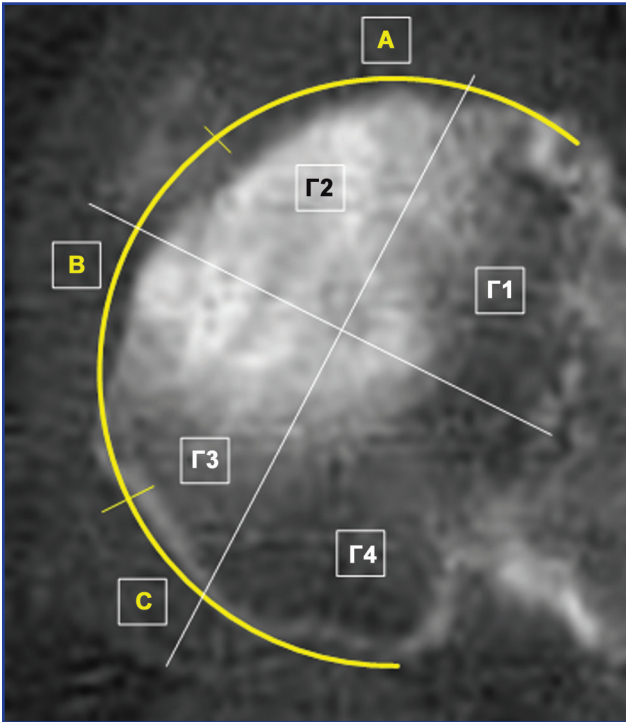


Рисунок 1. Зони КТ-зрізу тибіального плато перед операцією ендопротезування

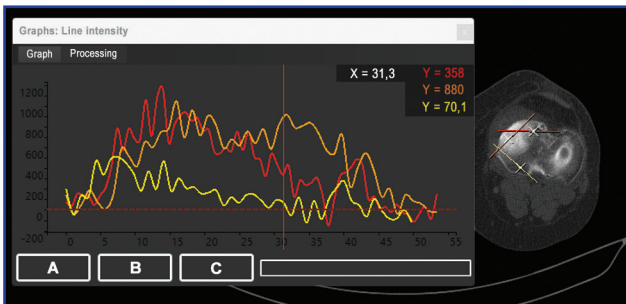


Рисунок 2. Приклад визначення рівня абсорбції кісткової тканини. Маркери на скані томограми визначають рівень оптичної щільності по прямій на діаграмі

го шару тибіального плато припадало в I групі 651 ± 61 HU, у II групі 650 ± 56 HU, також без значущої різниці ($p = 0,970$).

Відзначимо, що у пацієнтів, показник T-score яких був ближчим до $-1,0$, не відмічали змін у кортикальному шарі. При тому що в пацієнтів, показник T-score яких наближався до відмітки $-2,5$, відмічали незначні зони резорбції з внутрішнього боку кортикального шару, які не перевищували 5 мм^2 , а також вогнища некрозу губчастої кістки з концентрацією у медіальних зонах Г2 та Г3, що може свідчити про ознаки локального остеопорозу в зоні протезування.

Для губчастої кістки максимальну оптичну щільність спостерігали у зонах Г1 (465 ± 78 HU та 435 ± 86 HU для I та II груп) та Г2 (400 ± 86 HU та 397 ± 46 HU відповідно). У зонах Г3 та Г4 оптична щільність губчастої кістки була меншою. Різниця у значеннях оптичної щільності між групами не виявлено.

У пацієнтів I групи після визначення нестабільності тибіального компонента ендопротеза відмічали значне зниження оптичної щільності кістки, як її кортикального шару, так і губчастої тканини (табл. 3).

У пацієнтів I групи при ознаках нестабільності тибіального компонента ендопротеза колінного суглоба відмічали значущу зміну щільності кісткової тканини. Найбільших втрат зазнали медіальні зони губчастої кістки, тобто у зоні Г2 зменшення оптичної щільності відбулося від 400 ± 86 HU до 266 ± 80 HU, у зоні Г3 — з 382 ± 50 HU до 240 ± 94 HU зі значущою різницею ($p = 0,001$). В інших зонах зміни також статистично значущі. Також спостерігали розширення зон руйнування губчастої тканини, особливо у зонах контакту із ніжкою ендопротеза, іноді із залученням медіальних зон плато. Такі зміни кісткової тканини свідчать про розвиток остеопоротичних явищ у зоні ендопротезування колінного суглоба.

У пацієнтів спостерігалися зони резорбції кортикального шару, а у деяких — ділянки повної його відсутності. При цьому індекс абсорбції кортикального шару у зонах руйнування не перевищував 100 HU. Максимальна оптична щільність кортикального шару

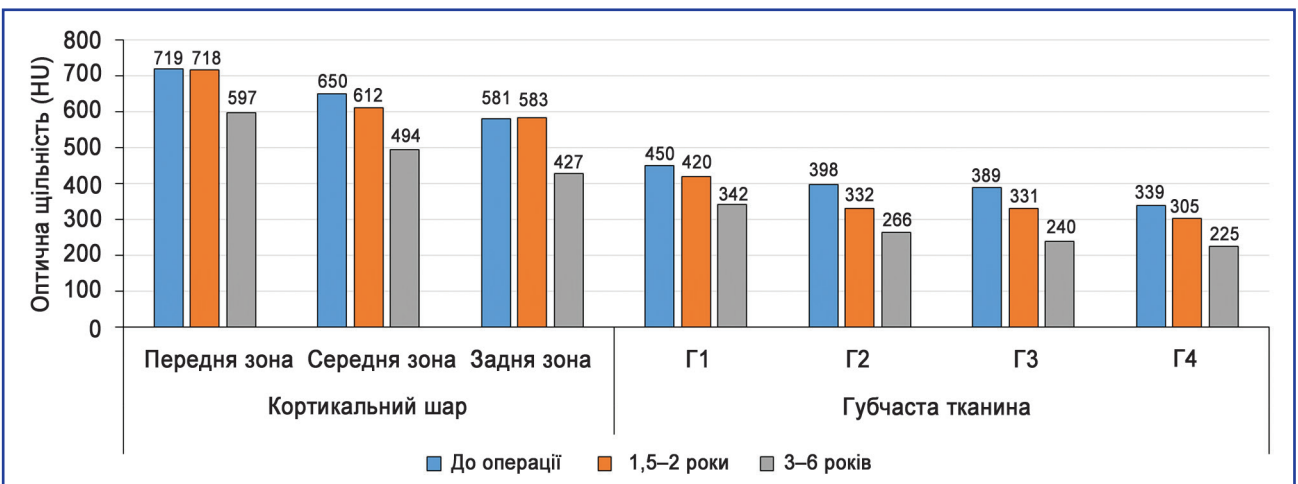


Рисунок 3. Зміна щільності кісткової тканини у пацієнтів з остеопенією із часом

по зонах також знизилася. У передньому відділі — до 597 ± 111 HU, у середньому — до 497 ± 69 HU, у задньому — до 427 ± 88 HU.

У більшості пацієнтів II групи через 1,5–2 роки після ендопротезування (табл. 4) не відмічали помітних змін у кісткових структурах у зоні операції, але у 2 хворих було відмічене розширення каверн остеонекрозу губчастої тканини та розширення площі руйнування внутрішнього боку кортикального шару без виходу назовні. У 2 пацієнтів спостерігали загальне зменшення щільності кісткової тканини без візуальних змін кісткових структур.

Помітні зміни відбулися у медіальних зонах тибіального плато. Так, у середній зоні кортикального

шару спостерігається значуще ($p = 0,011$) зменшення оптичної щільності з 650 ± 56 HU до 612 ± 60 HU, а у медіальних зонах губчастої кістки — у зоні Г2 з 397 ± 46 HU до 332 ± 59 HU, у зоні Г3 — з 397 ± 46 HU до 332 ± 59 HU.

З огляду на отримані дані можна стверджувати, що у пацієнтів з остеопенією зміни оптичної щільності кістки відбуваються вже в перші роки після ендопротезування, хоча і не призводять до нестабільності тибіального компонента ендопротеза. Але без належного ведення цих пацієнтів, яке передбачає уповільнення процесів розвитку остеопоротичних явищ, руйнування кісткової тканини може прискоритися, що призведе як до фізичного розхитування компонентів ендопротеза,

Таблиця 2. Оптична щільність кісткової тканини зони резекції тибіального плато у пацієнтів до операції ендопротезування

Зона		Група		Стат. значущість різниці між групами
		I	II	
Кортикальний шар	Передня	703 ± 52 $587 \div 760$	735 ± 69 $667 \div 874$	$t = -1,146$ $p = 0,267$
	Середня	651 ± 61 $551 \div 752$	650 ± 56 $525 \div 699$	$t = 0,038$ $p = 0,970$
	Задня	553 ± 69 $400 \div 641$	609 ± 64 $520 \div 742$	$t = -1,866$ $p = 0,078$
Губчаста кістка	Г1	465 ± 78 $293 \div 560$	435 ± 86 $320 \div 570$	$t = 0,835$ $p = 0,415$
	Г2	400 ± 86 $250 \div 516$	397 ± 46 $300 \div 453$	$t = 0,081$ $p = 0,936$
	Г3	382 ± 50 $310 \div 454$	397 ± 40 $350 \div 468$	$t = -0,734$ $p = 0,472$
	Г4	341 ± 61 $216 \div 403$	336 ± 113 $100 \div 469$	$t = 0,116$ $p = 0,909$

Таблиця 3. Зміна оптичної щільності кісткової тканини в зоні резекції тибіального плато у пацієнтів I групи

Зона		Період спостереження		Стат. значущість між періодами спостереження
		До операції	Через 3–6 років	
Кортикальний шар	Передня	703 ± 52 $587 \div 760$	597 ± 111 $347 \div 744$	$t = 4,043$ $p = 0,003$
	Середня	651 ± 61 $551 \div 752$	494 ± 69 $406 \div 634$	$t = 4,624$ $p = 0,001$
	Задня	553 ± 69 $400 \div 641$	427 ± 88 $320 \div 592$	$t = 3,615$ $p = 0,006$
Губчаста кістка	Г1	465 ± 78 $293 \div 560$	342 ± 96 $180 \div 500$	$t = 5,550$ $p = 0,001$
	Г2	400 ± 86 $250 \div 516$	266 ± 80 $118 \div 397$	$t = 5,525$ $p = 0,001$
	Г3	382 ± 50 $310 \div 454$	240 ± 94 $100 \div 384$	$t = 4,763$ $p = 0,001$
	Г4	341 ± 61 $216 \div 403$	225 ± 67 $86 \div 323$	$t = 3,322$ $p = 0,009$

Таблиця 4. Зміна оптичної щільності кісткової тканини в зоні резекції тибіального плато у пацієнтів II групи

Зона		Період спостереження		Стат. значущість між періодами спостереження
		До операції	Через 3–6 років	
Кортикальний шар	Передня	735 ± 69 667 ÷ 874	718 ± 77 625 ÷ 872	t = 1,816 p = 0,103
	Середня	650 ± 56 525 ÷ 699	612 ± 60 500 ÷ 680	t = 3,168 p = 0,011
	Задня	609 ± 64 520 ÷ 742	583 ± 67 494 ÷ 700	t = 1,647 p = 0,134
Губчаста кістка	Г1	435 ± 86 320 ÷ 570	420 ± 105 300 ÷ 600	t = 1,109 p = 0,296
	Г2	397 ± 46 300 ÷ 453	332 ± 59 260 ÷ 430	t = 4,806 p = 0,001
	Г3	397 ± 40 350 ÷ 468	331 ± 56 261 ÷ 455	t = 4,869 p = 0,001
	Г4	336 ± 113 100 ÷ 469	305 ± 51 262 ÷ 403	t = 0,744 p = 0,476

так і до інших негативних наслідків, як-от збільшення фронтальної деформації колінного суглоба, появи болювого синдрому тощо.

Порівняння зміни щільності кісткової тканини у пацієнтів з остеопенією із часом (рис. 3) показало, що у найближчий період після монокондилярного ендопротезування колінного суглоба відмічається втрата переважно губчастого компонента (зони Г1–Г4) та в середній (медіальній) зоні кортикального шару. У віддалені періоди, коли у пацієнтів відмічаються прояви нестабільності компонентів ендопротеза, втрата кісткової щільності спостерігається у всіх зонах резекції.

Таким чином, можна передбачити, що своєчасна діагностика втрати щільності кістки в зоні розташування тибіального компонента може запобігти негативним наслідкам розхитування ніжки ендопротеза та надати можливість вживання необхідних заходів для зменшення наслідків розвитку остеопоротичних змін у кістці.

Висновки

Пацієнти зі зниженою кістковою щільністю (остеопенією) при ендопротезуванні суглобів потрапляють у групу ризику через розвиток локального остеопорозу в зоні резекції кістки. Перші ознаки резорбції губчастого компонента кістки можна спостерігати вже через 1,5–2 роки після ендопротезування. Своєчасно проведені лікувальні заходи здатні загальмувати подальший розвиток остеопорозу.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

References

- Zhuk PM, Boiniuk AL, Babun DV, et al. Long-term results of unicondylar knee replacement. *Ortopediâ, travmatologiâ i protezirovanië*. 2014;(4):47-50. Ukrainian.
- Movchanyuk VO, Zhuk PM, Karpinska OD, Karpinsky MYu, Sukhorukov SI. Experimental study of bone tissue density in monocondylar knee arthroplasty according to preliminary CT data and its intraoperative determination. *Travma*. 2022;23(1):12-18. Ukrainian. doi: 10.22141/1608-1706.1.23.2022.877.
- Delsmann MM, Schmidt C, Mühlenfeld M, et al. Prevalence of osteoporosis and osteopenia in elderly patients scheduled for total knee arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022 Dec;142(12):3957-3964. doi: 10.1007/s00402-021-04297-x.
- Khofer M. *Computed tomography: a basic guide*. 2nd ed. Moscow: Meditsinskaia literatura; 2008. 224 p. Russian.
- Bryman A, Cramer D. *Quantitative Data Analysis with IBM SPSS 17, 18 and 19: A Guide for Social Scientists*. London: Routledge; 2011. 408 p. doi: 10.4324/9780203180990.

Отримано/Received 04.03.2023

Рецензовано/Revised 13.03.2023

Прийнято до друку/Accepted 22.03.2023 ■

Information about authors

Rami Taleb Khaled Wahbeh, PhD-student, Department of Traumatology and Orthopedics, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: ramiwahbeh5@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6379-4878>

Stanislav Iaremyn, Associate Professor at the Department of Traumatology and Orthopedics, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: garfield9991@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9826-6859>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Wahbeh Rami Taleb Khaled, S.Y. Yaremin
National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine

Study of bone density according to CT data before and in the remote period after unicondylar knee arthroplasty

Abstract. Background. Unicondylar knee arthroplasty has become popular among orthopedists in recent years. The main complication of this technology is the instability of the tibial component of the endoprosthesis due to the development of local osteoporosis in the area of arthroplasty. Patients with decreased bone density are at high risk of developing instability of the tibial component of the endoprosthesis. Therefore, determining the levels of bone mineral density in patients with osteopenia before arthroplasty make it possible to calculate the risk of complications in the long term. **Objective:** to evaluate the bone mineral density according to the computed tomography (CT) of the tibial plateau resection zone for unicondylar arthroplasty in patients at risk. **Materials and methods.** The state of three cortical layer zones was assessed: anterior, middle, posterior and 4 zones of the plateau cut plane. The optical density of bone tissue was measured on CT images of the tibial plateau of the knee joint using the Hounsfield scale. Changes in bone structures in the area of placing tibial component of the endoprosthesis were studied in 2 groups of patients: group I — ten individuals who had undergone unicondylar knee arthroplasty 3–6 years ago and complained of negative phenomena in the prosthetic knee, group II — ten patients who had undergone unicondylar arthroplasty 1.2–2 years ago. These patients underwent CT densitometry at the follow-up examination. **Results.** Before arthroplasty, the maximum optical density of bone tissue was statistically the same. The density of the cortical layer was maximal in the anterior part of the bone

(~ 720 HU), minimal — in the posterior part (580 HU). For the spongy bone zone, the maximum optical density was observed in the anterior part (~ 470 HU), and in the posterior part, it was lower. In 3–6 years, patients of group I showed a significant decrease in the optical density of the bone, both in its cortical layer and in the cancellous tissue. The greatest losses were detected in the medial zones of the cancellous bone. Patients had areas of cortical layer resorption, and in some individuals, its complete absence. At the same time, the absorption index of the cortical layer in the areas of destruction did not exceed 100 HU. The maximum optical density of the cortical layer in the zones also decreased. In patients of group II, 1.5–2 years after arthroplasty, there were no noticeable changes in the bone structures in the surgery area. Changes occurred in the medial zones of the cancellous bone of the tibial plateau. Patients with osteopenia reported changes in bone optical density already in the first years after arthroplasty, although they do not lead to instability of the tibial component of the endoprosthesis. **Conclusions.** Patients with decreased bone density (osteopenia) during joint arthroplasty are at risk of developing local osteoporosis in the area of bone resection. The first signs of resorption of the cancellous bone can be observed 1.5–2 years after arthroplasty. Timely treatment measures can slow down the further progression of osteoporosis.

Keywords: knee joint; arthroplasty; bone density; osteoarthritis; osteopenia