

# Текстурный анализ компьютерно-томографических изображений костных тканей: гетерогенность как показатель остеointеграции (предварительное сообщение)

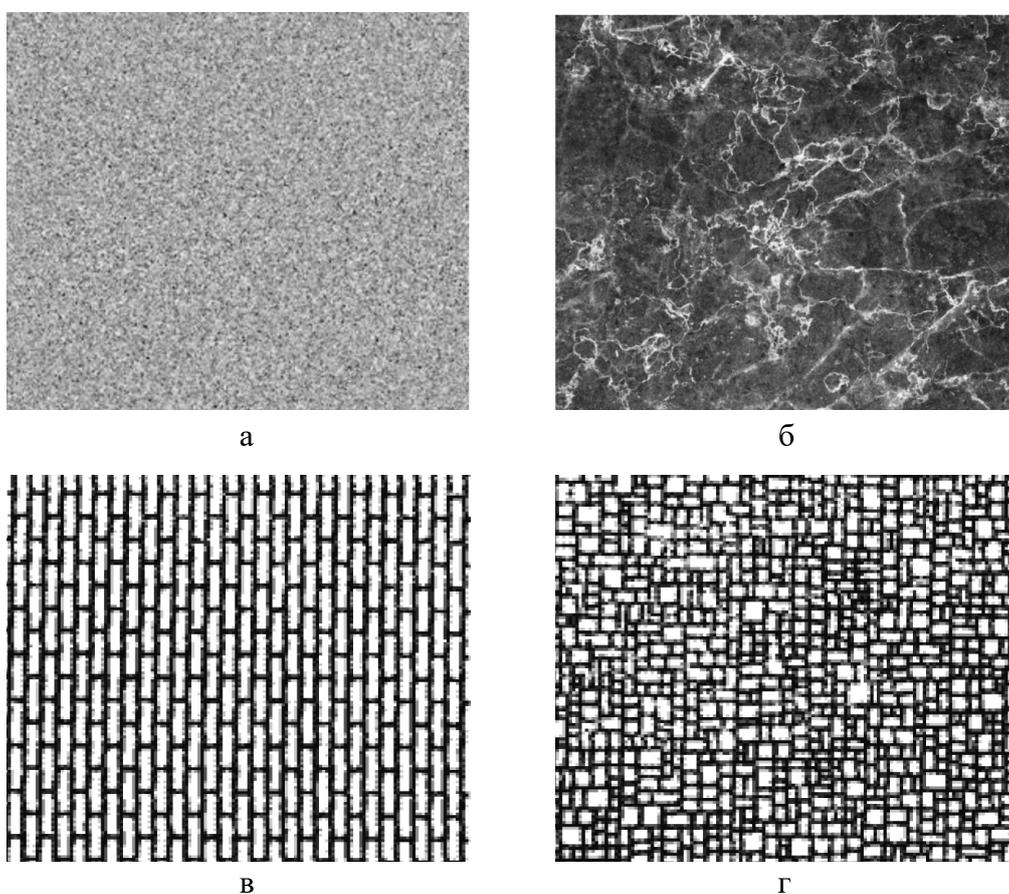
Н.К. Терновой<sup>1</sup>, Н.Н. Колотилов<sup>2</sup>,  
О.В. Дроботун<sup>1</sup>, Е.В. Туз<sup>1</sup>,  
Н.В. Ульянович<sup>3</sup>, Ю.П. Терницкая<sup>2</sup>

Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии им. Р.Е. Кавецкого НАН Украины<sup>1</sup>, г. Киев  
Институт ядерной медицины и лучевой диагностики НАМН Украины<sup>2</sup>, г. Киев  
Института Проблем Материаловедения им. И.Н.Францевича НАН Украины<sup>3</sup>

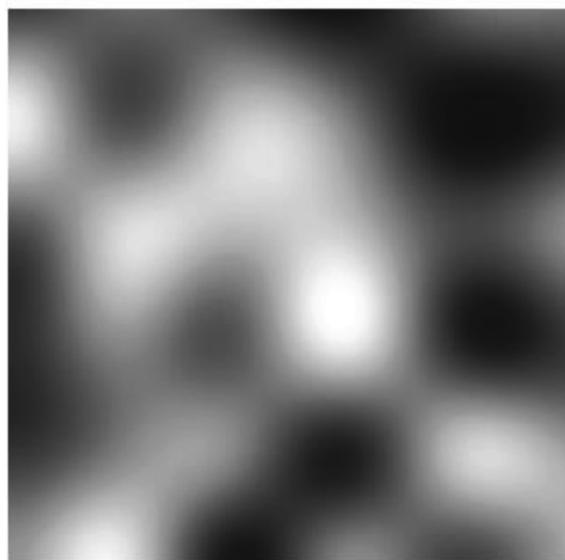
**Термины и определения.** *Структура* (от лат. *structūra* «строение, устройство; связь или расположение составных частей»): в философии *структура* – совокупность связей между частями объекта; в материаловедении *структура* – материал или предмет, обладающий структурой в основном значении, т.е. состоящий из областей

или слоёв разных веществ, расположенных специфическим образом [5, 7].

*Текстура* (синонимы: микротекстура, строение, рисунок, экзоглиф, эндоглиф, ориентация, наслоенность) – преимущественная ориентация элементов, составляющих материал (рис. 1).



**Рис. 1.** Текстуры: а – регулярная; б – нерегулярная фрактальная; в – нерегулярная; г – признаки регулярной и нерегулярной текстур.



а

1	63	121	73	14	120	135
2	237	90	194	136	4	43
3	90	212	193	199	86	154
4	51	150	98	239	42	68
5	65	141	145	34	203	167
6	158	234	20	146	80	176
	1	2	3	4	5	6

б

**Рис. 2.** Текстура компьютерно - томографического изображения остеосаркомы: а – апертура 6х6 пикселей; б – оцифрованные в ед. X пиксели апертуры 6х6 пикселей.

**Текстура**, в широком смысле этого слова, – это некоторый участок изображения, который имеет однородные статистические характеристики.

Первоначально латинское слово *textura* употреблялось в XVIII веке в текстильном производстве для обозначения качества, тонкости или геометрических параметров ткани [5].

Объект диагностической радиологии – текстура 2D компьютерно-томографического изображения (КТИ), которое может быть растровым (сетка прямоугольных пикселей, рис. 2) или векторным (представления объектов и изображений основано на математическом описании элементарных геометрических объектов, обычно называемых примитивами: точки, линии, круги и окружности, многоугольники и другие).

**Текстуру**, окрестности всех точек которой визуально подобны друг другу, называют **гомогенной текстурой**.

Одной из основных характеристик текстуры является **гетерогенность** – разнородность, неоднородность, разнотипность, разнохарактерность, пестрота, разноликость, разнокалиберность, инородность; наличие неодинаковых частей в структуре, в составе чего-либо. Антонимы этого термина: однородность, гомогенность [7].

**Концепция гетерогенности** используется нами исключительно в рамках анализа текстуры 2D-мерных КТИ по рентгеновской плотности.

## Введение

Достоинством эндопротезирования у больных с первичными злокачественными и метастатическими опухолями костей нижних конечностей является одновременность резекции пораженной опухолью кости и раннее восстановление опороспособности и функции оперированной конечности [1,4,12]. Но, по данным [2, 19], через 3 года эндопротезы сохраняются только у 50 % больных, остальным необходимы ревизионные операции. Частота ревизионных операций, вызванных механической или асептической нестабильностью эндопротезов, составляет 44-47 % [2]. Основным фактором, влияющим на долговечность конструкции кость – эндопротез, является состояние костного ложа, в котором находится имплант, которое зависит от пола, возраста, массы тела, остеопороза, коморбидности [2,16]. В исследовании, включающем 196 больных раком гортани, показано, что, например, выживаемость пациентов с различными стадиями рака различается в зависимости от наличия или отсутствия коморбидности: на I стадии рака выживаемость при наличии коморбидности составляет 17 %, а при её отсутствии — 83 %, на II – 14 % и 76 %, на III – 28 % и 66 %, а на IV – 0 % и 50 %, соответственно. В целом выживаемость коморбидных больных раком гортани на 59 % ниже выживаемости больных без коморбидности [18].

**Цель статьи** – описать информативность способа исследования остеоинтеграции эндопротеза с помощью текстурного анализа КТИ костных тканей до и после эндопротезирования и костно-заместительной пластики путём оценки гетерогенности костного ложа.

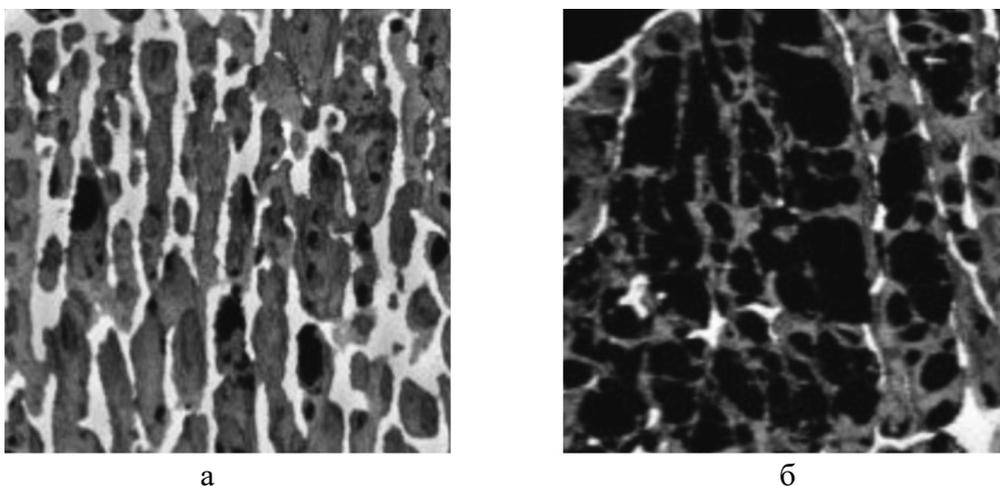
### Материал и методы исследования

Обследование 20 больных с первичными злокачественными и метастатическими опухолями бедренной кости в возрасте от 36 лет до 59 лет выполнено по общепринятым стандартным протоко-

лам на мультиспиральном томографе (рис. 3). Контрольную группу составили 11 больных в возрасте от 39 лет до 56 лет с переломами костей нижних конечностей, которые обследованы однократно.

Эндопротезирование и костно-заместительная пластика по стандартной методике осуществлена всем 20 пациентам (рис. 4).

Для костно-заместительной пластики применяли двухфазную биоактивную керамику линии **Биомин** (гидроксиапатит трикальцийфосфата  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ) (ТУ У 33.1-00235016-001: 2010 Свидетельство о государственной регистрации №14986 / 2015). Биомин – нетоксичный биологически совместимый материал, состав и структура которого идентичны составу и структуре



**Рис. 3.** Текстура КТИ губчатой ткани головки бедренной кости: а – больной с переломом дистального отдела; б – больной с остеосаркомой.



**Рис. 4.** КТИ нижних конечностей больного после эндопротезирования.

минеральной составляющей кости. Биомин, в той или иной мере, обладая противовоспалительным действием, остеокондукцией, остеиндукцией, остеопротекцией и остеогенностью, благотворно влияет на репаративный остеогенез, способствует росту скорости заживления костных ран [17].

Биокерамика марки Биомин ГлС, Биомин ГТлС, Биомин ТлС имеют асептическое действие и могут использоваться в гнойной хирургии. Биомин Т быстрее других материалов взаимодействует с костной тканью, но имеет низкую прочность. Биомин ГТ и Биомин Т имеет повышенную скорость резорбции и при заполнении больших полостей необходимо подбирать скорость резорбции биокерамик к скорости репарации костной ткани. Порошок и гранулы малого размера согласно инструкции рекомендуются для заполнения полостей размером 1-2 см<sup>3</sup>, при заполнении пустот 2-10 см<sup>3</sup> рекомендуются гранулы размером от 1 до 3 мм, при заполнении пустот больших 10 см<sup>3</sup> рекомендуется использовать гранулы более 3 мм. Смешение гранул различных по размеру позволяет получить оптимальное остеоинтегрирование. Все марки биокерамики легко поддаются стерилизации паровым и воздушным методами.

На основе анализа литературы [3,6] в рамках тренда по перепрофилированию лекарственных средств [8] для симультанного лечебного воздействия (усиления остеоинтеграции, профилактики обострений коморбидной патологии, рецидивирования и метастазирования после резекции опухолей и костно-заместительной пластики) выбран **даларгин** – синтетический аналог эндогенного регуляторного нейропептида лейцин-энкефалина, который имеет следующую структуру гексапептида: Тир-Д-Ала-Гли-Фен-Лей-Арг. Предположение о том, что опиоиды могут участвовать в регенерации костной ткани, высказано в 1995 г. [10] после обнаружения реципрокной связи между экспрессией гена проэнкефалина в созревающих остеобластах и их дифференцировкой. Опиоидные рецепторы обнаружены на остеобластоподобных опухолевых клетках [3, 10]. Установлено, что образующие кость клеточные структуры, кроме зрелых остеобластов и остеокластов, способны синтезировать опиоиды. В аспекте коморбидности отметим наличие у даларгина **ранозаживляющее, репаративное, репаративно-остеотропное, противовоспалительное, антиканцерогенное, противоопухолевое, антиметастатическое, анальгетическое, антидепрессивное, антистрессорное, иммуномодулирующее, антиоксидант-**

**ное, лимфогонное, анальгетическое, гипотензивное, антиаритмическое, кардиопротекторное, пульмопротекторное, гепатопротекторное, панкреатопротекторное, гипохолестеринемическое, антиатеросклеротическое, антигипоксическое, противоишемическое, артериоло- и венолодилатирующее действия; нормализацию активность нейроэндокринных подсистем.** На 2-е сутки после удаления опухоли и костно-заместительной пластики даларгин применялся внутривенно в общепринятой дозе – 1 мг в 5-10 мл изотонического раствора натрия хлорида. Инъекции делали 1 раз в сутки, курс лечения 10 дней.

Интуитивно понятно, что для количественной характеристики гетерогенности КТИ структуры нормальных и патологически измененных тканей логично использовать показатели рентгеновской плотности области интереса, а именно: минимальную, максимальную, среднеарифметическую, стандартное отклонение среднеарифметической плотности. Практически вывод новых формул всегда неявно базируется на  $\pi$ -теореме (основная теорема анализа размерностей) [15]. В нашем случае анализ только 1 показателя (рентгеновской плотности) в рамках 3 безразмерных коэффициентов гетерогенности количественно оценивает гетерогенность текстуры КТИ. Практически коэффициенты  $K_1$  отражают одномерную гетерогенность, коэффициенты  $K_2, K_3$  – двумерную гетерогенность.

Коэффициенты гетерогенности  $K_1, K_2, K_3$  рассчитываются по следующим формулам [15]:

$$K_1 = \frac{РП_{\max} - РП_{\min}}{РП_{\max} + РП_{\min}},$$

$$K_2 = \frac{РП_{\max} - РП_{\min}}{РП_{\text{ср}}},$$

$$K_3 = \frac{РП_{\text{ср}} - РП_{\min}}{РП_{\max} - РП_{\min}},$$

где  $РП_{\max}$  – рентгеновская плотность максимальная, ед. X;  $РП_{\min}$  – рентгеновская плотность минимальная, ед. X;  $РП_{\text{ср}}$  – рентгеновская плотность среднеарифметическая, ед. X.

Шкала «гомогенность → гетерогенность»  $K_1$  соответствует 0,00 → 1,00;  $K_2$  – 0,00 → ≈10,00;  $K_3$  – 0,00 → 1,00.

Информативность  $K_1, K_2, K_3$  в определенной мере зависит от размера скользящей апертуры. В большой апертуре отражаются свойства текстурной гомогенности более крупных объектов, при этом влияние отдельных пикселей апертуры на величину текстурной оценки снижается и заметно ухудшается пространственное разрешение конечной классификации. В слишком малой апертуре может оказаться недостаточно статистической информации для адекватного описания свойств текстуры объектов [5]. Исследование влияния

размера апертуры на правильную интерпретацию количественных текстурных признаков показало, что в окнах размером 3×3 или 5×5 пикселей статистические текстурные показатели больше работают как обнаружители перепадов яркости. Слишком большие размеры апертуры могут исказить результаты из-за влияния краев структур и границ изображений. Однако большая апертура позволяет достигнуть высокой статистической достоверности. Апертура 20×20 пикселей наиболее эффективна для текстурного анализа объектов. При изменении размеров апертуры от 80×80 до 20×20 пикселей количественные значения текстурных показателей изменялись на 5...10 %. Дальнейшее изменение размера апертуры приводило к значительному искажению показателей.

Определение рентгеновской плотности компактной, губчатой тканей, интерфейса (границы раздела между тканями, между тканями и биоке-рами-кой; относительно новый термин [11]) проводили на КТИ ориентировочно в зонах Грузна (преимущественно 1 и 7) (таблица).

Интерфейс характеризуется, как правило, гистограммой с 2 основными модами. Статистическая обработка количественных показателей ( $M \pm m$ ) проводилась с помощью статистического пакета «Microsoft® Excel 97». Достоверность различий между полученными показателями оценивали с помощью t-критерия Стьюдента ( $p < 0,05$ ).

Больные с содержанием диагностических процедур были ознакомлены и подписали форму «Информированное согласие» в качестве обследуемых.

**Рентгеновская плотность (ед. X) и коэффициенты гетерогенности костной ткани до и после костно-заместительной пластики.**

Ткани	РПса	РПмакс	РПмин	$K_1$	$K_2$	$K_3$
Контрольная группа (n = 11)						
Компактная	1307±69	1528	796	0.315	0.560	0.698
Губчатая	294±25	438	179	0.420	0.881	0.444
Интерфейс	564±37	761	309	0.422	0.801	0.564
Больные до операции (n = 20)						
Компактная	812±41	1451	601	0,414	1,047	0,248
Губчатая	218±19	407	137	0,496	1,238	0,300
Интерфейс	432±33	634	283	0.383	0.812	0.425
6-8 месяцев после ЭП и пластики (n = 4)						
Компактная	784±37	1234	585	0.357	0.828	0.307
Губчатая	205±16	368	149	0.424	1.068	0.256
Интерфейс	486±26	599	202	0.496	0.817	0.715
12-15 месяцев после ЭП и пластики (n = 5)						
Компактная	839±39	1295	653	0.330	0.765	0.290
Губчатая	241±17	397	173	0.393	0.929	0.304
Интерфейс	501±27	639	196	0.531	0.884	0.688
6-8 месяцев после ЭП и пластики с даларгином (n = 5)						
Компактная	897±43	1375	561	0,420	0,907	0,413
Губчатая	292±20	515	166	0,512	1,195	0,361
Интерфейс	609±34	871	218	0,600	1,072	0,599
12-15 месяцев после ЭП и пластики с даларгином (n = 6)						
Компактная	1106±54	1581	623	0,435	0,866	0,504
Губчатая	364±22	695	182	0,585	1,409	0,355
Интерфейс	784±35	1081	263	0,608	1,043	0,637

## Результаты и их обсуждение

На основе опыта работы с биоимплантами [13] при анализе степени интеграции костной ткани с поверхностью эндопротезов и биокерамики количественную оценку плотности костной ткани проводили гистографичным анализом КТИ костных тканей. Результаты радиологического мониторинга 20 больных основной группы, 11 больных контрольной группы и расчёта коэффициентов гетерогенности представлены в таблице.

Коэффициенты  $K_1$  и  $K_2$  во всех группах показали достоверно более высокую гетерогенность губчатой ткани (вполне очевидно и тривиально с морфологической точки зрения) по сравнению с компактной тканью ( $P < 0,01$ ). Гетерогенность компактной и губчатой тканей у больных с первичными злокачественными и метастатическими опухолями до операции достоверно выше, чем у больных контрольной группы ( $P < 0,01$ ).

Использование у больных даларгина увеличило гетерогенность компактной и губчатой тканей (согласно интерпретации  $K_1$ ) уже через 6-8 месяцев по сравнению с приблизительно идентичной группой больных без даларгина: на 17,6 % и 27,8 % соответственно.

Биоактивность биокерамики проявляется в остеointegrации – образовании непосредственных биохимических связей с прилегающей к ним костной тканью, а также в свойствах остеокондуктивности и остеостимуляции – она служат проводником и стимулятором образования и дальнейшего разрастания по поверхности и в порах имплантата новой костной ткани.

Известны работы по оценке остеointegrации по рентгеновской плотности [13,14]. Так, например, установлено [14], что плотность тканей в зоне контакта кость - трансплантат существенно возрастает с увеличением срока после краниопластики^ через 2 года –  $497 \pm 16$  ед. X, через 5 лет –  $908 \pm 24$  ед. X, через 7 лет –  $1297 \pm 21$  ед. X), что, по мнению автора, дополнительно свидетельствует о остеиндуктивной способности биокерамических трансплантатов.

Интеграция металлических имплантов в костную ткань – это введение инородного тела в тканевую среду живого организма, обеспечивает восстановление целостности и замещения утраченных тканевых структур, чем достигается и частичное / полное восстановление их функции. Этот процесс характеризуется почти отсутствием патологических реакций прилегающих к имплантату тканей и образованием длительного и

стабильного соединения с ними. Отметим, что параллельно с этим происходит выход незначительного (в пределах порогового уровня) количества ионов/микрочастиц металла со стороны имплантата в окружающие ткани. Эти частицы титана в костной ткани обнаруживаются при гистографическом анализе рентгеновской плотности КТИ кости даже спустя годы после имплантации (феномен металлоза). Благодаря адекватной сегментации КТИ в нашем исследовании металлоз не оказал влияния на оценку гетерогенности.

## Выводы

Исследование информативности динамики коэффициентов гетерогенности проведено на примере эндопротезирования с использованием биокерамики биомин и нейропептида даларгина. Коэффициенты объективно отражают состояние костной ткани у больных с переломами и больных с опухолями до и после лечения. Результаты исследования свидетельствуют об эффективности совместного применения даларгина и биомина: установлено уплотнение структуры компактной и губчатой тканей и увеличение их гетерогенности. Под влиянием даларгина реорганизуется структура интерфейса, характерная для интактной костной ткани, соответственно наблюдается восстановление и прочности. Исследование выполнено в рамках плановой научно-исследовательской работы Института экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии им. Р.Е. Кавецкого НАН Украины «Розробка кістково – пластичних хірургічних втручань у хворих на пухлини кісток з застосуванням біоактивної кераміки».

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

## Литература

1. Алиев М. Д. Эндопротезирование как основа ортопедии / М. Д. Алиев // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. – 2010. – № 4. – С. 7-12.
2. Бабалаев А. А. Реэндопротезирование после органосохранных операций у больных с опухолями костей: автореферат дис. ... кандидата медицинских наук: 14.01.12 / Бабалаев Алмазбек Алтынбаевич; [Рос. онкол. науч. центр им. Н.Н. Блохина РАМН]. – Москва, 2013. – 26 с.

3. Васильев А. В. Влияние опиоида периферического действия даларгина на клеточную пролиферацию *in vitro* репаративную регенерацию костной ткани *in vivo*: диссертация ... кандидата медицинских наук: 03.03.04 / Васильев Андрей Вячеславович; [НИИ морфологии человека РАМН]. – Москва, 2016. – 108 с.
4. Карпенко В. Ю. Реконструктивный и реконструктивно-пластический этапы при радикальных операциях в онкологической ортопедии: диссертация ... доктора мед. наук: 14.01.12 / Карпенко Вадим Юрьевич; [Национальный медицинский исследовательский радиологический центр]. – Обнинск, 2016. – 337 с.
5. Колодникова Н. В. Обзор текстурных признаков для задач распознавания образов / Н. В. Колодникова // Доклады ТУСУРа. Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования. – 2004. – С. 113-124.
6. Колотилов Н. Н. Нейропептиды / Н. Н. Колотилов. – Афины-Москва- Берлин: МАМТН, 2000. – 150 с.
7. Колотилов Н. Н. Гетерогенность компьютерно-томографических изображений опухолей: введение в проблему / Н. Н. Колотилов // Лучевая диагностика, лучевая терапия. – 2018. – № 1. – С. 73-77.
8. Корман Д. Перепрофилирование лекарств для онкологии / Д. Корман // Практическая онкология. – 2017. – № 1. – С. 139-158.
9. Красильников А. А. Применение коллагенсодержащего материала при хирургическом лечении первичных доброкачественных опухолей костей и суставов.: автореферат дис. ... кандидата медицинских наук: 14.01.15 / Александр Александрович Красильников; [Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова – ГОУВПО]. – Москва, 2013. – 27 с.
10. Ляшев Ю. Д. Опиоидные пептиды как регуляторы репаративного остеогенеза: дис. ... д-ра мед. наук: 03.00.13 / Юрий Дмитриевич Ляшев. – Курск, 2002. – 217 с.
11. Михальченко Д. В. Внутренний интерфейс дентального имплантата как очаг хронической инфекции / Д. В. Михальченко, Е. Ю. Бадрак, Е. Н. Ярыгина // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2015. – Т. 10, № 3. – С. 307-309.
12. Санкаранараянан А. С. Эндопротезирование тазобедренного сустава при опухолях проксимального отдела бедренной кости: диссертация ... кандидата медицинских наук: 14.00.22 / Санкаранараянан Арумугам Сараванан; [Московский областной научно-исследовательский клинический институт]. – Москва, 2008. – 139 с.
13. Терновой М. К. Эндопротезування та кістково-замісна хірургія при доброякісних та злоякісних пухлинах нижніх кінцівок: використання мебіфону/ М. К. Терновой, М. М. Колотілов, В. В. Вовк, Є. В. Туз // Лучевая диагностика, лучевая терапия. – 2014. – №1-2. – С. 59-66.
14. Тульчинський В. Г. Краніопластика дефектів черепа з використанням біокерамічних трансплантатів: дисертація ... кандидата мед. наук: 14.01.05 / В.Г. Тульчинський [Українська військово-медична академія МО України]. – Київ, 2018. – 167 с.
15. Kolotilov N. N. CT images of pancreatic malignant tumors: heterogeneity coefficients / N. N. Kolotilov, L. R. Zabudskaya // Лучевая диагностика, лучевая терапия. – 2018. – № 3. – С. 35-38.
16. Malawer M. M. Treatment of Sarcomas and Allied Diseases / M. M. Malawer, P. H. Sugarbaker. – Washington: Kluwer Academic Publishers, 2001. – Vol. XIII. – 626 p.
17. Ternovoy N. K. Biomin: first experience in veterinary medicine / N. K. Ternovoy, I. I. Stoykov, E. V. Tuz, N. V. Ulyanchich // Лучевая диагностика, лучевая терапия. – 2016. – № 4. – С. 30-32.
18. Teylor V. M. Hospitalizations for back and neck problems: a comparison between the Province of Ontario and Washington State / V. M. Teylor // Health Serv. Res. – 1998. – Vol. 33(4 Pt 1). – P. 929-945.
19. Zeegen E. N. Survivorship analysis of 141 modular metallic endoprostheses at early follow-up / E. N. Zeegen, L. A. Aponte-Tinao, F. J. Hornicek // Clin. Orthop. Relat. Res. – 2004. – Vol. 420. – P. 239-250.

**ТЕКСТУРНЫЙ АНАЛИЗ  
КОМПЬЮТЕРНО-ТОМОГРАФИЧЕСКИХ  
ИЗОБРАЖЕНИЙ КОСТНЫХ ТКАНЕЙ:  
ГЕТЕРОГЕННОСТЬ  
КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОСТЕОИНТЕГРАЦИИ  
(ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ СООБЩЕНИЕ)**

*Н.К. Терновой,  
Н.Н. Колотилов, О.В. Дроботун,  
Е.В. Туз, Н.В. Ульянович,  
Ю.П. Терницкая*

**Цель статьи** – описать информативность способа исследования остеointegrации эндопротеза с помощью текстурного анализа компьютерно-томографических изображений костных тканей до и после эндопротезирования и костно-заместительной пластики биокерамикой путём оценки гетерогенности костного ложа.

Обследование 20 больных с первичными злокачественными и метастатическими опухолями бедренной кости в возрасте от 36 лет до 59 лет выполнено по общепринятым стандартным протоколам на мультиспиральном томографе. Контрольная группа – 11 больных в возрасте от 39 лет до 56 лет с переломами костей нижних конечностей, обследованы однократно. На основе среднеарифметической, максимальной и минимальной рентгеновской плотности предложен расчёт 3 коэффициентов гетерогенности. Коэффициенты объективно отражают состояние костной ткани у больных с переломами и больных с опухолями до и после лечения. Исследование информативности динамики коэффициентов гетерогенности проведено на примере эндопротезирования с использованием биокерамики биомин и нейропептида даларгина. Результаты свидетельствуют об эффективности совместного применения даларгина и биомин: установлено уплотнение структуры компактной и губчатой тканей и увеличение их гетерогенности. Под влиянием даларгина реорганизуется и восстанавливается структура интерфейса, характерная для интактной костной ткани, соответственно наблюдается восстановление прочности.

### ТЕКСТУРНИЙ АНАЛІЗ КОМП'ЮТЕРНО-ТОМОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ КІСТКОВИХ ТКАНИН: ГЕТЕРОГЕННІСТЬ ЯК ПОКАЗНИК ОСТЕОІНТЕГРАЦІЇ (ПОПЕРЕДНЄ ПОВІДОМЛЕННЯ)

*М.К. Терновий, М.М. Колотілов,  
О.В. Дроботун, Е.В. Туз, Н.В. Ульянчич,  
Ю.П. Терницька*

**Мета статті** – описати інформативність методу дослідження остеointegraції за допомогою текстурного аналізу комп'ютерно-томографічних зображень кісткових тканин до і після ендопротезування та кістково-замісної пластики біокерамікою шляхом оцінки гетерогенності.

Обстеження 20 хворих з первинними злоякісними і метастатичними пухлинами стегнової кістки у віці від 36 років до 59 років виконано за загальноприйнятими стандартними протоколами на мультиспиральному томографі. Контрольна група – 11 пацієнтів у віці від 39 років до 56 років з переломами кісток нижніх кінцівок, обстежені однократно. На основі середньоарифметичної, максимальної і мінімальної рентгеновської щільності запропонований розрахунок 3 коефіцієнтів гетерогенності. Коефіцієнти об'єктивно відобра-

жають стан кісткової тканини у хворих з переломами і хворих з пухлинами до і після лікування. Дослідження інформативності динаміки коефіцієнтів гетерогенності проведено на прикладі ендопротезування з використанням біокераміки Біомін і нейропептиду даларгіну.

Результати дослідження свідчать про ефективність спільного застосування даларгіну і біоміну: встановлено ущільнення структури компактної і губчастої тканин і збільшення їх гетерогенності. Під впливом даларгіну реорганізується і відновлюється структура інтерфейсу, характерна для інтактної кісткової тканини, відповідно спостерігається відновлення і міцності.

### TEXTURAL ANALYSIS OF COMPUTER-TOMOGRAPHY IMAGES OF BONE TISSUES: HETEROGENEITY AS THE OSTEOINTEGRATION INDEX (PRELIMINARY MESSAGE)

*N.K. Ternovoy, N.N. Kolotilov,  
O.V. Drobotun, E.V. Tuz, N.V. Ulyanchich,  
Yu.P. Ternitskaya*

**The purpose of the article** is to describe the informativ value of the endoprosthesis osseointegration investigation method with textural analysis of computer-tomographic images of bone tissues before and after arthroplasty and bone replacement plastics with bioceramics by assessing the bone bed heterogeneity.

The investigation of 20 patients with primary femur malignant and metastatic tumors of 36 to 59 years old was performed according to the generally accepted standard protocols with multislice tomograph. The control group of 11 patients aged from 39 years to 56 years with lower extremities' fractures was examined once. It was proposed the calculation of 3 heterogeneity coefficients based on the arithmetic mean, maximum and minimum x-ray density. The coefficients objectively reflect the state of the bone tissue in patients with fractures and patients with tumors before and after treatment. The study of the informativeness of the heterogeneity coefficients dynamics was carried out using the example of endoprosthetics with biomin and neuropeptide dalargin bioceramics. The results indicate the effectiveness of the joint dalargin and biomin application: the compaction of compact and spongy tissues' structure and their heterogeneity increase were established. Under the influence of dalargin, the interface structure characteristic for intact bone tissue is reorganized and restored, respectively, the strength restoration is observed.