

Радиологическая диагностика злокачественных опухолей бедренной кости

Н.К. Терновой, Е.В. Туз,
Н.Н. Колотилов

ДУ «Институт ядерной медицины и лучевой диагностики НАМН Украины»
Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии
им. Р.Е. Кавецкого НАН Украины

Трансляция новых технологий в ортопедии обеспечивает выполнение радикальных органосохраняющих и функционально-щадящих операций с удалением больших объемов измененных тканей и последующим замещением дефектов путем эндопротезирования и пластики. Прецизионность реконструктивно-пластической хирургии требует точной оценки местного распространения опухоли на этапе обследования и планирования оперативного вмешательства.

Арсенал диагностических методов первичной и дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных опухолей опорно-двигательной системы, достаточно значителен: термография [1, 13], эхография и доплерография [2, 14], рентгенография [1, 13], сцинтиграфия [3, 14], компьютерная (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) [4, 10, 15]. Каждый метод обладает различной степенью информативности.

В клинической практике основными методами уточняющей диагностики, использующимися для оценки местной распространенности опухолевого процесса в костях и мягких тканях, являются КТ и МРТ, обладающие высоким тканевым и пространственным разрешением. Чувствительность, специфичность и точность КТ в выявлении опухолей опорно-двигательной системы составляют: 83 %, 88 % и 86 % соответственно, диагностическая эффективность МРТ достигает 84 %, 90 % и 93 % соответственно [4, 7]. Определенные перспективы повышения информативности и диагностической эффективности КТ-исследования связывают с новой технологией – мультidetекторной КТ (МДКТ), позволяющей визуализировать опухоль по показателям перфузии в процессе рентгеноконтрастирования [5, 6, 9].

Чувствительность, специфичность, точность основных радиологических техноло-

гий относительно хорошо изучена в отношении первичной диагностики (обнаружение и распознавание опухоли), дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных опухолей, но практически не оценивались при диагностике вовлечения отдельных анатомических структур в опухолевый процесс.

Цель исследования – сопоставление информативности и эффективности использования рентгенографии, МРТ и МДКТ для идентификации вовлечения отдельных анатомических структур при оценке распространенности доброкачественных и злокачественных опухолей бедренной кости.

Материал и методы исследования

Обследовано 92 больных с доброкачественными (31 наблюдение) и злокачественными (61 наблюдение) опухолями бедренной кости в возрасте от 36 до 59 лет (табл. 1). Рентгенологические обследования больных выполнены на аппаратах Телеоптик, РДК-ВСМ по стандартным укладкам [1, 14], МДКТ обследования – на томографе LightSpeed® VCT (General Electric), МРТ обследования – на томографе “Magnetom Vision” (“Siemens”) с индукцией магнитного поля 1,5 Т.

Перфузия крови (3 процесса в объеме интереса): нагнетание на артериальном входе, прохождение по сосудистой сети объема интереса, истечение на венозном выходе. Основные показатели перфузии: скорость объемного кровотока (СОК), объем крови (ОК), время транзита (ВТ) определяются по кривой “накопление-вымывание”, которую можно зарегистрировать по любому транзитному индикаторному импульсу.

Таблица 1.
Распределение больных с опухолями бедренной кости по нозологическим формам.

Нозологическая форма	Количество больных	
	абс	%
Доброкачественные опухоли	31	33,7
Остеома	9	9,8
Гигантоклеточная опухоль	15	16,3
Остеоид-остеома	4	4,3
Остеобластома	3	3,3
Злокачественные опухоли	61	66,3
остеогенная саркома	5	5,4
юкстакортикальная остеосаркома	4	4,3
фибросаркома	3	3,3
метастатические опухоли (табл. 2)	33	35,9
остеобластокластома с малигнизацией	2	2,2
хондросаркома	4	4,3
злокачественная фиброгистиоцитома	1	1,1
саркома Юинга	3	3,3
ретикулосаркома	2	2,2
синовиальная саркома	4	4,3
Всего	92	100,0

Диагностическая эффективность способов диагностики определялась классическими показателями [11]: чувствительность (Ч), специфичность (С), точность (Т), эффективность (Э) согласно матрицы ретроспективно верифицированных на основании интраоперационных верификаций и патологогистологических заключений.

Таблица 2.
Распределение больных с метастатическими опухолями костей нижних конечностей по типу опухолей первичной локализации.

Тип первичной опухоли	Количество больных	
	абс	%
Рак грудной железы	8	24,2
Рак предстательной железы	7	21,2
Рак щитовидной железы	2	6,0
Рак почки	6	18,2
Рак лёгких	5	15,2
Неопределенный первичный очаг	5	15,2
Всего	33	100,0

Исследования выполнялись в соответствии с правилами и принципам биоэтики [12]. Больные были ознакомлены с содержанием диагностических процедур и подписали форму «Информированного согласия» в качестве исследуемых.

Результаты и их обсуждение

В процессе предоперационного обследования рентгенография проведена у 29 больных, рентгенография и МРТ – у 31 больного, рентгенография и МДКТ – у 32 больных (рис. 1).

Предоперационная оценка местной распространенности опухолевого процесса осуществлялась на основе разработанной семиотики и последовательного анализа изображений КТ и МРТ, включающих определение: протяженности поражения кости или мягких тканей для измерения длины резецируемого фрагмента и размера эндопротеза; выхода опухоли из кости в прилежащие мягкие ткани и сустав с целью соблюдения принципов абластики и выполнения резекции en bloc; степени вовлечения сосудистого пучка для оценки возможности выполнения органосохраняющего лечения и планирования сосудистого этапа операции.

МДКТ перфузиография проведена с измерением количественных показателей кровотока у 30 больных (табл. 3). Согласно результатам анализа диагностических изображений 1 нозологической формы доброкачественной и 4 нозологических форм злокачественных опухолей СОК опухолевой ткани занимает интервал от 14,6 до 73,5 мл/мин/100г; ОК – от 32,6 до 85,8 мл/100г; ВТ – от 79,3 с до 142,3 с.

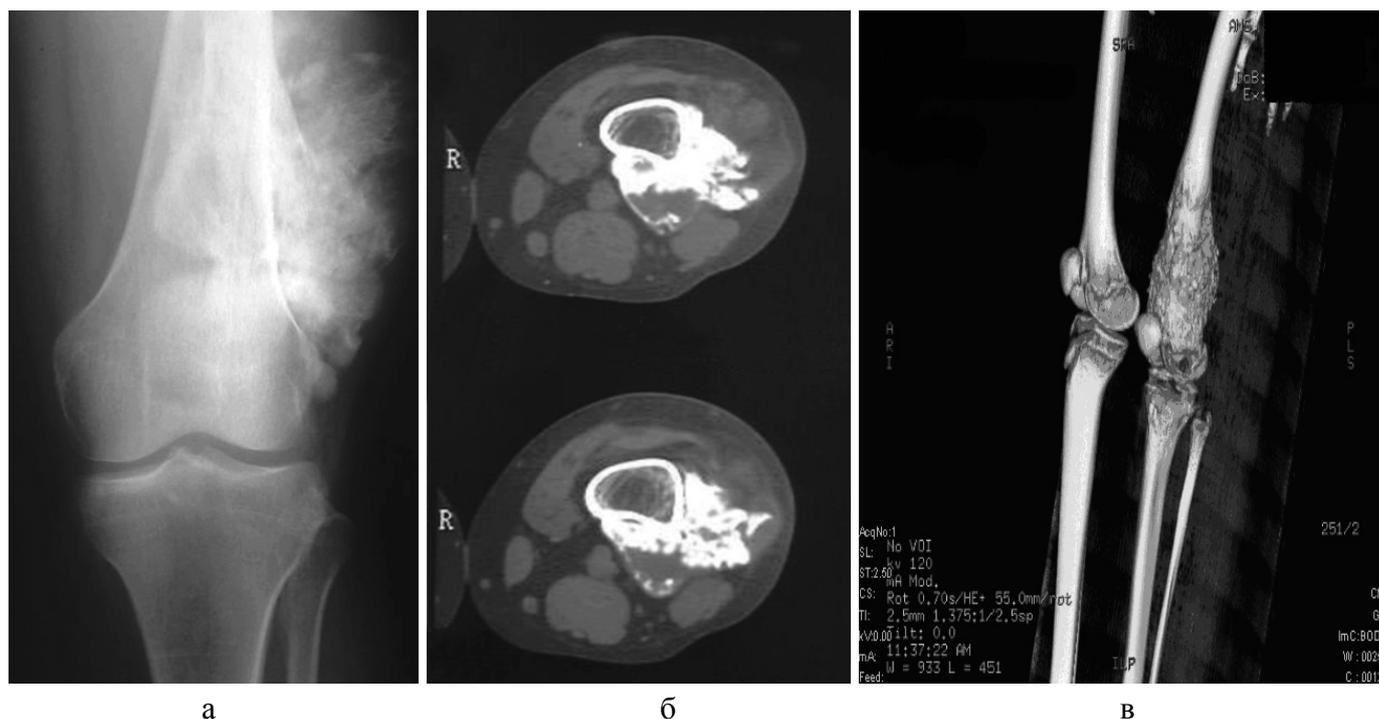


Рис. 1. Пациентка М., 58 лет. Диагноз: паростальная саркома дистального отдела бедренной кости: а - рентгенография; б - КТ; в – МДКТ.

Полученные показатели целесообразно сопоставить с известными [8] основными структурными и функциональными аномалиями микрососудистой кровеносной сети опухолей (значение имеет качество функции сосудистой сети в аспекте обеспечения опухоли эссенциальным материалом и дренажа опухолевой ткани): потеря иерархии сосудов, увеличение расстояния между сосудами, существование аваскулярных участков, аномалии формы, большой диаметр микрососудов, растянутые и извилистые сосуды (рис. 2), мешковидные микрососуды, слепые

концы, прерывистость или отсутствие базальной мембраны, отсутствие иннервации, отсутствие регуляции кровотока, существование не связанных с сосудистым руслом сосудистоподобных полостей, увеличенная сосудистая проницаемость, утечка плазмы, увеличенная геометрическая резистентность к кровотоку, нестабильное направление кровотока, стаз кровотока (около 15 % всех микрососудов), поток только плазмы (около 8 % всех микрососудов), прерывистый кровоток, регургитация (около 15 % всех микрососудов).

Таблица 3.

Показатели перфузии интактных тканей и опухолей бедренной кости.

Нозологическая форма	СОК, мл/мин/100 г	ОК, мл/100 г	ВТ, с
Нормальная мышечная ткань	6,2 ± 1,9	9,8 ± 0,9	116,5 ± 10,3
Нормальная компактная костная ткань	2,1 ± 0,6	18,9 ± 1,3	91,4 ± 7,1
Нормальная губчатая костная ткань	19,4 ± 1,4	31,4 ± 1,7	63,5 ± 5,9
Гигантоклеточная опухоль (n=15)	73,5 ± 9,3	85,8 ± 7,6	108,4 ± 8,2
Остеосаркома (n=5)	51,1 ± 4,9	65,5 ± 5,6	120,6 ± 11,8
Хондросаркома (n=4)	22,7 ± 3,4	32,6 ± 2,9	142,3 ± 12,8
Саркома Юинга (n=3)	18,3 ± 3,0	43,2 ± 2,3	81,4 ± 6,8
Фибросаркома (n=3)	14,6 ± 1,7	36,0 ± 2,1	79,3 ± 6,2

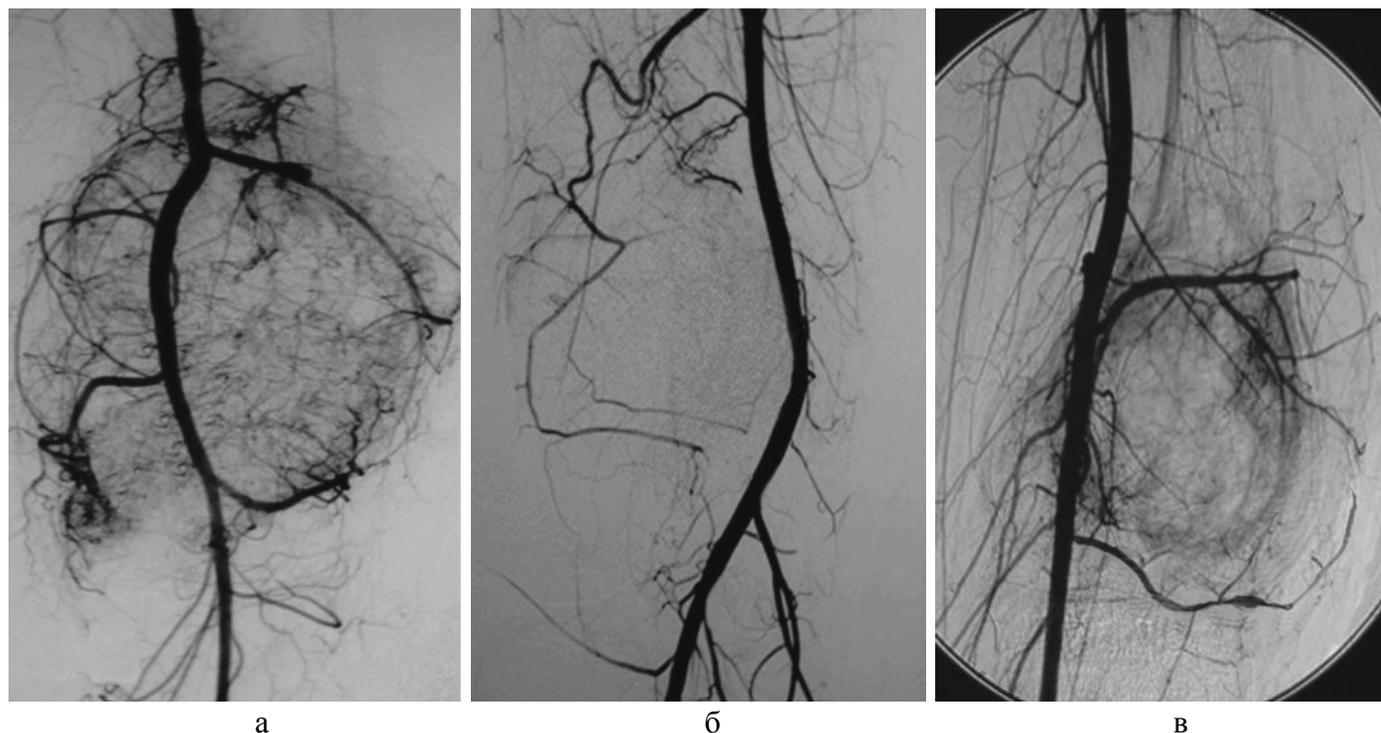


Рис. 2. *Ангиоархитектоника злокачественных опухолей: а – остеогенная саркома дистального отдела бедренной кости; б – паростальная саркома дистального отдела бедренной кости; в – злокачественная гигантоклеточная опухоль*

Анализ изображений опухоли по СОК, ОК и ВТ дает возможность оптимизации линии резекции при удалении доброкачественных и злокачественных опухолях.

В соответствии с требованиями доказательной медицины [11] при ретроспективной верификации результатов обследования для количественной оценки информативности технологий радиологической диагностики в идентификации местной распространенности опухоли заключения сформулированы анатомически конкретно.

Оценка вовлечения костей при опухолях мягких тканей. Истинноположительный (ИП) результат – радиологическое определение местной распространенности опухолей, врастающих в надкостницу, кортикальный слой кости, костный мозг и/или губчатое вещество соответствует интраоперационной верификации. Истинноотрицательными (ИО) результат – радиологическое определение отсутствия вовлечения кости при сохранении жировой прослойки с опухолью или плотном контакте без вовлечения надкостницы, соответствует интраоперационной верификации. Ложноположительные (ЛП) результаты – радиологическое определение изменений надкостницы, не получившее интраоперационного подтвержде-

ния (гипердиагностика). Ложноотрицательные (ЛО) результаты – радиологическое определение отсутствия изменений надкостницы, не получившее интраоперационного подтверждения (гиподиагностика).

Оценка вовлечения костей при опухолях костных структур. ИП результат – опухоли, разрушающие кортикальный слой и распространяющиеся за пределы надкостницы, а также сопровождающиеся изменениями жировой прослойки и/или наличием патологического перелома.

ИО результат – внутрикостные опухоли, не распространяющиеся за пределы кортикального слоя кости или надкостницы. ЛП результат – когда распространение опухоли больше при радиологическом исследовании, чем при интраоперационном исследовании. ЛО результат – глубина инвазии при интраоперационном исследовании больше, чем при радиологическом исследовании.

Оценка вовлечения элементов сустава. ИП результат – и радиологически, и интраоперационно определение вовлечения элементов сустава в опухолевый процесс; ИО результат – и радиологически, и интраоперационно определяется отсутствие вовлечения сустава; ЛП результат – выявленные радиологически изме-

нения элементов сустава, опухолевая природа которых не подтверждена при интраоперационном исследовании; ЛО результат – радиологически преуменьшение распространенности опухолевого процесса.

Оценка вовлечения сосудов. Радиологические критерии вовлечения артерий и вен – контакт опухоли с сосудом более 50% окружности, с нарушением четкости контура, на протяжении более 2,0 см или наличия внутрисосудистого компонента. ИП результат – радиологически выявлено и интраоперационно подтверждено; ИО результат – радиологически не выявлено и интраоперационно подтверждено; ЛП результат – радиологически распространенность опухоли превышает глубину инвазии, выявленной интраоперационным исследованием; ЛО результат – радио-

логически распространенность опухоли преуменьшает глубину инвазии, выявленной при интраоперационном исследовании.

Оценка вовлечения мышц, межмышечных перегородок и поверхностных структур. ИП результат – радиологически выявлено и интраоперационно подтверждено; ИО результат – радиологически выявлено сохранение жировой прослойки с опухолью или плотного контакта с мышцей на протяжении менее 2.0 см без нарушения контура и архитектоники мышцы, интраоперационно подтверждено; ЛП результат – радиологически выявлено, но интраоперационно не подтверждено; ЛО результат – радиологически не выявлено, но интраоперационно подтверждено. Результаты верификации и расчетов диагностических показателей эффективности сведены в табл. 4.

Таблица 4.

Показатели эффективности радиологической диагностики при оценке распространенности опухоли.

Показатели	Рентгенография	Рентгенография+МРТ	Рентгенография+МДКТ
Вовлечение кости в опухолевый процесс при новообразованиях мягких тканей			
ИП	11	16	29
ИО	10	10	3
ЛП	4	2	0
ЛО	4	3	0
Ч, %	73,3	84,2	100,0
С, %	71,4	83,3	100,0
Т, %	72,4	83,9	100,0
Выявление выхода опухоли за пределы кости			
ИП	10	19	21
ИО	11	9	10
ЛП	5	3	0
ЛО	3	0	0
Ч, %	76,9	100,0	100,0
С, %	68,8	75,0	100,0
Т, %	72,4	90,3	100,0
Вовлечение элементов сустава в опухолевый процесс			
ИП	12	18	17
ИО	10	12	12
ЛП	5	0	3
ЛО	2	1	0
Ч, %	85,7	94,7	100,0
С, %	66,7	100,0	80,0
Т, %	75,9	96,8	90,6

Продолжение табл. 4 на следующей стр.

Окончание табл. 4.

Вовлечение мышц в опухолевый процесс			
ИП	11	23	21
ИО	4	7	9
ЛП	7	1	2
ЛО	7	0	0
Ч, %	61,1	100,0	100,0
С, %	36,4	87,5	81,8
Т, %	51,7	96,8	93,8
Вовлечение артерий в опухолевый процесс			
ИП	6	18	19
ИО	4	11	13
ЛП	10	0	0
ЛО	9	2	0
Ч, %	40,0	90,0	100,0
С, %	28,6	100,0	100,0
Т, %	34,5	93,5	100,0
Вовлечение вен в опухолевый процесс			
ИП	5	15	17
ИО	5	11	15
ЛП	10	1	0
ЛО	9	4	0
Ч, %	35,7	78,9	100,0
С, %	33,3	91,7	100,0
Т, %	34,5	83,9	100,0

Ошибки диагностики связаны с вынужденным положением конечности и сложностями визуализации контуров стенки сосудов. Погрешности измерения в сопоставлении с истинными размерами опухолей чаще всего связаны со сложностями оценки новообразований, не сохраняющих форму (с жидкостным содержимым или зонами некроза), большого временного периода между исследованием и операцией (более 30 дней), а также несовпадения направлений гистологического разреза и диагностического среза.

Выводы

При помощи МДКТ перфузиографии измерены количественные показатели кровотока интактных тканей и опухолей бедренной кости: скорость объемного кровотока, объемный кровоток, время транзита.

Проведено определение чувствительности, специфичности, точности рентгеногра-

фии, рентгенографии + МРТ, рентгенографии + МДКТ – перфузиография при конкретной анатомической детализации распространенности доброкачественных и злокачественных новообразований бедренной кости: при оценке вовлечения костей, при опухолях мягких тканей, вовлечения костей при опухолях костных структур, оценке вовлечения элементов тазобедренного и коленного суставов, сосудов, мышц, межмышечных перегородок и поверхностных структур. Количественные показатели эффективности диагностических обследований увеличиваются в ряду диагностических алгоритмов **рентгенография, рентгенография + МРТ, рентгенография + МДКТ – перфузиография.**

Связь работы с научными программами, планами, темами. Исследование выполнено в рамках плановой научно-исследовательской работы Института экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии им. Р.Е. Кавецкого НАН Украины: «Оптимізація

діагностики та паліативного лікування хворих зі злоякісними ураженнями кісток» (2014-2016 рр., № держреєстрації 0113U008331).

Литература

1. Веснин А. Г. Атлас лучевой диагностики опухолей опорно-двигательного аппарата / А. Г. Веснин, И. Н. Семенов. – СПб.: Б.и., 2002. – С. 129-139.
2. Головки Т. С. Комплексне ультразвукове дослідження в діагностиці та оцінці ефективності лікування пухлин опорно-рухового апарату: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра мед. наук : спец. 14.01.21 "Променева діагностика, променева терапія" / Т. С. Головки. – К., 2006. – 42 с.
3. Гранова А. М. Позитронная эмиссионная томография: руководство для врачей / А. М. Гранова, Л. А. Тютина. – СПб.: Фолиант, 2008. – 368 с.
4. Епифанова С. В. Роль магнитно-резонансной и компьютерной томографии в предоперационной оценке распространенности опухолей опорно-двигательной системы: автореф. дис. на соискание наук. степени канд. мед. наук : спец. 14. 01.13 "Лучевая диагностика лучевая терапия" / С. В. Епифанова. – М., 2013. – 21 с.
5. Колотилов Н. Н. Измерение перфузии злокачественных опухолей верхнечелюстных пазух / Н. Н. Колотилов, Ю. П. Терницкая // Ринологія. – 2011. – №3. – С. 48-53.
6. Колотилов Н. Н. Перфузия: скорость объемного кровотока / Н. Н. Колотилов // Лучевая диагностика, лучевая терапия. – 2011. – №3. – С. 53-57.
7. Крживицкий П. И. Клинико-лучевая диагностика метастатического поражения скелета / П. И. Крживицкий // Практическая онкология. – 2011. – №3. С. 103-111.
8. Осинский С. Микрофизиология опухолей / С. Осинский, П. Ваупель. – К.: Наук. думка, 2009. – 254 с.
9. Розенфельд Л. Г. МДКТ–перфузіографічні характеристики раку гортані. / Л. Г. Розенфельд, І. М. Дикан, Е. Ю. Логаніхіна // Лучевая диагностика, лучевая терапия. – 2012. – № 1. – С.14-17.
10. Рябікін О. В. Магнітно-резонансна томографія в діагностиці пухлин опорно – рухового апарату : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра мед. наук: спец. 14.01.21 «Променева діагностика променева терапія» / О. В. Рябікін. – К., 2006. – 24с.
11. Флетчер Р. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины. / Р. Флетчер, С. Флетчер, Э. Вагнер. – М.: Медиа сфера, 1998. – 352с.
12. Шалимов С. А., Справочник по онкологии. / С. А. Шалимов, Ю. А. Гриневич, А. Ф. Возианов. – К.: Здоров'я, 2008. – 576 с.
13. Bonakdarpour A. Diagnostic Imaging of Musculoskeletal Diseases. A Systematic Approach. / A. Bonakdarpour, W. R. Reinus, J. S. Khurana. – New York : Springer, 2010. – 360 p.
14. Greenspan A. Differential Diagnosis in Orthopaedic Oncology / A. Greenspan, G. Jundt, W. Remagen. – Lippincott: Williams & Wilkins, 2007. – 637 p.
15. Meyers S. P. MRI of bone and soft tissue tumors and tumorlike lesions, differential diagnosis and atlas / S.P. Meyers. – New York: Thieme, 2008. – 814 p.

РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

*Н.К. Терновой, Е.В. Туз,
Н.Н. Колотилов*

Цель исследования – сопоставление информативности и эффективности использования рентгенографии, магнитно-резонансной (МРТ) и мультidetекторной компьютерной томографии (МДКТ) в оценке распространенности доброкачественных и злокачественных опухолей бедренной кости.

Объект и методы исследования: обследовано 92 больных с доброкачественными и злокачественными опухолями бедренной кости с использованием рентгенографии, МРТ и МДКТ.

Результаты: определены чувствительность, специфичность, точность алгоритмов диагностики вовлечения в опухолевый процесс анатомических структур; измерены показатели интратуморального и перитуморального кровотока: скорость объемного кровотока, объемный кровоток, время транзита.

Выводы: чувствительность, специфичность, точность увеличиваются в ряду алгоритмов – рентгенография, рентгенография + МРТ, рентгенография + МДКТ – перфузиография.

Ключевые слова: злокачественные опухоли бедренной кости, МРТ, МДКТ – перфузиография, диагностическая эффективность.

РАДІОЛОГІЧНА ДІАГНОСТИКА ЗЛОЯКІСНИХ ПУХЛИН СТЕГНОВОЇ КІСТКИ

*М.К. Терновий, Є.В. Туз,
М.М. Колотілов*

Мета дослідження – співставлення інформативності та ефективності використання рентгенографії, магнітно-резонансної (МРТ) та мультidetекторної комп'ютерної томографії (МДКТ) в оцінці поширеності доброякісних і злоякісних пухлин стегнової кістки.

Об'єкт і методи дослідження: обстежено 92 хворих з доброякісними та злоякісними пухлинами стегнової кістки з використанням рентгенографії, МРТ та МДКТ.

Результати: визначено чутливість, специфічність, точність алгоритмів діагностики залучення в пухлинний процес анатомічних структур; Виміряні показники інтратуморального та навколопухлинного кровотоку: швидкість об'ємного кровотоку, об'ємний кровотік, час транзиту.

Висновки: чутливість, специфічність, точність збільшуються в ряді алгоритмів - рентге-

нографія, рентгенографія + МРТ, рентгенографія + МДКТ - перфузиографія.

Ключові слова: злоякісні пухлини стегнової кістки, МРТ, МДКТ - перфузиографія, діагностична ефективність.

THE RADIOLOGICAL DIAGNOSIS OF MALIGNANT TUMORS OF THE FEMUR

*N.K. Ternovoy, E.V. Tuz,
N.N. Kolotilov*

The purpose – to compare the informativeness and efficiency of X-ray, MRI and MDCT in assessing the prevalence of benign and malignant tumors of the femur.

Object and methods: using radiography, MRI and MDCT were examined in 92 patients with benign and malignant tumors of the femur.

Results: determined the sensitivity, specificity, and accuracy of diagnostic algorithms involvement in the neoplastic process of anatomical structures; Measured performance intratumoral and peritumoral blood flow: blood flow, blood volume, time of transit.

Conclusion: The sensitivity, specificity, accuracy increased in the series of algorithms - X-ray, X-ray + MRI, X-ray + MDCT-perfusiography.

Keywords: malignant tumors of the femur, MRI, MDCT-perfusiography, diagnostic efficiency.