

Гемангиомы позвоночника: значение лучевой диагностики

Г.М. Кавалерский, А.Д. Ченский, С.К. Макиров, В.Г. Черепанов,
Ю.З. Смолянский, К.А. Лисенков

Кафедра травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ММА им. И.М. Сеченова, г. Москва

Гемангиома (доброкачественная гемангиоэндотелиома, артериовенозная мальформация) является одной из наиболее распространенных первичных опухолей позвоночника. Гемангиомы составляют 1–1,5% доброкачественных опухолей скелета (И.Г. Лагунова, 1962; С.А. Рейнберг, 1964; Н.Н. Трапезников, 1986; Г.А. Зедгенидзе, 1985).

Частота встречаемости гемангиом позвоночника составляет 60,0–66,7% по сравнению с сосудистыми опухолями скелета.

Гемангиому позвоночника впервые описал R. Virchow (1876) на основании секционного материала. В отечественной литературе гемангиомы костей впервые описаны М.Ф. Матвеевым (1886). Первое рентгенологическое описание гемангиомы костей (плечевой кости и лопатки) опубликовал Hitzrot (1917) E. Perman (1926) описал рентгенологическую картину гемангиомы тела Th8 позвонка женщины 24 лет, оперированной по поводу опухоли спинного мозга. Этиология гемангиом до настоящего времени полностью не изучена. Существовало две противоположных точки зрения на их патогенез: простое расширение (гипертрофия) сосудов или истинное новообразование. В настоящее время большинство исследователей полагают, что гемангиомы являются доброкачественными сосудистыми новообразованиями дизонтогенетического происхождения. Это представление основывается на том, что ангиомы преимущественно локализуются на месте зародышевых щелей (фиссуральные ангиомы). Известно, что формирование сосудов у эмбриона происходит на 5–10-й нед жизни, когда из ангиобластических клеток образуется сеть капилляров, которые затем дифференцируются на артерии и вены. Если избыток первоначальной капиллярной сети со временем не редуцируется, то под влиянием дизэ-

мбриологических факторов он может приобрести связь с концевыми артериальными или венозными сосудами, вследствие чего образуется зачаток гемангиомы. Ю.А. Зозуля, Т.П. Верхоглядова, Е.И. Слынько (2001) отметили связь гемангиомы с генетическими синдромами. Кроме того, мутация гена, отвечающего за развитие и формирование специфического эндотелиального рецептора тирозинкиназы Tie2 и локализованного в хромосоме 9p21, является причиной повышенной активности киназы Tie2, что приводит к нарушению развития гладкомышечного слоя сосудистой стенки и формированию кавернозных мальформаций.

D. Topfer (1921), изучив 2154 аутопсии позвоночника, обнаружил наличие гемангиом в 11,9% случаев, причем в 34% они были множественные. Это было подтверждено исследованиями G. Schmoorl, H. Junghanns (1965). По данным J. Laredo (1986) и L. Picard (1989), многоуровневое поражение (гемангиоматоз) встречается в 10–15,5% случаев.

В настоящее время установлено, что средний возраст развития гемангиом у больных составляет 30–45 лет. Свыше двух третей больных – женщины, а риск возникновения гемангиом у родственников, где в семье были больные с гемангиомами, выше в 5 раз, чем в обычных семьях. Наиболее часто (76%) поражается грудной отдел позвоночника, реже наблюдаются гемангиомы в поясничном отделе позвоночника. Шейный и крестцовый отделы позвоночника поражаются редко (около 1%).

Гемангиомы преимущественно локализуются в теле позвонка. Сопутствующее поражение задних элементов отмечается в 10–15% случаев, распространение опухоли паравертебрально и в эпидуральное пространство – в 3–4% случаев, вовлечение в процесс меж-

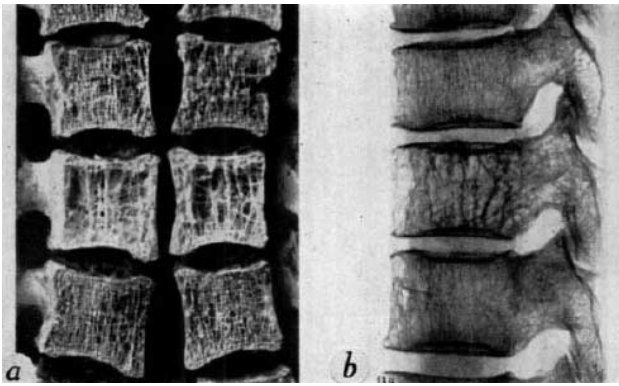


Рис. 1. Анатомический препарат тела позвонка, пораженного гемангиомой, и рентгенограмма препарата. Из статьи Ghormley R.K., Adson A.W. *Hemangioma of vertebrae* // *J. Bone Joint Surg. Am.* 1941. V. 23. P. 887–895.

позвоночного диска не отмечалось (Т.П. Тиссен, 2006).

При патологоанатомических исследованиях установлено, что гемангиома состоит из опухолевого мягкотканного и костного компонентов. Мягкотканый компонент в теле позвонка вызывает его деструкцию и имеет типичное для всех гемангиом строение: приводящая артерия (концевого и транзитного типов), клубок измененных сосудов (гнездо или ядро гемангиомы) и дренирующие вены. Костный компонент опухоли выглядит как костная экспансия пораженной кости мягкотканым компонентом. Структура пораженного позвонка представляется крупно- или мелкоячеистой, напоминающей пчелиные соты (рис. 1). В расположении этих ячеек имеется строгая закономерность: часть их локализуется параллельно замыкающим пластинкам тел позвонков, то есть горизонтально, а часть — боковым стенкам, то есть вертикально. Тем самым создается решетка (остов губки), в которой наиболее толстыми являются вертикальные перекладины. Опухоль частично разрушает трабекулы, а оставшиеся — компенсаторно утолщаются и склерозируются. В силу статики позвоночника наиболее утолщенными оказываются вертикальные трабекулы. Происходит то, что Ру (1988) назвал атрофической гипертрофией.

Гистологическая структура сосудистых опухолей чрезвычайно полиморфна и в большинстве случаев весьма сложна для оценки ее характера. Микроскопически выделяют 4 типа гемангиом.

1. Капиллярная гемангиома. Состоит из большого количества тонкостенных капилля-

ров, переплетающихся между собой и расположенных в несколько слоев. При гистологическом исследовании выявляются капиллярные каналы с единообразными плоскими эндотелиальными клетками. Стенки сосудов хорошо сформированы, сосуды хорошо анастомозируют между собой. Каналы разделены фиброзной и жировой тканью.

2. Кавернозная гемангиома. Ткань ее представляет собой множество различной величины тонкостенных полостей, выстланных эндотелием и разделенных тонкостенными перегородками из соединительной ткани и соприкасающихся друг с другом. Интерстициальную ткань в таком варианте опухоли не обнаруживали. Для кавернозных мальформаций считают нетипичным наличие эластических волокон в стенках сосудов.

3. Рацематозная форма гемангиом. Характеризуется наличием конгломерата сосудов артериального или венозного типа.

4. Смешанная форма гемангиом. В образовании опухоли принимают участие капилляры, крупные сосуды, кавернозные полости. Это наиболее часто встречающаяся форма, о чем свидетельствуют обширные литературные данные.

Макроскопический вид гемангиом различается в зависимости от типа, что в определенной степени сказывается на разнообразии рентгеноморфологических вариантов.

В Международной классификации опухолей костей (1962) гемангиомы, так же как и лимфангиомы и гломусные опухоли, относятся к группе А (доброкачественные опухоли). В группу Б входят промежуточные опухоли — гемангиоэндотелиомы и гемангиоперицитомы. К группе В относят злокачественные опухоли — ангиосаркомы. По мнению Т.П. Виноградовой (1973), данная классификация нечеткая, спорная по отнесению тех или иных форм к доброкачественным или злокачественным. По классификации ВОЗ (2002) гемангиомы относятся к доброкачественным сосудистым опухолям.

По клиническому течению выделяют агрессивные и неагрессивные формы гемангиом. Агрессивное течение процесса встречается в 3–15% случаев и характеризуется ростом опухоли и снижением механической прочности тела позвонка за счет разрушения костных трабекул. До сих пор не существует морфологических и иммуногистохимических критериев, позволяющих провести дифференциальную диагностику указанных форм гемангиом. Н. Deramond, А. Cotton, С. Derister (2002)

предложили новую классификацию в зависимости от клинико-рентгенологической картины. По этой классификации выделяются следующие формы:

а) асимптоматические неагрессивные гемангиомы – опухоли без клинической симптоматики и радиологических признаков агрессивности;

б) симптоматические неагрессивные гемангиомы – опухоли, проявляющиеся локальным болевым синдромом без радиологических признаков агрессивности;

в) асимптоматические агрессивные гемангиомы – опухоли без клинической симптоматики, но с радиологическими признаками агрессивности (рис. 2);

г) симптоматические агрессивные гемангиомы – опухоли с радиологическими признаками агрессивности, сопровождающиеся соответствующей клинической симптоматикой (болевой, корешковый, миелопатический синдромы) (рис. 3, 4).

В.Т. Nguyen (1989) предложил рентгенопографическую классификацию. В зависимости от локализации выделяют 5 типов гемангиом: 1-й – тотальное поражение всего позвонка; 2-й – поражение только тела позвонка; 3-й – изолированное поражение задних отделов позвонка (дуги, суставных, поперечных, остистых отростков); 4-й – поражение тела и частично задних отделов позвонка; 5-й тип – эпидуральная локализация опухоли.

В течение многих лет диагностика гемангиом основывалась только на данных обзорной спондилографии. И.Г. Лагунова (1962) выделила по рентгенологической картине 3 варианта структурной перестройки пораженного позвонка:

1) вакулеобразный. Имеют место округлые, продолговато-продольные довольно крупные участки разрежения, окаймленные склеротическими ободками;

2) столбчатый. На фоне общего разрежения резко выделяются продольные костные перегородки, расположенные в виде столбиков;

3) сетчатый. Тело позвонка похоже на губку с множеством продольно и поперечно идущих перекладин, переплеты которых образуют мелкие ячейки. Наиболее толстые перекладины расположены в продольном направлении.

Иногда встречается смешанный рисунок перестройки. В настоящее время большинство исследователей признали низкую информативность рентгенографии позвоночника и

сходятся на том мнении, что при рентгенологическом обследовании обнаруживаются только опухоли крупных размеров.

Такой метод диагностики костных опухолей, как радионуклидная сцинтиграфия с использованием ^{99m}Tc , не нашел широкого применения. Б.И. Захаров и Е.А. Белявский (1998) считают, что невысокая диагностическая эффективность сцинтиграфии связана с объемом образования и экранирующим влиянием костной ткани, которые при слабом накоплении радиофармпрепарата маскируют очаг поражения.

Наиболее информативными при диагностике гемангиом позвоночника являются МРТ и КТ ввиду их высокой разрешающей способности и возможности получать изображение в нескольких плоскостях. Кроме того, МРТ позволяет визуализировать интраспинальное содержимое на большом протяжении. Однако, как показывает практика, проведение для выявления гемангиом позвоночника только одного МРТ-исследования не всегда оправдано. МРТ отражает баланс липидных и водных протонов в костном мозге, зависящий от физиологических и патологических факторов. Поэтому МРТ менее чувствительна к минеральным компонентам костей и дает информацию о мягких тканях, которые окружают или заполняют костную полость. МРТ-картина неагрессивных гемангиом характеризуется гиперинтенсивным сигналом от ткани опухоли на T1- и T2-взвешенных изображениях, что связано с высоким содержанием жира в интратрабекулярных пространствах (см. рис. 2). Агрессивные гемангиомы на T1-взвешенных сканах обуславливают изо- или гиперинтенсивный сигнал. Типичным для обоих типов гемангиом тел позвонков является испещренный сигнал на T1- и T2-взвешенных изображениях. При этом области высокого сигнала соответствуют гипертрофическим трабекулам, а зоны низкого сигнала – ткани опухоли.

Р.С. Hajek, L.L. Baker, J.E. Goodar (1987) отметили, что неоднородность на T1-взвешенных изображениях, часто обусловленная присутствием участков высокой интенсивности сигнала, отражает жировые вкрапления из-за неоднородного перерождения костного мозга. В нормальном красном костном мозге участки низкой интенсивности преимущественно локализованы субкортикально, симметричны и имеют четкие границы, если участок дегенерации (перерождения) сформирован, и нечеткие, если очаг еще формируется. Участок вы-

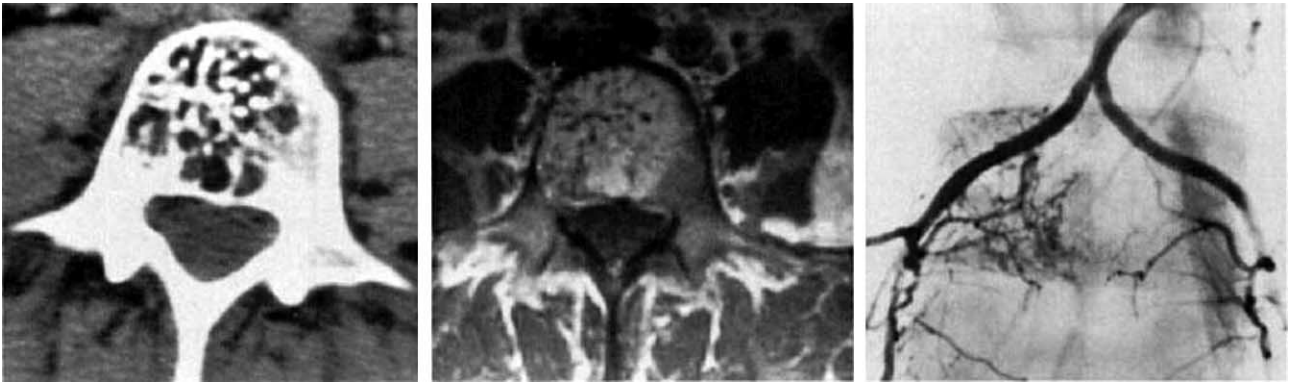


Рис. 2. Асимптоматическая гемангиома тела L4 позвонка: слева – компьютерная томография в аксиальной проекции; в центре – магнитно-резонансная томография: хорошо видна зона высокоинтенсивного сигнала, обусловленная высоким содержанием жира в стромальной части образования; справа – при селективной артериографии определяется несколько ангиоматозных узлов в теле позвонка.

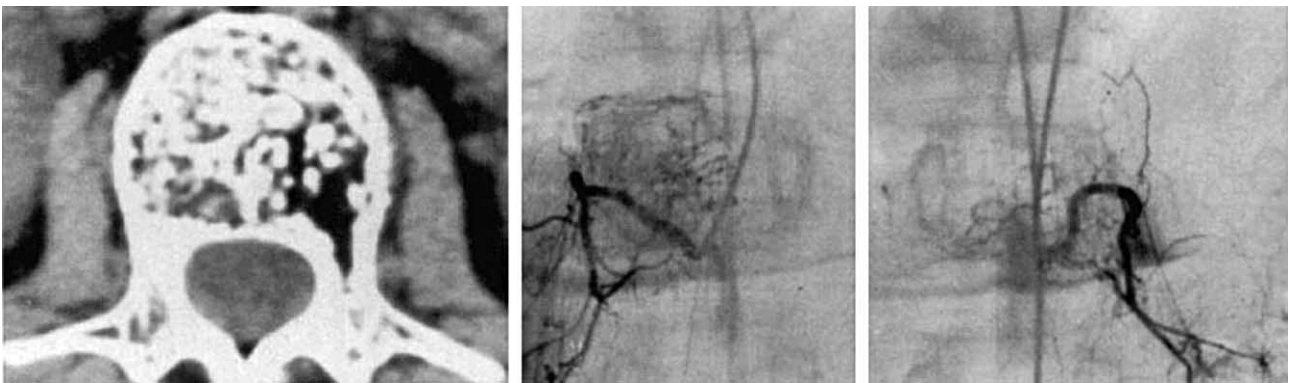


Рис. 3. Симптоматическая гемангиома тела L1-позвонка: слева – компьютерная томография в аксиальной проекции; в центре и справа – при селективной артериографии определяются несколько аномальных сосудов в правых отделах тела позвонка и нормальная васкуляризация левых отделов. Из статьи Laredo J.-D., Assouline E., Gelbert F. et al. Vertebra Hemangiomas: Fat Content as a Sign of Aggressiveness // Radiology. 1990. V. 177. P. 467–472.

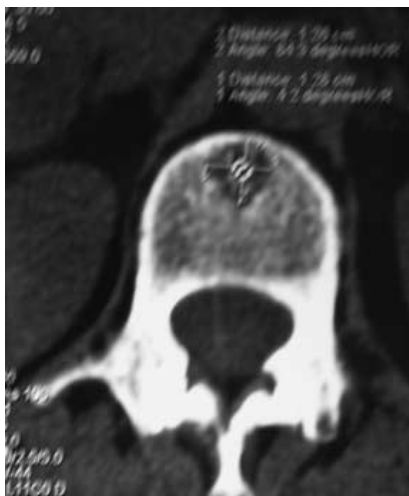


Рис. 4. Больная Н., 56 лет. Обратилась с жалобами на боли в грудопоясничном отделе позвоночника. При клиническом обследовании определялась боль на уровне остистого отростка L1-позвонка. При компьютерной томографии выявлена гемангиома тела L1 позвонка.

сокой интенсивности сигнала, расположенный центрально на T1-взвешенных изображениях, следует трактовать как вариант нормы — зона желтого костного мозга вокруг вертебробазиллярных вен. Таким образом, неоднородность на T1-изображениях ввиду наличия участков с низкой интенсивностью сигнала встречается часто, и весьма затруднительно разграничить норму и патологические изменения. Вследствие этого отмечены случаи диагностических ошибок, когда за гемангиому принимались жировая дистрофия позвонка и ангиоматозные узлы у пожилых людей на фоне сенильного остеопороза, которые не являются истинной гемангиомой (рис. 5).

Одним из методов диагностики агрессивности гемангиом является магнитно-резонансная спектроскопия. Средняя концентрация липидов по данным МРС выше в среднем в 2,3 раза у пациентов с неагрессивными гемангиомами (0,182), чем у пациентов с агрессивными гемангиомами (0,079).

Рентгеновская компьютерная томография играет важную роль в сравнении с МРТ для точной характеристики собственно костной составляющей: взаимоотношения и структура костей, в том числе изменения структуры, обызвествления мягких тканей, обызвествления в структуре опухолей, оценке минеральной плотности кости. При КТ-исследовании пораженные тела позвонков отличались ячеистой структурой в виде сот вследствие частичного лизиса костных трабекул и образованием склерозированных грубых трабекул (симптом горошка). КТ-исследования позволяют прогнозировать вероятность агрессивного роста гемангиом. J. Laredo (1990) к агрессивным формам гемангиом относит: поражение опухолью всего тела позвонка, распространение опухоли на корни дуг, отростки позвонков, изменение структурной целостности.

Прежний комплекс лечебных мероприятий при гемангиоме позвоночника включал лучевую терапию, алкоголизацию, трансвазальную эмболизацию и прямые хирургические вмешательства. Указанные методы применялись как самостоятельно, так и в комбинации. В настоящее время используют как самостоятельный метод чрескожную пункционную вертебропластику тела пораженного позвонка костным цементом на основе метилметакрилата, что приводит к выключению сосудистых полостей, укреплению тела позвонка и удалению сосудистого компонента



Рис. 5. Больная Б., 46 лет. Жалобы на умеренные боли в пояснично-крестцовом отделе позвоночника. При МРТ обнаружена гемангиома тела L5 позвонка. Но при КТ поражения этого позвонка не было выявлено. Участок гиперинтенсивного сигнала расценен как очаг жировой дистрофии тела позвонка.

опухоли за счет термохимической реакции (рис. 6, 7, 8). Идея малотравматичного заполнения гемангиомы не нова. Впервые попытку тромбирования гемангиомы сгустками крови осуществил О. Roith (1931), а несколько позже — Ф. Meves. Костный цемент был впервые использован в 1958 г. J. Charnly при выполнении артропластики (был укреплен протез бедренной кости.).

В спинальной хирургии полиметилметакрилат был использован G. Knight (1959) при стабилизации пораженных сегментов путем окутывания метакрилатом остистых отростков и дуг позвонков. W. Scolville описал технику корпородеза после корпорэктомии на шейном отделе позвоночника по поводу лимфомы. Пункционная вертебропластика как самостоятельный метод лечения была разработана в 80-х годах французским нейрохирургом P. Galibert и нейрорадиологом H. Deramond и впервые выполнена в 1984 г. у 54-летней жен-



Рис. 6. Больная Г., 54 г. Обратилась в 2004 г. с жалобами на боли в грудопоясничном отделе позвоночника. При МРТ была выявлена гемангиома тела L1 позвонка.

шины по поводу агрессивной гемангиомы С2 позвонка.

Процедура пункционной вертебропластики заключается во введении в тело позвонка троакара, через который под флюороскопическим, КТ- или МР-контролем вводится смесь, состоящая из костного цемента на основе полиметилметакрилата (ПММА) и контрастирующего материала (порошка сульфата бария, титана или стронция). В местах введения троакаров проводится инфильтрационная анестезия. Троакар устанавливают на анестезированном участке кожи, отступя на 2,5–3 см от линии остистых отростков. Под флюороскопическим или рентгенологическим контро-

лем троакар вводят до замыкающей пластинки ножки позвонка под углом 10–15°, а затем, не изменяя угла наклона, в тело пораженного позвонка параллельно замыкающим пластинкам. Особенностью проведения вертебропластики при гемангиоме позвоночника являются использование цемента высокой вязкости и обязательное проведение интраоперационной контрастной веноспондилографии для оценки вероятности утечки костного цемента в сосуды, “дренирующие” гемангиому, эпидуральное пространство и паравертебральные ткани. Для проведения веноспондилографии под флюороскопическим контролем через троакар вводят от 3 до 5 мл препарата “Омнипак”.

Для вертебропластики применяют цемент Osteopal фирмы Cook и Simplex фирмы Stjker. Цемент готовят в условиях вакуума в специальном миксере, а затем его набирают в шприцы и вводят в тело позвонка. Введение цемента начинают на 3–4-й мин после смешивания компонентов, когда текучесть цемента позволяет введение через троакар, а вязкость недостаточна для утечки в сосуды. В случае обнаружения при проведении веноспондилографии крупных дренирующих сосудов или повреждения замыкающих пластинок тела позвонка производят дробное введение костного цемента. Первоначально вводят более густую фракцию цемента для эмболизации дренирующих сосудов. Спустя 2–3 мин после рентгенологического контроля через другой троакар вводят цемент обычной консистенции для заполнения полости гемангиомы. Общий объем вводимого цемента колеблется от 4 мл в грудном отделе до 6–7 мл в поясничном отделе позвоночника. В послеоперационном периоде проводят активизацию в первые 5 ч. На время активизации допускается использование противовоспалительных препаратов. Контрольную обзорную спондилографию выполняют сразу после активизации.

Заключение

Проблема диагностики и лечения заболеваний позвоночника остается актуальной в связи с широким их распространением, значительными трудопотерями и инвалидизацией. За последние два десятилетия ввиду внедрения в клиническую практику МРТ и КТ качество диагностики заболеваний позвоночника значительно улучшилось и появилась реальная возможность их распознавания на ранних стадиях.



Рис. 7. Та же больная. Проведена пункционная вертебропластика. Болевой синдром регрессировал.



Рис. 8. Та же больная. Обратилась повторно в 2007 г. с жалобами на боли в грудном отделе позвоночника. При КТ обнаружена гемангиома тела Th9 позвонка.

Гемангиомы позвоночника из разряда случайных находок перешли в разряд реально распознаваемых поражений. Стала очевидной необходимость проведения комплексного клинического обследования лиц из группы высокого риска (женщин до 45 лет). При этом, не ограничиваясь обзорной спондилограммией, необходимо выполнять магнитно-резонансную томографию, а при подозрении на гемангиому позвоночника обязательно производить КТ.

Пункционная вертебропластика в настоящее время является наиболее безопасным и перспективным методом лечения за счет совершенствования хирургической техники и появления нового поколения биополимеров. Вертебропластика ввиду малой травматичности операции может быть использована при лечении гемангиом позвоночника у лиц старше-

го возраста и у лиц с тяжелой сопутствующей патологией.

Список литературы

1. Аксис А., Вестеманис В., Карклинш Э. и др. Результаты вертебропластики при лечении больных с патологическими переломами и гемангиомами позвонков // Хирургия позвоночника. 2006. № 2. С. 38–42.
2. Богомолец О.В. Етіопатогенез судинних мальформацій спадкова схильність // Український медичний часопис. 2004. № 2 (40). С. 128–130.
3. Бородкина Е.Д., Кузнецова И.В., Демиденко А.Г. Захаров Б.И. и др. Радионуклидная диагностика гемангиом позвоночника: Материалы к истории Омской конференции. Омск, 1999. С. 264–266.
4. Весин А. Г., Семенов И. И. Атлас лучевой диагностики опухолей опорно-двигательного аппарата. СПб.: Невский диалект, 2002.
5. Вешин А.Г. Лучевая диагностика опухолей мягких тканей // Практическая онкология. 2004. Т. 5, № 4. С. 243–249.

6. *Виноградова Т.П.* Опухоли костей. М.: Медицина. 1973.
7. *Гармиш А.Р., Педатченко Е.Г., Куцаев С.В.* Пункционная вертебропластика при гемангиомах позвоночного столба: Материалы IV съезда нейрохирургов России. М., 2006. С. 22–23.
8. *Дуров О.В., Шевелев И.Н., Тиссен Т.П.* Вертебропластика при лечении опухолей позвоночника // Хирургия позвоночника. 2004. № 4. С. 68–73.
9. *Зозуля Ю.А., Верхоглядова Т.П., Слынько Е.И.* Ангиоархитектоника и гемодинамика сосудистых опухолей позвоночника и спинного мозга // Бюллетень УАН. 1998. С. 180–183.
10. *Зозуля Ю.А., Верхоглядова Т.П., Слынько Е.И.* Кавернозные мальформации позвоночника и спинного мозга // Украинский медицинский часопис. 2001. № 2 (22). С. 128–130.
11. *Лагунова И.Г.* Опухоли скелета. М.: Медицинская литература, 1962. С. 316.
12. *Михайлов М.К., Володина Г.И., Ларюкова Е.К.* Дифференциальная рентгенодиагностика заболеваний позвоночника. Казань: Фен. 2005.
13. *Нейштадт Э.Л., Маркочев А.Б.* Опухоли и опухолеподобные заболевания костей. СПб.: Фолиант, 2007.
14. *Педатченко Е.Г., Куцаев С.В.* Пункционная вертебропластика. Киев: А.Л.Д., 2005.
15. *Педатченко Е.Г., Куцаев С.В., Рогожин В.А. и др.* Пункционная вертебропластика при агрессивных гемангиомах позвонков // Спинальная хирургия. 2004. № 3. С. 16–20.
16. *Проскура М.Ф., Стегачев С.Н., Юдин А.Л.* Использование магнитно-резонансной томографии позвоночника при костно-мозговых опухолях и костных метастазах // Медю визуал. 2002. № 2. С. 114–121.
16. *Слынько Е.И.* Хирургическое лечение опухолей позвоночника и спинного мозга // Украинский нейрохирургический журнал. 2000. № 1 (9). С. 55–64.
18. *Тиссен Т.П.* Эндоваскулярное лечение артериовенозных мальформаций спинного мозга. М.: Альянс Пресс. 2006.
19. *Тюрин И.Е.* Лучевая диагностика в онкологии // Практическая онкология. 2005. Т 6. № 1. С. 6–10.
20. *Франк Г.А.* Проблемы морфологической классификации и диагностики опухолей мягких тканей // Практическая онкология. 2004. Т. 5, № 4. С. 231–236.
21. *Barragan-Campos H.M., Vallee J.-N., Lo D. et al.* Percutaneous Vertebroplasty for Spinal Metastases: Complications // Radiology. 2006. V. 238. N 1. P. 354–362.
22. *Gailloud P., Beauchamp N. J., Martin J.-B. et al.* Percutaneous Pediculoplasty: Polymethylmethacrylate Injection into Lytic Vertebral Pedicle Lesions // JVIR. 2002 V. 13. N 5. P. 517–521.
23. *Ghormley R.K., Adson A.W.* Hemangioma of vertebrae // J. Bone Joint. Surg. Am. 1941. 23. P. 887–895.
24. *Komemushi A., Kariya S., Kojima H. et al.* Percutaneous Vertebroplasty: Relationship between Vertebral Body Bone Marrow Edema Pattern on MR Images and Initial Clinical Response // Radiology. 2006. V. 239. N 1. P. 195–200.
25. *Laredo J.-D., Assouline E., Gelbert F. et al.* Vertebral Hemangiomas: Fat Content as a Sign of Aggressiveness // Radiology. 1990. V. 177. P. 467–472.
26. *Laredo J.-D., Reizine D., Bard M. et al.* Vertebral hemangiomas: radiologic evaluation // Radiology. 1986. V. 165. N 1. P. 183–189.
27. *Mathis J. M., Barr J. D., Belkoff S. M. et al.* Percutaneous Vertebroplasty: A Developing Standard of Care for Vertebral Compression Fractures // Am. J. Neuroradiol. 2001. N 22. P. 373–381.
28. *Mathis J.M., Wong W.* Percutaneous Vertebroplasty: Technical Considerations // JVIR. 2003. V. 14. N 8. P. 953–960.
29. *Ross J.S., Masaryk T.J., Modic M.T. et al.* Vertebral Hemangiomas: MR Imaging // Radiology. 1987. V. 165. N 1. P. 165–169.
30. *Vilanova J.C., Barcelo J., Smirniotopoulos J.G. et al.* Hemangioma from Head to Toe: MR Imaging with Pathologic Correlation // RadioGraphics. 2004. V 24. N 2. P. 367–370.