

Возможности и преимущества количественной компьютерной томографии в выявлении остеопороза позвоночника

Г.В. Дьячкова, А.И. Реутов, Е.М. Эйдлина, Р.В. Степанов, А.В. Ковалева

ФГУН РНЦ “ВТО” им. акад. Г.А. Илизарова, г. Курган
ФГУН Уральский НИИТО им В.Д. Чаклина, г. Екатеринбург

В последние годы появились данные о недостатках наиболее распространенных методов диагностики остеопороза. Так, при наличии клинических признаков остеопороза в виде переломов костей, а также при наличии возрастных изменений позвоночника рентгеновская абсорбционная денситометрия, признанная “золотым стандартом”, не во всех случаях позволила диагностировать остеопороз [1]. Появилась необходимость совершенствовать диагностику остеопороза, применив углубленный метод исследования – количественную компьютерную томографию (ККТ), которая является уникальной методикой, т.к. позволяет дифференцированно исследовать компактную (кортикальную) и губчатую (трабекулярную) ткань тел позвонков [5, 6].

По мнению многих зарубежных авторов [2], именно этот метод, хотя и является более дорогостоящим и сопровождается более высокой лучевой нагрузкой, чем рентгеновская денситометрия, позволяет более точно опре-

делять степень минерализации костной ткани в телах позвонков.

Материал и методы исследования

Методом количественной компьютерной томографии (программа OSTEOCT) и двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии проведено по 60 исследований поясничного отдела позвоночника пациенткам с остеопоротическими компрессионными переломами. Возраст пациенток был от 40 до 69 лет, пациентки были разделены по возрасту на три группы: 40–49 лет, 50–59 лет и 60–69 лет. Для проведения исследования пациентка укладывалась поверх калибровочного костноэквивалентного фантома и томографировалась вместе с ним. Были выполнены срединные срезы Th12–L5 тел неизмененных позвонков с коллимацией 10 мм, экспозиционной дозой 200 mAs и напряжении на трубке 120 kV. Зоны интереса (ROI) – компактной и губчатый слои передних отделов тел позвонков определялись автоматически (рис. 1).

Вычисления минеральной плотности костной ткани проводились off line по фантому, содержащему 130 мг/см³ гидроксиапатита кальция. Воспроизводимость результатов 1–3%, точность 5–10% [2].

Полученные данные оценивались по шкале регрессии в соответствии с заложенной базой данных популяционной нормы.

Шкала регрессии представляет собой график линейной зависимости между возрастом пациентов и количеством кальция в мг/см³ в соответствии с заложенной базой данных отдельно для мужчин и женщин. Данные по каждому позвонку определяются соответствующей точкой на кривой регрессии (рис. 2).

На основании многочисленных исследований было установлено, что существуют поро-

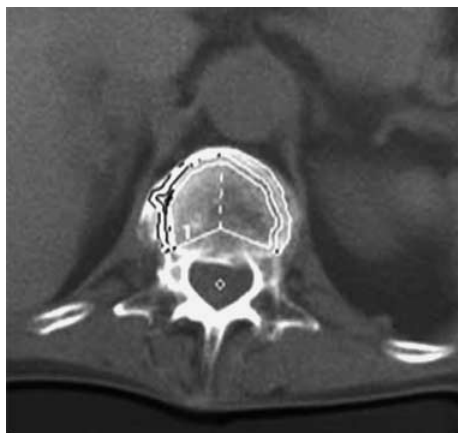
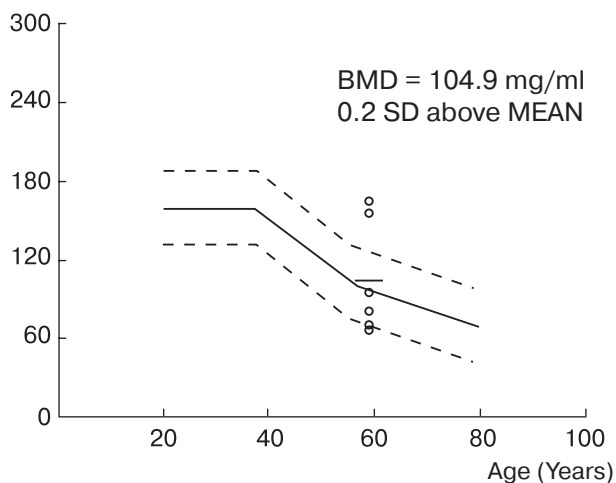


Рис. 1. Компьютерная томограмма на уровне L₃. Автоматическое определение зон интереса — компактной и губчатой тканей позвонков в поясничном отделе позвоночника.

QCT BMD EVALUATION PLOT

Average over [T12, L1, L2, L3, L4, L5]
Corresp. images [27, 29, 31, 33, 35, 37]

mg Ca-HA / ml



SOMATOM DATABASE / Normal Females = 98.6 mg/ml

Рис. 2. График линейной регрессии параметров плотности костной ткани позвонков с фиксацией отклонений плотности от популяционной нормы в мг/см³ и в стандартных отклонениях – SD.

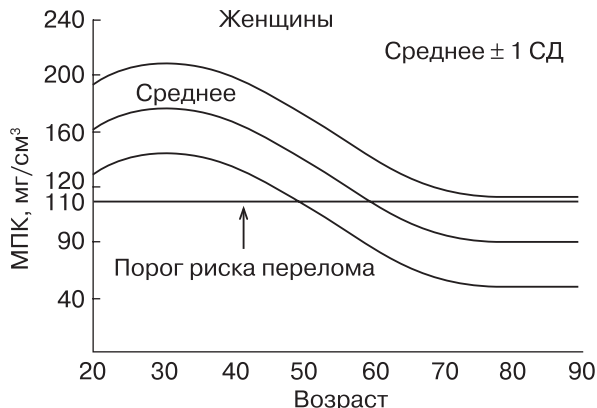


Рис. 3. График среднестатистических значений МПК у женщин в зависимости от возраста (И.С. Власова, С.К. Терновой, 1997).

говые значения минеральной плотности губчатой кости, ниже которых возникает риск переломов тел позвонков. Пороговые значения риска переломов позвонков по данным фирмы-производителя представлены на рис. 3.

Из приведенного графика следует, что пороговые значения минеральной плотности

губчатой кости тел позвонков находятся на уровне 100–110 мг/см³. При снижении параметров плотности губчатой кости до 50 мг/см³ появляется высокий риск переломов тел позвонков.

Статистическую обработку параметров плотности по данным двухэнергетической денситометрии и количественной компьютерной томографии проводили на персональном компьютере с помощью программы Attestat¹, встроенной в Microsoft Exell.

Для подтверждения выводов о различиях между полученными количественными результатами исследований в случаях с нормальным распределением использовали t – критерий Стьюдента и критерий Манна – Уитни, когда распределение отличалось от нормального. Статистически значимыми считали различия при $p \leq 0,05$, где p – уровень значимости этого критерия. Выборочные параметры, приводимые далее в таблицах, имеют следующие обозначения: M – среднее, m – ошибка среднего, σ – стандартное средне-квадратичное отклонение, Me – медиана, n – объем анализируемой подгруппы, p – достигнутый уровень значимости¹.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Диапазоны параметров плотности неизмененных позвонков в трех возрастных группах

У обследованных нами пациенток с компрессионными переломами позвонков были определены максимальные и минимальные значения плотности компактного и губчатого слоя в позвонках, сохранивших свою форму. Эти параметры имели широкий диапазон значений, что характеризует диаграмма на рис. 4.

Из приведенной диаграммы следует, что в группе 40–49 лет показатели плотности губчатой костной ткани были однородными, и диапазон значений плотности был небольшим – от 110 до 133 мг/см³. Диапазон значений плотности компактного слоя позвонков был больше – от 175 до 323 мг/см³. В возрастной группе 50–59 лет диапазон параметров плотности губчатого слоя значительно увеличился за счет появления значений очень низкой плотности. Интервал значений плотности был от 135 мг/см³ до 10 мг/см³, т.е. от нормальной минерализации до почти полной резорб-

¹ Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2002611109, М., 28 июня 2002 г., автор И.П. Гайдышев.

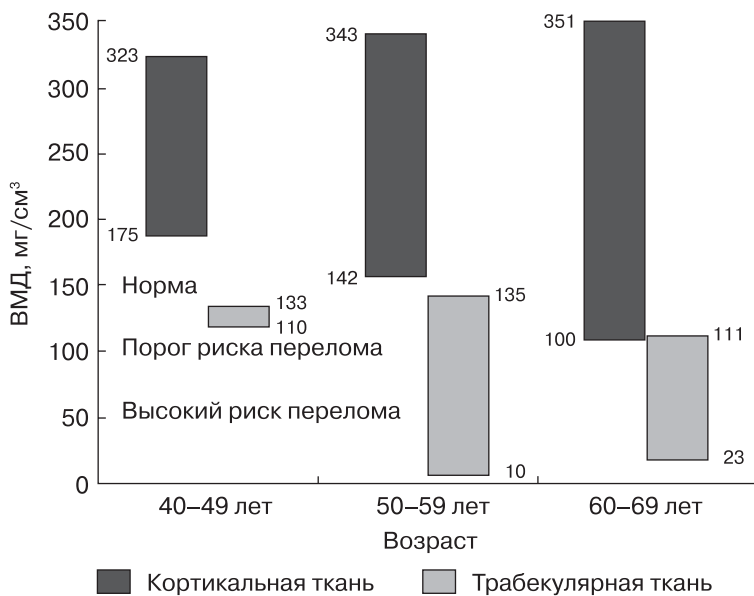


Рис. 4. Диаграмма диапазонов значений плотности компактной и губчатой ткани в позвонках, сохранивших свою форму.

ции губчатого слоя. Диапазон плотностей компактного слоя неизменных позвонков также расширился: минимальные значения 142 мг/см³, максимальные значения – 340,2 мг/см³. В возрастной группе 60–69 лет нормальных показателей плотности губчатой кости не определялось. Диапазон плотностей губчатого слоя имел большие границы: от пороговых значений (111 мг/см³) до высокого риска переломов (22,7 мг/см³). Диапазон показателей плотности компактного слоя расширился от очень низких значений плотности (100 мг/см³) до высоких значений – 351 мг/см³ за счет обызвествлений вокруг позвонков.

При анализе параметров плотности мы выявили, что с возрастом появлялась диссоциация показателей плотности губчатой ткани в отдельных позвонках и деминерализация позвонков происходила неравномерно. Степень минерализация компактного слоя также отличалась в разных возрастных группах. Кроме истончения компактного слоя позвонков и снижения показателей плотности, выявлены значительные повышения плотности за счет обызвествлений вокруг позвонков. Таким образом, ККТ может выявлять выраженные плотностные различия между позвонками.

2. Преимущества ККТ

в выявлении остеопороза позвоночника

Значительное преимущество ККТ показано у больных с компрессионными переломами позвонков, когда рентгеновская денситометрия не выявила остеопороза. Это имело не только теоретическое, но и клиническое значение.

По данным двухэнергетической рентгеновской денситометрии у 27 из 100 больных (27%) с компрессионными переломами тел позвонков Т-критерий соответствовал остеопении (21 человек) и норме (6 человек). Более детально обследованы 9 больных с остеопенией по данным двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (ДРА) позвоночника, им проведена денситометрия проксимального отдела бедра. В табл. 1 представлены результаты примененных методик: ДРА поясничного отдела позвоночника, ДРА проксимального отдела бедра, ККТ поясничного отдела позвоночника. Приведены минимальные значения показателей плотности (BMD г/см²) из четырех поясничных позвонков и зоны Ward проксимального отдела бедра.

Из таблицы 1 следует, что все показатели плотности костной ткани в поясничном отделе позвоночника и проксимальном отделе бедра, которые были определены с применением метода рентгеновской денситометрии (BMD, BMC и Т-критерий), соответствовали остеопении. Даже в зоне Ward, где наиболее рано выявляются признаки деминерализации бедра, Т-критерий не соответствовал остеопорозу. При сравнении данных ДРА и ККТ у больных с остеопоротическими компрессионными переломами тел позвонков, ККТ более четко определила снижение параметров плотности костной ткани, а именно, у 5 из 9 пациенток BMD находилась в пределах 80 мг/см³, что соответствовало повышенному риску переломов, а у 4 пациенток BMD была в пределах 40–60 мг/см³, что соответствовало высокому риску переломов. Приводим следующее наблюдение.

Таблица 1. Параметры плотности костной ткани по данным ДРА и ККТ больных с компрессионными переломами позвонков

Пациент	Возраст	Кол. перел.	ДРА BMD, г/см ² , L ₂ -L ₄	ДРА BMC, г, L ₂ -L ₄	ДРА SD Т-крит., L ₂ -L ₄	ДРА SDТ-кр. бедра Зона Ward	ККТ BMD, мг/см ³ , траб. общая	ККТ BMD, мг/см ³ , корт. общая
Н	68	1	1,016	49,89	-1,5	-1,6	64,8	185,4
Т	44	1	1,020	42,94	-1,9	-1,8	92,5	225,5
Д	68	2	1,023	40,85	-2,3	-1,6	64,1	201,5
М	68	1	0,923	43,52	-1,7	-1,5	41,6	149,5
З	63	4	0,939	40,07	-2,2	-2,2	82,0	194
Г	59	1	1,131	49,72	-0,6	-1,4	65,5	183,3
З	59	3	0,930	31,86	-2,3	-2,3	88,6	202,1
К	53	1	0,984	41,08	-1,8	-0,8	85,5	218,6
П	53	1	1,023	38,87	-1,5	-0,8	100,6	203,8



Рис. 5. Боковая рентгенограмма поясничного отдела позвоночника больной Г., 59 лет. Компрессионный остеопоротический перелом L₁ позвонка.

Пациентка Г., 59 лет, обратилась на прием с жалобами на боли в поясничном отделе позвоночника, усиливающиеся при движениях. На рентгенограмме поясничного отдела позвоночника был выявлен компрессионный перелом L₁ (рис. 5).

При оценке боковой рентгенограммы позвоночника отчетливо видны признаки спондилоартроза дуго-отросчатых суставов L₃-L₅. Денситограмма поясничного отдела позво-

Gatarova, Tatyana AP SPINE BONE DENSITY

SSN: 59 years 05.01.1946 170 cm 87 kg White Female Department: Acquired: 14.02.2005 (4.6b) Analyzed: 14.02.2005 (4.6b) Printed: 18.02.2005 (4.6b) gatar00.s97

Region	BMD ¹ g/cm ²	Young Adult ² %	T	Age Matched ³ %	Z
L1	1.422	126	2.4	134	3.0
L2	1.178	98	-0.2	104	0.4
L3	1.322	110	1.0	117	1.6
L4	1.131	94	-0.6	100	0.0
L1-L2	1.306	114	1.3	121	1.9
L1-L3	1.312	112	1.2	119	1.7
L1-L4	1.266	107	0.7	114	1.3
L2-L3	1.252	104	0.4	110	1.0
L2-L4	1.211	101	0.1	107	0.6
L3-L4	1.226	102	0.2	108	0.8

ANCILLARY SPINE RESULTS**

Region	BMC (grams)	Area (cm ²)	Width (cm)	Height (cm)	BMC/W (g/cm)
L1	20.90	14.70	4.71	3.12	4.44
L2	15.50	13.16	4.06	3.24	3.82
L3	18.41	13.92	4.30	3.24	4.28
L4	15.81	13.97	4.16	3.36	3.80
L1-L2	36.40	27.86	4.38	6.36	8.31
L1-L3	54.81	41.79	4.35	9.60	12.59
L1-L4	70.62	55.76	4.30	12.96	16.41
L2-L3	33.91	27.09	4.18	6.48	8.11
L2-L4	49.72	41.06	4.17	9.84	11.91
L3-L4	34.21	27.90	4.23	6.60	8.09

Рис. 6. Денситограмма поясничного отдела позвоночника больной Г., 59 лет, с компрессионным остеопоротическим переломом L₁ позвонка.

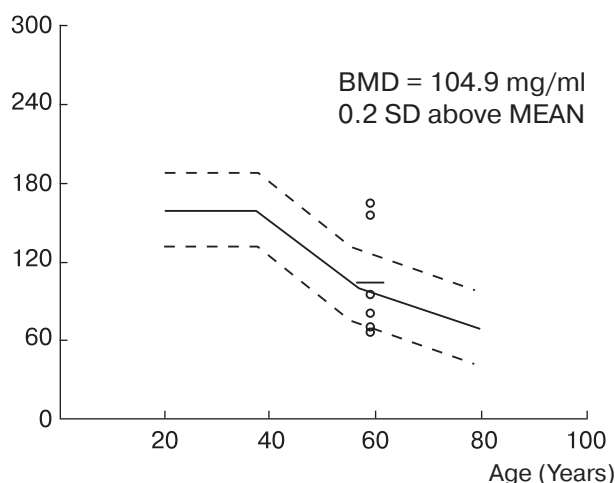
ночника больной Г., 59 лет, с компрессионным остеопоротическим переломом L₁ позвонка представлена на рис. 6.

По данным ДРА значения плотности по Т-критерию в телах позвонков L₁-L₄ + 0,7SD, т.е. в пределах нормы. Минимальные значения плотности в проксимальном отделе бедра в зоне Ward T-1,4SD, что указывало на остеопению. Остеопороза по данным двух рекомендуемых точек исследования — позвоночника

QCT BMD EVALUATION PLOT

Average over [T12, L1, L2, L3, L4, L5]
Corresp. images [27, 29, 31, 33, 35, 37]

mg Ca-HA / ml



SOMATOM DATABASE / Normal Females = 98.6 mg/ml

Рис. 7. График линейной регрессии параметров плотности костной ткани позвонков больной Г., 58 лет, по данным ККТ.

Таблица 2. Данные количественной компьютерной томографии больной Г., 59 лет

Позвонок	Параметры BMD, мг/см ³ губчатой костной ткани	Параметры BMD, мг/см ³ кортикальной костной ткани
Th ₁₂	101,3	222,1
L ₁	164,2	276,3
L ₂	69,2	183,3
L ₃	80,4	228,3
L ₄	65,5	247,3
L ₅	94,6	275,0

и проксимального отдела бедра - выявлено не было.

Больной проведена количественная компьютерная томография, при которой выявилось значительное снижение плотности губчатой ткани L₂-L₅ позвонков и повышенный риск переломов этих позвонков (табл. 2).

Приводим график линейной регрессии параметров плотности костной ткани позвонков больной Г., 59 лет (рис. 7).

На графике линейной регрессии индикаторы Th₁₂ и L₁ позвонков находятся в зоне высоких значений плотности, а индикаторы L₂-L₅ позвонков в зоне повышенного риска переломов.

Таким образом, ККТ позволяет в старших возрастных группах избежать погрешностей в измерениях плотности костной ткани, связанных со спондилоартрозом, обызвествлениями вокруг тел позвонков, определить истинные значения плотностей губчатой и кортикальной тканей позвонков и предположить повышенный риск переломов позвонков.

Выводы

1. Значительное преимущество ККТ установлено у больных с компрессионными переломами позвонков в возрасте старше 60 лет, когда рентгеновская денситометрия не выявила остеопороза.

2. Степень минерализации позвонков у пациентов старше 50 лет может резко различаться, а позвонки могут сохранять свою форму, не подвергаясь компрессии, в довольно большом диапазоне значений плотностей губчатой и компактной тканей.

3. В случаях определения качественных изменений в позвонках, когда была четко отражена почти полная резорбция губчатой костной ткани позвонка, ККТ, в отличие от рентгеновской денситометрии, позволила получить объективные данные с возможностью прогнозирования риска перелома тела позвонка.

Список литературы

1. Жарков П.Л., Смолев Д.М., Магомедов М.К., Зуева А.В. Зависимость результатов остеоденситометрии от возрастных особенностей скелета при поиске системного остеопороза. Российский Научный Центр рентгено-радиологии МЗ РФ, Госпиталь ветеранов войн № 3. http://vestnik.rncrr.ru/vestnik/v4/papers/zueva_v4.htm
2. Genant H.K., Ettinger B., Harris S.T., Blok J.E., Steiger P. Quantitative computed tomography in assessment of osteoporosis. Osteoporosis: Etiology, Diagnosis, and Management, New York Raven, 1988, p. 221-249.
3. Gordon C.L., Lang C.F., Aaugat P., Genant N.K. Image-Based Assessment of spinal trabecular bone structure from high-resolution CT images. Osteopor. J., 1998, 8, p. 317-325.
4. Kalender W., Felsenberg D., Louiso, Reference values for trabecular and cortical vertebral bone density in single and dual-energy quantitative computed tomography. Eur. J. Radiol., 1989, 9, p. 75-80.
5. Masala S., Tarantino U., Marinetti A. et al. DXA vs. QCT: in vitro and in vivo studies. Acta diabetol., 2003, 40, p. 86-88.
6. Richard B., Mazess D. Bone densitometry using dual-energy x-ray absorptiometry. Current opinion in orthopedics 1996, V. 7, p. 5-11.