

Волков Алексей Александрович

**КОМПЛЕКСНОЕ РЕНТГЕНОВСКОЕ И
АБСОРБЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИ
СОЧЕТАННЫХ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ И ДИСТРОФИЧЕСКИХ
ИЗМЕНЕНИЯХ ПОЗВОНОЧНОГО СТОЛБА У ЖЕНЩИН**

14.01.13 - Лучевая диагностика, лучевая терапия (медицинские науки)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Ярославль

2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор

Белосельский Николай Николаевич

Официальные оппоненты:

доктор медицинских наук, профессор

Колпинский Глеб Иванович

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра Лучевой диагностики, лучевой терапии и онкологии, профессор кафедры.

доктор медицинских наук, профессор

Морозов Сергей Павлович

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», директор, главный внештатный специалист по лучевой диагностике.

Ведущая организация

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится «__» _____ 2020 г. в __ часов на заседании объединенного диссертационного совета Д 999.223.02 на базе ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова, ГБУЗ города Москвы «НИИСП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Островитянова, д.1

С диссертацией можно ознакомиться в ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России по адресу: 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1 и на сайте организации www.rsmu.ru.

Автореферат разослан «____» _____ 2020 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

кандидат медицинских наук, доцент

Сиротин Иван Владимирович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы.

За последние два десятилетия для отечественных и иностранных исследователей стала наиболее актуальной проблема изучения взаимного влияния изменения качества костной ткани и течения дистрофических и метаболических заболеваний скелета (Рожинская Л. Я. 2016; Fonseca H. 2014; Ito M. 2016; Saito M. 2016). Современные исследования показывают существенные и закономерные изменения кости в норме с возрастом и при разного рода заболеваниях костно-суставной системы (Perilli E. 2016; Thomsen J. S. 2013). Так, в частности, сочетания дистрофических изменений межпозвонковых дисков, связочного и суставного аппарата позвоночного столба сопровождаются развитием известных преобразований костной ткани, изменяющих ее качество. В свою очередь, нарушение ремоделирования кости при остеопорозе оказывает влияние на обменные процессы (Аврунин А. С. 2014; Владимиров В. А. 2013; Долгова Е. Н. 2015; Корж Н. А. 2013; Кривенцов А. 2014; Маличенко С. Б. 2012; Поворознюк В. В. 2013; DeDecker S. 2015; Ding, Y. 2014). Немалое количество споров вызывает вопрос о сочетании остеопороза и дистрофических изменений позвоночного столба (Капустина Е. В. 2013; Кривенцов А. 2014; Романов Г. Н. 2012; Ding Y. 2014; Li Z. 2012; Mattei T. A. 2013). Исследование особенностей этих изменений в условиях возрастного и патологического снижения минеральной плотности кости имеет большое значение для изучения как остеопороза, так и других дистрофических заболеваний позвоночного столба и представляет собой, тем самым, большой научный интерес и высокую практическую значимость.

Цель исследования.

Изучение рентгеновских, рентгеноморфометрических, абсорбциометрических количественных и качественных проявлений дистрофических изменений позвоночного столба у женщин при различной величине минеральной плотности кости.

Задачи исследования.

1. Выполнить оценку размеров и формы межпозвонковых пространств, комплексных дистрофических изменений межпозвонковых дисков и передней продольной связки позвоночного столба, минеральной плотности кости с учетом качественных ее показателей на основе рентгеноморфометрических, рентгенодиагностических и абсорбциометрических данных.

2. Изучить характер, распространенность, соотношение признаков сочетанных проявлений дистрофических изменений костной структуры тел позвонков, межпозвонковых дисков и передней продольной связки с учетом качественных показателей кости, определенных при количественной рентгеновской компьютерной томографии у женщин различного возраста в норме.

3. По данным абсорбциометрического исследования изучить особенности состояния минеральной плотности кости с учетом некоторых качественных ее характеристик при дистрофических изменениях межпозвонковых дисков и передней продольной связки различной степени выраженности.

4. Исследовать характер проявлений дистрофических изменений межпозвонковых дисков по типу хондроза и остеохондроза при различной степени снижения минеральной плотности кости с учетом качества кости.

5. Изучить особенности патологических дистрофических изменений передней продольной связки в виде спондилоза и болезни Форестье при различной величине минеральной плотности кости с учетом некоторых качественных ее состояний.

Методы исследования

Для решения поставленных задач выполнялась рентгеноморфометрия тел грудных и поясничных позвонков в диапазоне от T4-L4, межпозвонковых пространств, полуколичественная оценка степени выраженности и распространенности дистрофических изменений межпозвонковых дисков и передней продольной связки по данным рентгенографии грудного и поясничного отделов в левой боковой проекции, анализ результатов количественной компьютерной томографии 2, 3, 4, поясничных позвонков, выполненной на компьютерном томографе Siemens и аналитической программой Osteo.

Положения, выносимые на защиту

1. Используемые методики оценки результатов рентгеновского, рентгеноморфометрического и абсорбциометрического исследований с определением качественных показателей состояния кости (соотношение минеральной плотности кортикальной и губчатой кости, плотностный диапазон структуры, характеризующий как наиболее, так и наименее минерализованные ее элементы), способны объективно отразить проявления дистрофических изменений костной структуры, межпозвонковых дисков и передней продольной связки в комплексе.

2. Возрастные изменения позвоночного столба сопровождаются развитием закономерных и взаимосвязанных дистрофических нарушений минеральной плотности кости, межпозвонковых дисков и передней продольной связки с некоторыми качественными особенностями состояния костной ткани (увеличение доли компактной костной ткани, сохранение или даже увеличение плотностного интервала между наиболее и наименее минерализованными структурами кости).

3. Такие заболевания позвоночного столба как остеопороз, остеохондроз, болезнь Форестье, связаны с развитием закономерных сочетанных и характерных для каждой болезни рентгенодиагностических, рентгеноморфометрических и абсорбциометрических проявлений, включая и состояние качества кости, значительно отличающихся между собой и от возрастных изменений.

Научная новизна исследования

Впервые выполнена оценка ряда качественных характеристик состояния минеральной плотности кости по данным количественной рентгеновской компьютерной томографии у женщин различного возраста, при разной степени минеральной плотности кости, при разной степени дистрофических изменений межпозвонковых дисков и передней продольной связки;

Впервые исследован комплекс рентгеновских и рентгеноморфометрических данных при дистрофических изменениях межпозвонковых дисков и передней продольной связки позвоночного столба у женщин различного возраста в зависимости от величины минеральной плотности кости с учетом некоторых ее качественных состояний, определенных при количественной рентгеновской компьютерной томографии в норме и при патологическом снижении костной массы.

Впервые на основе результатов количественной компьютерной томографии проанализированы количественные и некоторые качественные характеристики состояния костной ткани при сочетанных дистрофических изменениях межпозвонковых дисков и передней продольной связки у женщин.

Степень обоснованности и достоверности полученных результатов

Полученные результаты анализировались методами описательной статистики с вычислением среднего, отклонения среднего, доверительных интервалов.

Практическая значимость работы

Полученные данные о возможности неинвазивной абсорбциометрической оценки ряда характеристик минеральной плотности кости могут быть широко использованы на практике при дифференциальной диагностике и прогнозировании количественных и качественных преобразований костной ткани.

Внедрение в практику

В настоящее время результаты работы используются в учебном процессе кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет». Лечебно-диагностическом процессе в ГАУЗ ЯО «Клиническая больница скорой медицинской помощи имени Н. В. Соловьева» и ГБУЗ ЯО ЯОКГБВ-МЦ «Здоровое долголетие» г. Ярославль.

Апробация работы и публикации.

Материалы диссертации представлены на заседаниях:

1. Ярославского областного общества врачей лучевых диагностов (Ярославль, декабрь 2012 г., декабрь 2014, март 2016 г.).
2. Ярославского-Костромского-Вологодского научного общества травматологов ортопедов (Ярославль март 2016г.).
3. Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием «Актуальные вопросы медицинской науки»(Ярославль 2016г.).
4. Российский конгресс по остеопорозу, остеоартрозу и другим метаболическим заболеваниями скелета, диагностическая секция (Казань, 8-10 сентября 2016 г.).

Материалы диссертации отражены в 9 публикациях, 3 из которых в журналах, рекомендованных ВАК.

Структура работы

Диссертация изложена на 188 страницах машинописного текста, состоит из 5 глав, выводов, практических рекомендаций и приложения. Работа иллюстрирована 35 таблицами, 70 рисунками. Указатель литературы включает в себя 199 работ отечественных и иностранных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы

Для решения поставленных задач были изучены результаты комплексного рентгеновского исследования 127 женщин различного возраста, обследованных на базе Ярославской областной клинической больницы в течение 2008-09 годов по поводу гипертонической болезни 2 стадии без кризового течения, средний возраст обследованных составил $62,8 \pm 2,34$ года.

В таблице 1 приведены общие сведения о возрасте обследованных пациенток.

Таблица 1

Распределение обследованных пациенток по возрасту

Возрастные группы	До 50	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75 и более
Абс.	10	21	22	22	23	14	15
%	7,9	16,5	17,3	17,3	18,1	11,0	11,8

В связи с малочисленностью групп, было принято решение их объединить в группы до 50 лет, 50-59 лет, 60-69 лет, 70 лет и старше.

По результатам абсорбциометрического и рентгенодиагностического исследований, из общего состава обследованных были сформированы три группы пациенток: в зависимости от величины минеральной плотности кости губчатой ткани тел поясничных позвонков, в зависимости от выраженности рентгеновских проявлений остеохондроза позвоночника и в связи с рентгенодиагностическими признаками дистрофических изменений передней продольной связки с учетом степени их выраженности, выявленных по данным предложенных полуколичественных методик.

Количественный и качественный состав обследованных пациенток с учетом возраста и частоты исследуемых изменений, позволил получить достоверные статистические данные и решить поставленные в настоящем исследовании задачи.

Характеристика методов исследования

Для изучения минеральной плотности кости (МПК) проводилась стандартное абсорбциометрическое исследование поясничного отдела позвоночного столба в виде количественной рентгеновской компьютерной томографии на компьютерном томографе Somatom фирмы «Siemens».

Сканирование средних отделов тел 2, 3, 4 позвонков производилось перпендикулярно их оси с толщиной среза 10 мм с синхронным фантомом, результаты обрабатывались аналитической программой производителя томографа. Доза облучения составляла 2 мЗв.

При анализе результатов абсорбциометрии учитывался ряд показателей, характеризующих особенности количественного и качественного состояния минеральной плотности кости.

Первая группа показателей представляет данные о средней костной массе губчатой ткани между тремя сканированными поясничными позвонками:

- средняя плотность губчатой ткани в мг/мл (СПГ) - средняя величина минеральной плотности губчатой ткани между тремя сканированными телами поясничных позвонков.

- среднее (для тел трех позвонков) отклонение плотности губчатой ткани (СОПГ) в мг/мл. Отклонение характеризует разницу плотности губчатой ткани в зоне измерения каждого из трех тел, показатель основывается на значении стандартного отклонения пикселей в зоне измерения, дает представление о различии плотности тех участков трабекулярной кости, где степень минерализации наивысшая, и тех ее отделов, где плотность наименьшая.

- средняя величина плотности наименее минерализованных участков в зоне сканирования между тремя телами поясничных позвонков (СПГ_{min}) в мг/мл. $СПГ_{min} = СПГ - СОПГ$.

- средняя величина плотности наиболее минерализованных участков в зоне сканирования между тремя телами поясничных позвонков (СПГ_{max}) в мг/мл. $СПГ_{max} = СПГ + СОПГ$.

- плотностный интервал губчатой кости (ПИГ) в мг/мл - различие СПГ_{max} и СПГ_{min}. $ПИГ = СПГ_{max} - СПГ_{min}$.

Вторая группа исследованных параметров состояния костной ткани представляет аналогичные сведения о кортикальной кости тел исследованных позвонков:

- средняя минеральная плотность кортикальной ткани (СПК) в мг/мл.
- среднее отклонение плотности кортикальной ткани для тел трех позвонков (СОПК) в мг/мл.

- средняя величина плотности наиболее минерализованных (СПК_{max}) и наименее минерализованных (СПК_{min}) участков кортикальной кости между тремя телами позвонков в мг/мл.

- плотностный интервал кортикальной кости (ПИК) в мг/мл.

Третья группа показателей имеет сравнительный характер за счет сопоставления представленных выше параметров, характеризующих состояние губчатой и кортикальной кости:

- среднее кортикально-губчатое различие, определяемое в мг/мл (СКГР) между тремя позвонками. $СКГР = СПК - СПГ$ в мг/мл.

- средний кортикально-губчатый индекс (СКГИ) – отношение костной массы кортикальной и губчатой кости между тремя позвонками. $СКГИ = СПК : СПГ$.

Четвертая группа параметров вычислялась аналитической программой, имеет интегральное значение за счет сопоставления выявленной костной массы со средней ее величиной в норме в молодом возрасте -Т-критерий (Т) и с учетом возраста - Z-критерий (Z).

Считаем необходимым отметить, что согласно рекомендациям Международного общества клинической денситометрии (ISCD), плотность губчатой кости, определенной количественной компьютерной томографией в 120 мг/мл и более является нормальной, плотность 80-120 мг/мл - остеопения, менее 80 мг/мл - остеопороз.

Кроме того, аналогичные общим данным показатели были получены для каждого из трех тел позвонков в отдельности.

Рентгенодиагностическое и рентгеноморфометрическое исследования проводилось по результатам боковой спондилографии грудного и поясничного отделов, выполненной с соблюдением ряда правил, способствующих их стандартизации.

Рентгеноморфометрическое исследование позвоночного столба проводилось в диапазоне от Т₄ до L₄ по общепризнанной методике с оценкой передних (А), средних (М) и задних (Р) размеров тел позвонков и их отношений – индексов тел (А\Р) – отношение величины переднего края тела к его задним размерам, (М\Р) – отношение величины средних отделов к размерам заднего края тела позвонка и «задне-задний» (Р\Р_n) – отношение реальных размеров заднего края тела к его величине в норме. Полученные значения индексов сопоставлялись с их величиной в популяционной норме, определенной в ходе европейского многоцентрового исследования EVOS\EPOS, а

выявленные отклонения определялись в стандартных отклонениях (SD) (1SD - 0,05 от величины индекса). Наиболее выраженные деформации, соответствующие так называемым остеопоротическим переломам тел, определяются тогда, когда отмечается изменение индексов тел на 3,5 и более SD.

Кроме того, для выявления начальных и малых деформаций тел позвонков была использована методика дополнительного анализа данных рентгеноморфометрии тел позвонков:

- индекс различий размеров позвонков, характеризующий минимальные деформации- среднее различие размеров тел позвонков в диапазоне от T₇ до T₁₁.
- симптом «выравнивания» размеров тел позвонков основанный на выявлении случаев равенства размеров соседних тел, характеризующий более выраженные деформационные изменения.
- симптом максимальных различий размеров позвонков, характеризующий выраженные различия размеров соседних тел за счет деформационных изменений.
- симптом «парадоксальных размеров», выявляемый в случаях, когда размеры нижележащего тела позвонка были меньше, чем у позвонка, находящегося выше.

Помимо этого, на основе полученных при классической рентгеновской морфометрии данных в миллиметрах определялась ширина передних, средних и задних отделов тринадцати межпозвонковых пространств в диапазоне позвоночного столба от сегмента T₄-T₅ до L₄-L₅. Полученные данные анализировались с оценкой размеров и формы межпозвонковых пространств.

Рентгенодиагностическое исследование позвоночного столба проводилось с помощью полуколичественных методик, позволяющих на визуальном и частично количественном уровне зафиксировать в баллах основные рентгенодиагностические симптомы изменений позвоночника, характерные для дистрофических изменений костной структуры, межпозвонковых дисков, передней продольной связки с учетом степени и распространенности патологических изменений. Оценка 0 баллов свидетельствовала об отсутствии соответствующих проявлений, максимальная оценка 6 баллов характеризовала наиболее выраженных и распространенных изменениях этого рода.

Таким образом, использованные в работе методические приемы абсорбциометрического, рентгеноморфометрического и рентгенодиагностического анализа позволили исследовать в необходимом объеме состояние позвоночного столба, проанализировать исследуемые патологические изменения и решить поставленные в этой работе задачи.

Результаты и обсуждение

На первом этапе исследования были изучены общие средние абсорбциометрические, рентгеноморфометрические и рентгенодиагностические данные. Полученные результаты использовались в дальнейшем как один из сравнительных показателей. Для оценки достоверности ($p < 0,05$) использовался t- критерий Стьюдента, где сравнивалась средняя величина показателя у 127 пациенток с величиной такового в выделенной группе.

На второй стадии работы полученные результаты комплексного исследования были проанализированы с учетом возраста.

Все выявленные основные особенности, связанные с возрастом, могут быть сформулированы следующим образом (Табл. 2, Рис. 1, 2).

1. Отмечено выраженное (на 51,2%) и достаточно равномерное возрастное снижение костной массы губчатой кости, наиболее ярко представленное в возрасте до 70 лет. Уменьшение минеральной плотности кости связано как с наиболее минерализованными структурами кости, так и со структурами, имеющими наименьшую плотность в зоне измерения.

2. Определено значительно менее интенсивное (22,1%), чем для трабекулярной кости, возрастное уменьшение костной массы кортикальной костной ткани в возрасте до 70 лет с достоверным ($p < 0,05$) увеличением минеральной плотности в возрастной группе 70 лет и старше. Максимальная плотность в зоне измерения (СПК_{max}) в самой старшей возрастной группе достоверно возрасала, а минимальная (СПК_{min}) достоверно снижалась во всех возрастных группах ($p < 0,05$), т. е. отмечалось расширение плотностного интервала за счет дополнительной минерализации кортикальной кости вследствие компенсаторного остеосклероза.

3. Определено достоверное ($p < 0,05$) возрастное уменьшение СОПГ и выраженное увеличение СОПК, связанное с изменением характера ремоделирования кортикальной и губчатой кости с возрастом.

4. Значение СКГИ увеличивалось с возрастом более чем в два раза ($p < 0,05$), отображая возрастное повышение роли кортикальной костной ткани в структуре тела позвонка в целом.

Таблица 2

Абсорбциометрические показатели состояния костной ткани в зависимости от возраста ($M \pm m$), %

	До 50 лет	50-59 лет	60-69 лет	70 лет и старше
	n-10	n-43	n-45	n-29
СПГ (мг/мл)	143,2 $\pm$ 6,18	111,4 $\pm$ 2,44* -22,2%	81,8 $\pm$ 2,24* -26,6%	69,9 $\pm$ 2,88* -14,5%
СПГ max (мг/мл)	195,2 $\pm$ 1,88	166,5 $\pm$ 1,80* -14,7%	122,3 $\pm$ 1,66* -26,5%	114,0 $\pm$ 1,8* -6,8%
СПГ min (мг/мл)	91,2 $\pm$ 1,68	56,3 $\pm$ 1,46* -38,2%	41,3 $\pm$ 1,44* -26,6%	25,8 $\pm$ 1,60* -37,1%
ПИГ (мг/мл)	104,0 $\pm$ 1,12	110,2 $\pm$ 1,22* +4,8%	81,0 $\pm$ 1,08* -34,8%	88,2 $\pm$ 1,44* +8,9%
СПК (мг/мл)	322,3 $\pm$ 7,12	273,5 $\pm$ 2,84* -15,1%	250,9 $\pm$ 2,22* -8,3%	262,5 $\pm$ 2,4* +4,4%
СПК max (мг/мл)	424,3 $\pm$ 1,88	388,8 $\pm$ 1,66* -8,4%	361,8 $\pm$ 1,66* -6,9%	388,2 $\pm$ 1,8* +6,8%
СПК min (мг/мл)	220,3 $\pm$ 1,86	158,2 $\pm$ 1,68* - 18,2%	140,0 $\pm$ 1,86* -28,2%	138,4 $\pm$ 1,88 -11,5%
ПИК (мг/мл)	204,0 $\pm$ 1,78	230,6 $\pm$ 1,70* +11,5%	221,8 $\pm$ 1,76* -4,0%	249,8 $\pm$ 1,82* +12,6%

* $p < 0,05$

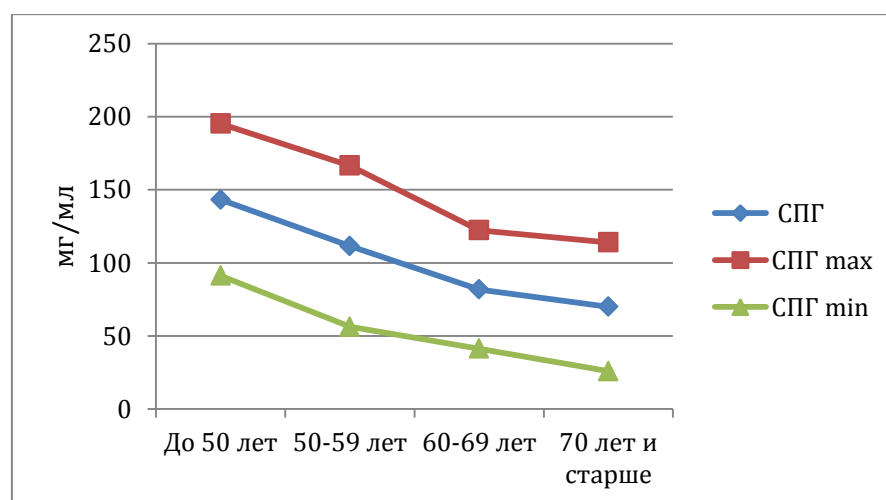


Рис. 1. Изменение СПГ, СПГ max и СПГ min с возрастом (мг/мл)

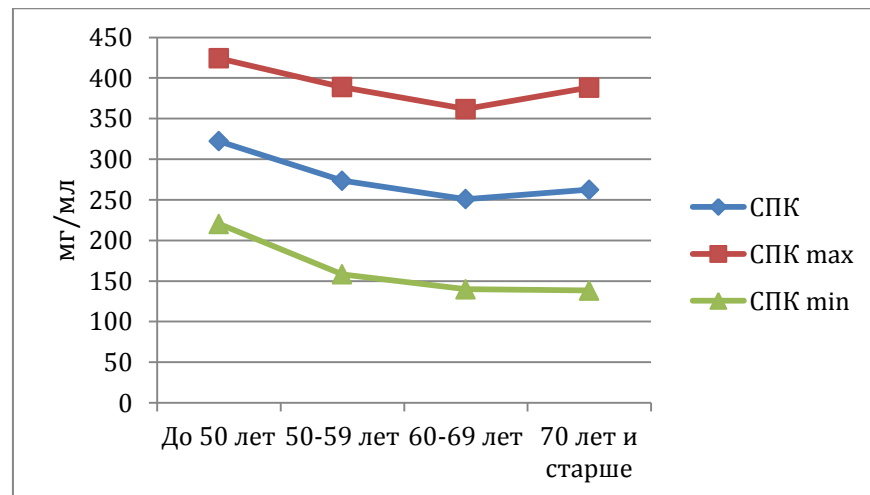


Рис. 2. Изменение СПК, СПК max и СПКmin с возрастом (мг/мл)

При рентгеноморфометрической оценке размеров и формы тел позвонков установлено, что распространенность умеренно выраженных деформаций, связанных со снижением индексов на 2,0-2,9 SD, равномерно увеличивалась с возрастом, в то время как наиболее глубокие нарушения со снижением индексов на 3 и более SD в более старших возрастных группах отмечались реже, чем в возрасте 50-59 лет.

При оценке распространенности начальных и минимальных изменений размеров и формы позвонков отмечено, что с возрастом нарастает частота симптомов выравнивания размеров и парадоксальных размеров тел.

При рентгеноморфометрическом исследовании межпозвонковых пространств их возрастного сужения не отмечено.

При оценке результатов рентгенодиагностического исследования определено нарастание с возрастом явлений остеопении и остеопороза, снижение частоты минимальных дистрофических изменений межпозвонковых дисков и увеличение распространенности их более выраженных проявлений, соответствующих остеохондрозу. Вместе с тем выявлено равномерное увеличение с возрастом частоты признаков дистрофических изменений передней продольной связки по типу спондилоза или болезни Форестье.

На следующем этапе исследования полученные результаты были проанализированы с учетом выявленной величины минеральной плотности кости (Табл.3, Рис. 3, 4).

1. Степень снижения минеральной плотности губчатой кости при развитии остеопороза значительно выше, чем кортикальной костной ткани.

2. Снижение костной массы губчатой кости сопровождается усилением явлений сужения плотностного интервала (уменьшение СОПГ, ПИГ) с выраженным уменьшением СПГ_{min}. Аналогичных изменений кортикальной костной ткани не отмечается.

3. Снижение минеральной плотности губчатой кости по мере развития остеопороза происходит достаточно равномерно с некоторым усилением при минимальной костной массе 50 мг/мл и менее.

4. Уменьшение минеральной плотности кортикальной кости происходит менее равномерно, наибольшая потеря (22%, $p < 0,05$) на этапе начальной остеопении (при величине плотности губчатой кости 100-124 мг/мл).

Таблица 3

Абсорбциометрические показатели состояния костной ткани в зависимости от величины минеральной плотности кости ($M \pm m$), %

МПК	± 125 мг/мл	100-124 мг/мл	75-99 мг/мл	50-74 мг/мл	-50 мг/мл
	n-23	n-23	n-40	n-27	n-14
Средний возраст	53,4 $\pm$ 2,26	60,7 $\pm$ 2,44	62,7 $\pm$ 2,32	67,6 $\pm$ 2,38	69,5 $\pm$ 2,68
СПГ (мг/мл)	148,4 $\pm$ 2,1	109,7 $\pm$ 2,2* -26%*	85,7 $\pm$ 1,22* -22%*	66,6 $\pm$ 2,1* -22%*	41,5 $\pm$ 3,0* -38%*
СПГ _{max} (мг/мл)	204,2 $\pm$ 3,1	166,9 $\pm$ 1,3* -18%*	126,5 $\pm$ 1,3* -24,5%*	104,0 $\pm$ 1,6* -17,5%*	77,8 $\pm$ 2,5* -25%*
СПГ _{min} (мг/мл)	92,6 $\pm$ 2,28	53,9 $\pm$ 1,9* -42%	44,9 $\pm$ 1,7* -2%	27,3 $\pm$ 1,9* -40%	5,2 $\pm$ 2,7* -81,5%
ПИГ (мг/мл)	111,6 $\pm$ 2,9	113,0 $\pm$ 1,6 +1,2%	81,6 $\pm$ 1,5* -38,5%	76,7 $\pm$ 1,8* -6,4%	72,6 $\pm$ 2,6 -5,6%
СПК (мг/мл)	351,5 $\pm$ 3,1	274,2 $\pm$ 3,2* -22%*	252,1 $\pm$ 3,3* -8%	242,5 $\pm$ 3,2* -4%	203,1 $\pm$ 4,4* -16%
СПК _{max} (мг/мл)	466,7 $\pm$ 3,2	389,3 $\pm$ 3,48* -17%*	361,7 $\pm$ 3,5 -7%	346,7 $\pm$ 3,3 -5%	305,4 $\pm$ 5,6* -12%*
СПК _{min} (мг/мл)	236,3 $\pm$ 2,3	158,9 $\pm$ 2,26* -33%*	142,5 $\pm$ 3,3* -11%*	138,3 $\pm$ 3,5 -3%	100,8 $\pm$ 5,2* -27,5%*
ПИК (мг/мл)	230,4 $\pm$ 2,8	230,4 $\pm$ 2,66 0	219,2 $\pm$ 3,38* -5,1%	208,4 $\pm$ 3,38* -5,2%	204,6 $\pm$ 5,5 -1,9%
СКГИ	2,27 $\pm$ 0,12	2,49 $\pm$ 0,14 +10%	2,84 $\pm$ 0,18 +14%	3,90 $\pm$ 0,18* +37%	5,59 $\pm$ 0,22* +70%

* $p < 0,05$

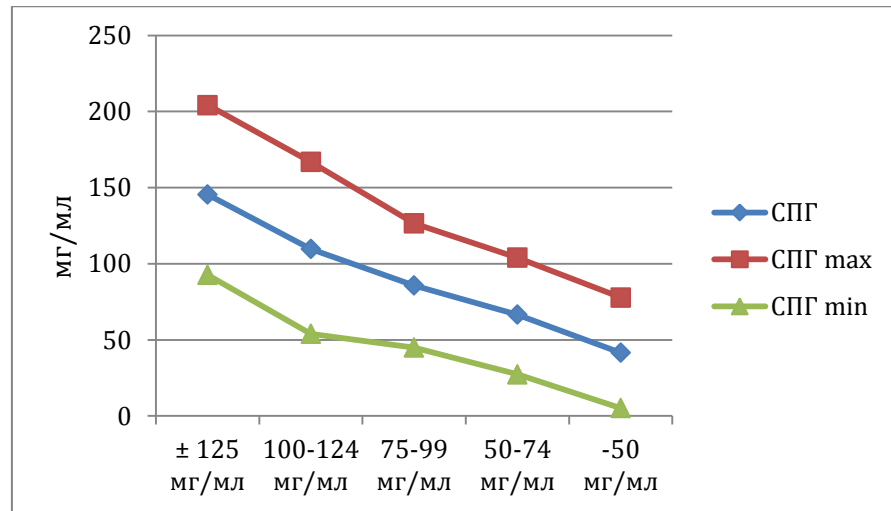


Рис. 3. Изменение показателей губчатой кости в зависимости от величины минеральной плотности костной ткани (мг/мл)

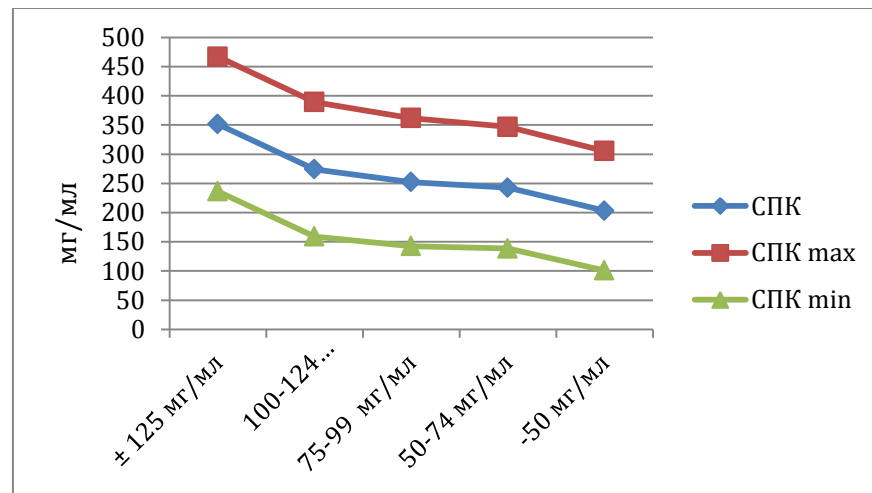


Рис. 4. Изменение показателей кортикальной кости в зависимости от величины минеральной плотности костной ткани (мг/мл)

При оценке характера, глубины и распространенности деформационных изменений тел позвонков подтверждены известные данные о зависимости частоты деформаций от величины минеральной плотности кости. Отмечено увеличение распространенности минимальных деформаций, определено также равномерное увеличение частоты умеренных и выраженных деформационных изменений тел позвонков.

При анализе результатов рентгеноморфометрического исследования межпозвонковых пространств при минимальных значениях костной массы в нижней

части грудного отдела и в верхних сегментах поясничной зоны определяется увеличение высоты передних и средних отделов межпозвонковых пространств с развитием их клиновидной формы, что может быть связано с увеличением объема деформационных изменений тел позвонков.

При оценке данных о распространенности рентгенодиагностических признаков дистрофических изменений межпозвонковых дисков и передней продольной связки выявлен ряд особенностей.

Во-первых, при уменьшении минеральной плотности кости отмечено снижение частоты признаков дистрофических изменений межпозвонковых дисков, связанное, по всей вероятности, со снижением функции ремоделирования и ослаблением явлений субхондрального остеосклероза и костных разрастаний.

Во-вторых, при снижении костной массы определяется существенное увеличение частоты распространенных изменений передней продольной связки по типу болезни Форестье, связанное, вероятно, с увеличением распространенности деформационных изменений тел позвонков.

На заключительном этапе работы полученные данные были проанализированы в зависимости от степени выраженности дистрофических изменений межпозвонковых дисков и передней продольной связки. При оценке изменений, связанных с состоянием межпозвонковых дисков, отмечено (Табл. 4, Рис. 5, 6):

1. По мере увеличения частоты рентгеновских признаков, соответствующих остеохондрозу, определяется существенный рост величины минеральной плотности кости губчатой ткани (с 84,8 до 99,8 мг/мл $p < 0,05$) с увеличением ее плотностного интервала (с 78,4 до 103,8 $p < 0,05$), что говорит об увеличении количества наиболее и наименее минерализованных участков в области сканирования, по всей видимости, это связано с формированием крупноячеистой структуры с дополнительной минерализацией трабекул. Аналогичных проявлений со стороны кортикальной кости не определено.

2. Частота умеренных и выраженных деформационных изменений тел позвонков имеют меньшую распространенность ($p < 0,05$) при более выраженных дистрофических изменениях этого рода.

Качественные абсорбциометрические показатели состояния костной ткани в зависимости от дистрофических изменений межпозвонковых дисков ($M \pm m$), %

	1-2 балла	3-4 балла	5-6 баллов
Средний возраст	62,1 лет	61,3 лет	63,7 лет
	n-30	n-59	n-36
СПГ (мг/мл) %	84,8 $\pm$ 4,24	100,9 $\pm$ 4,06* +15,8%*	99,8 $\pm$ 3,60* +1%
СОПГ(мг/мл) %	39,2 $\pm$ 1,38	43,3 $\pm$ 1,36 +10,3%*	51,9 $\pm$ 1,40* +16,3%
СПГmax(мг/мл) %	124,0 $\pm$ 2,42	144,2 $\pm$ 2,18* +13,9%*	151,7 $\pm$ 2,22* +5,3%
СПГmin(мг/мл) %	45,6 $\pm$ 2,12	57,6 $\pm$ 2,34* +6,9%	47,9 $\pm$ 2,18* -17,2%*
ПИГ	78,4 $\pm$ 2,18	86,6 $\pm$ 2,18* +10,4%	103,8 $\pm$ 2,26* +19,8%
СПК (мг/мл) %	263,0 $\pm$ 3,28	263,9 $\pm$ 3,22 +0,5%	310,0 $\pm$ 3,26* +15,2%*
СОПК(мг/мл) %	106,0 $\pm$ 1,18	106,2 $\pm$ 1,14 0%	122,5 $\pm$ 1,16* +13,5%*
СПКmax(мг/мл) %	369,0 $\pm$ 2,14	370,1 $\pm$ 2,14 +0,5%	432,5 $\pm$ 2,88* +14,4%*
СПКmin(мг/мл) %	157,0 $\pm$ 2,86	157,7 $\pm$ 2,46 0	187,5 $\pm$ 2,68* +17,7%*
ПИК	212,0 $\pm$ 2,44	212,4 $\pm$ 2,36 0	245,0 $\pm$ 2,70* +15,3%
СКГИ	2,84 $\pm$ 0,12	2,70 $\pm$ 0,16	2,97 $\pm$ 0,14

*p < 0,05

3. При умеренных проявлениях дистрофических изменений межпозвонковых дисков отмечено сужение передних отделов межпозвонковых пространств с изменением их формы. Прямой связи между ними и изменениями передней продольной связки не отмечено.

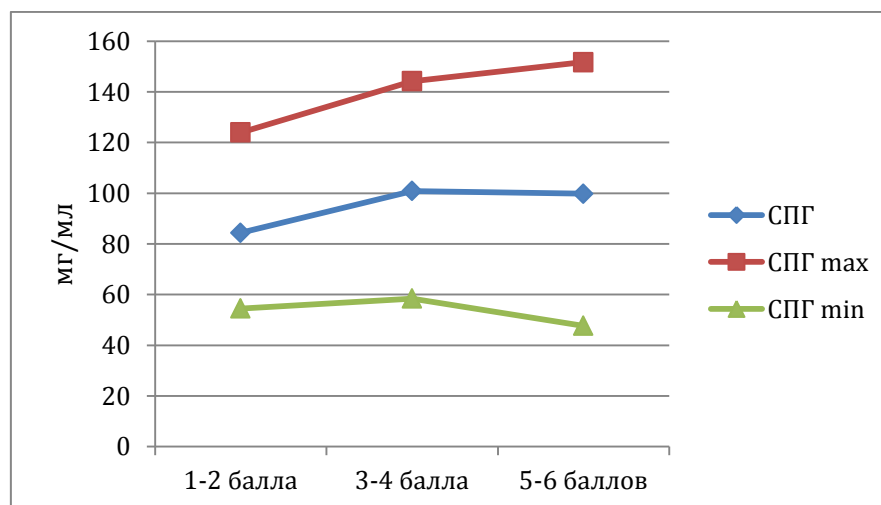


Рис. 5. Изменение показателей губчатой кости при дистрофических изменениях межпозвонковых дисков (мг/мл)

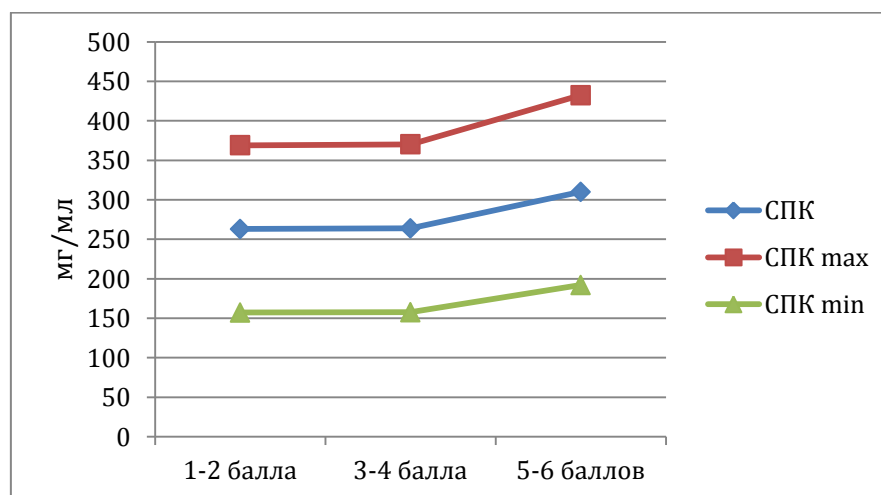


Рис. 6. Изменение показателей кортикальной кости при дистрофических изменениях межпозвонковых дисков (мг/мл)

Таблица 5

Качественные абсорбциометрические показатели состояния костной ткани в зависимости от дистрофических изменений передней продольной связки ($M \pm m$), %

	1-2 балла	3-4 балла	5-6 баллов
Средний возраст	58,9 лет	65,0 лет	66,6 лет
	n-13	n-24	n-10
СПГ (мг/мл)	107,5 $\pm$ 4,20	92,3 $\pm$ 3,92 -14,0%*	91,6 $\pm$ 4,88* -1,0%
СОПГ(мг/мл)	55,3 $\pm$ 1,66	63,2 $\pm$ 1,34* +11,9%	47,9 $\pm$ 2,32* -23,8%*
СПГmax(мг/мл)	162,8 $\pm$ 3,12	155,5 $\pm$ 2,18* -4,9%	139,5 $\pm$ 3,22* -29,0%*
СПГmin(мг/мл)	52,2 $\pm$ 3,22	29,1 $\pm$ 2,36* -42,3%*	43,7 $\pm$ 3,48* +34,9%*
ПИГ (мг/мл)	110,6 $\pm$ 3,18	126,4 $\pm$ 2,22* +14,3%	95,8 $\pm$ 3,46* -31,9%
СПК (мг/мл)	305,7 $\pm$ 3,68	227,8 $\pm$ 3,28* -25,5%*	278,7 $\pm$ 4,56* +17,9%*
СОПК(мг/мл)	112,6 $\pm$ 1,86	108,7 $\pm$ 1,14* -3,6%	117,3 $\pm$ 3,78* +7,6%
СПКmax(мг/мл)	418,3 $\pm$ 2,18	336,5 $\pm$ 2,80 -19,6%*	396,6 $\pm$ 3,12 +15,2%*
СПКmin(мг/мл)	193,1 $\pm$ 2,22	119,1 $\pm$ 2,82 -38,3%*	161,4 $\pm$ 2,98 +26,1%*
ПИК (мг/мл)	225,2 $\pm$ 2,20	217,4 $\pm$ 2,86* -3,6%	235,2 $\pm$ 3,10* +8,2%
КГИ	3,07 $\pm$ 0,32	3,39 $\pm$ 0,18	3,24 $\pm$ 0,54

*p < 0,05

При оценке результатов комплексного лучевого исследования позвоночного столба в зависимости от степени выраженности дистрофических изменений передней продольной связки выявлены следующие особенности (Табл. 5, Рис. 7, 8).

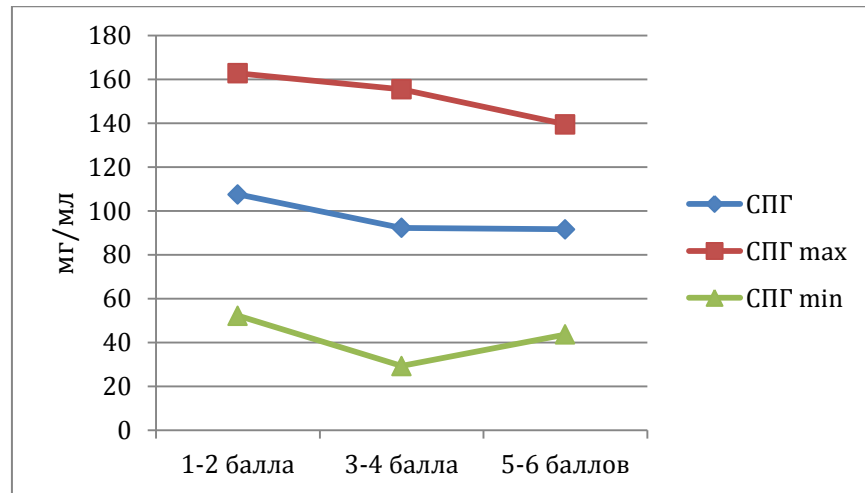


Рис. 7. Изменение показателей губчатой кости при дистрофических изменениях передней продольной связки (мг/мл)

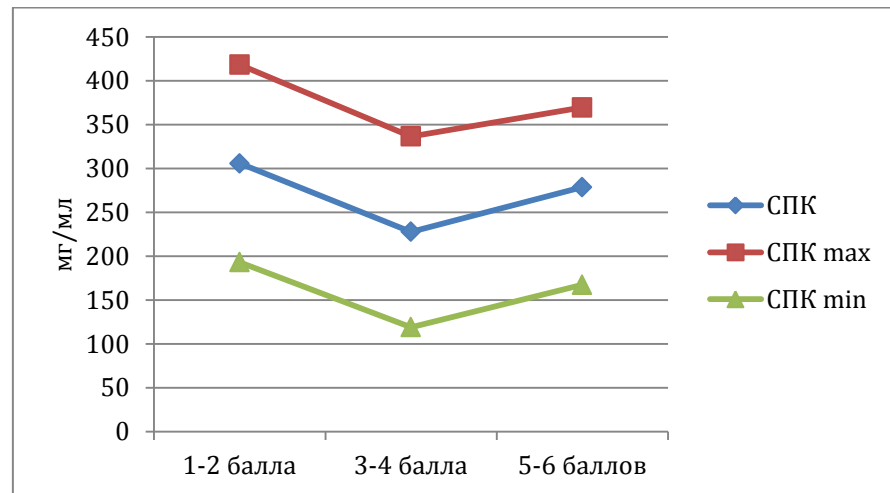


Рис. 8. Изменение показателей кортикальной кости при дистрофических изменениях передней продольной связки (мг/мл)

1. По данным абсорбциометрического исследования, при наиболее выраженных дистрофических изменениях передней продольной связки определяется снижение минеральной плотности как губчатой, так и кортикальной кости с сокращением плотностного интервала губчатой ткани без снижения КГИ.

2. При наибольших дистрофических изменениях, связанных с состоянием передней продольной связки, выявлено достоверное увеличение частоты умеренных и выраженных деформационных изменений тел позвонков, а также распространенности рентгеновских признаков остеопении и остеопороза. По всей вероятности, остеопения приводит к появлению минимальных и умеренных деформационных изменений тел позвонков переднего клиновидного характера, которые у ряда пациентов стимулируют

переднюю продольную связку, что, приводит к развитию распространенных костных разрастаний, характерных для болезни Форестье.

В целом, по нашему мнению, есть основание предполагать наличие патогенетической взаимосвязи между снижением минеральной плотности кости с одной стороны и распространенными дистрофическими изменениями передней продольной связки с другой.

Таким образом, в ходе работы по данным комплексного лучевого исследования удалось определить важные отличительные особенности проявлений дистрофических изменений позвоночного столба различного характера в зависимости от величины минеральной плотности кости. Основные сводные показатели символически с учетом степени изменений по сравнению со средними данными представлены в таблице 6.

Таблица 6

Результаты абсорбциометрического, рентгеноморфометрического и рентгенодиагностического исследований позвоночного столба при различных видах дистрофических изменений

	Возрастные проявления	Снижение МПК	Степень дистрофических изменений межпозвонковых дисков	Степень дистрофических изменений передней продольной связки
Абсорбциометрическое исследование				
СПГ	--	---	0	-
СОПГ	-	--	+	0
СПГ(max)	-	--	0	-
СПГ(min)	--	---	0	-
ПИГ	-	--	+	0
СПК	-	-	++	0
СОПК	+	-	+	0
СПК(max)	0	--	++	0
СПК(min)	-	--	+	0
ПИК	++	-	++	+
КГИ	-	+++	-	-
Рентгеноморфометрическое исследование				
-1-2,9 SD	0	+	0	0
3+ SD	-	+++	-	+
ИРПП	0	0	0	0

Продолжение таблицы 6

	Возрастные проявления	Снижение МПК	Степень дистрофических изменений межпозвонковых дисков	Степень дистрофических изменений передней продольной связки
СПР	0	++	0	+
СМР	0	+	0	0
МПП	0	+	0	0
Рентгенодиагностическое исследование				
РД	+	+	-	-
ОХ	0	0	+++	++
СП	0	0	+	++
БФ	+	+	0	+++

- уменьшение по сравнению с общими средними данными

+ увеличение по сравнению с общими средними данными

0 – отсутствие изменений по сравнению с общими средними данными

Выводы

1. Предложенные и использованные методические приемы оценки результатов абсорбциометрического, рентгеноморфометрического и рентгенодиагностического исследований позвоночного столба позволяют объективно оценить состояние минеральной плотности кости с учетом количественных и некоторых качественных ее состояний, характер и распространенность признаков дистрофических изменений межпозвонковых дисков и передней продольной связки у женщин различного возраста.

2. Возрастные изменения позвоночного столба у женщин сопровождаются развитием закономерного комплекса дистрофических изменений: неравномерным для компактной и губчатой костной ткани снижением минеральной плотности (на 22,1% и 51,2 % соответственно ($p < 0,05$)) с изменением качества этих компонентов кости в виде изменения плотностного интервала противоположного характера (снижение для губчатой кости на 15,4% и увеличение для кортикальной на 18,4% ($p < 0,05$)), умеренным увеличением распространенности локальных дистрофических изменений межпозвонковых дисков и распространенных изменений передней продольной связки без сужения межпозвонковых пространств.

3. Патологическое снижение костной массы в виде остеопении и остеопороза связано с выраженным уменьшением минеральной плотности кости, более

существенным в губчатом ее компоненте, со значительным снижением качества костной ткани, как губчатого, так и компактного ее компонентов в виде уменьшения плотностного интервала на 35% и 11,2% соответственно ($p < 0,05$), распространенными умеренными и выраженными деформационными изменениями тел позвонков остеопенической природы, увеличением частоты распространенных дистрофических изменений передней продольной связки.

4. Дистрофические изменения межпозвонковых дисков по типу остеохондроза сопровождаются увеличением минеральной плотности кортикальной кости (на 15% для губчатой и 15,2% для кортикальной ($p < 0,05$)) с изменением качества как губчатой, так и кортикальной костной ткани по склеротическому типу (увеличение плотностного интервала на 32% для губчатой и на 15,5% для кортикальной ($p < 0,05$)), увеличением частоты умеренных распространенных дистрофических изменений передней продольной связки по типу болезни Форестье.

5. Распространенные изменения передней продольной связки дистрофической природы связаны с уменьшением минеральной плотности губчатой кости, сопровождающимся некоторым снижением ее качества за счет снижения плотностного интервала на 13,4% ($p < 0,05$), с распространенными умеренными и выраженными деформационными изменениями тел позвонков остеопенической природы.

Практические рекомендации

1. При выявлении увеличения рентгеновской прозрачности тел позвонков по данным рентгенографии, или при наличии распространенных дистрофических изменений передней продольной связки по типу болезни Форестье, необходимо проводить рентгеноморфометрическое исследование размеров и формы тел позвонков с целью диагностики «малых деформаций». При определении симптома «выравнивания размеров» у 7 и более соседних позвонков или симптома «парадоксальных размеров» тел необходимо проведение абсорбциометрического исследования.

2. При умеренных и выраженных дистрофических изменениях позвоночного столба по типу остеохондроза или при признаках болезни Форестье с вовлечением сегментов поясничного отдела, с целью объективного определения минеральной плотности кости, для исключения влияния на результат двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии плотности кортикальной кости и костных разрастаний, рекомендуется использовать количественную рентгеновскую компьютерную

томографию с анализом плотностного интервала губчатой кости в зоне измерения. В случае значения плотностного интервала губчатой кости 82 мг/мл и менее, состояние костной ткани следует рассматривать как патологическое, вызванное выраженной остеопенией или остеопорозом.

3. Сокращение плотностных интервалов губчатой и кортикальной кости при динамическом анализе количественной компьютерной томографии должно рассматриваться как тенденция к формированию остеопении и остеопороза.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Работы, опубликованные в журналах, рекомендуемых ВАК.

1. Волков, А. А. Рентгеновская морфометрия межпозвонковых пространств позвоночного столба в норме и при дистрофических изменениях межпозвонковых дисков / А. А. Волков, Н. Н. Белосельский, Ю. Н. Прибытков // **«Вестник рентгенологии и радиологии»**. -2015. -№3. -С. 23-30.

2. Волков, А. А. Абсорбциометрическая оценка некоторых количественных и качественных характеристик костной ткани при снижении минеральной плотности кости / А. А. Волков, Н. Н. Белосельский // **Остеопороз и остеопатии**. -2015. -№2. -С. 3-5.

3. Волков, А. А. Рентгеновские признаки дистрофических изменений позвоночного столба в условиях нормальной и сниженной минеральной плотности кости / А. А. Волков, Н. Н. Белосельский // **Российский электронный журнал лучевой диагностики**. -2016. -№1. -С. 55-64.

4. Волков А. А. Особенности дистрофических изменений передней продольной связки у женщин в зависимости от величины минеральной плотности кости / А. А. Волков, Н. Н. Белосельский // **Остеопороз и остеопатии: тезисы докл. Росс. конгр. по остеопорозу, остеоартрозу другим метаболическим заболеваниям скелета (РКОО) (Казань 8-10 сент. 2016г.)**. -2016. №2. -С. 38.

5. Волков, А. А. Особенности состояния минеральной плотности кости по данным количественной рентгеновской компьютерной томографии у женщин в зависимости от возраста / А. А. Волков, Н. Н. Белосельский // **Остеопороз и остеопатии: тезисы докл. Росс. конгр. по остеопорозу, остеоартрозу другим метаболическим заболеваниям скелета (РКОО) (Казань 8-10 сент. 2016 г.)**. -2016. №2. -С. 38.

6. Волков, А. А. Особенности дистрофических изменений межпозвонковых дисков у женщин в зависимости от величины минеральной плотности кости / А. А. Волков, Н. Н. Белосельский // Остеопороз и остеопатии: тезисы докл. Росс. конгр. по остеопорозу, остеоартрозу другим метаболическим заболеваниям скелета (РКОО) (Казань 8-10 сент. 2016 г.). -2016. №2. -С. 41.

7. Волков, А. А. Рентгеновские признаки дистрофических изменений позвоночного столба в условиях нормальной и сниженной минеральной плотности кости у женщин / А. А. Волков // Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием "Актуальные вопросы медицинской науки". - Ярославль. -2016г. - С. 214.

8. Волков, А. А. Некоторые дистрофические изменения позвоночного столба у женщин в зависимости от величины минеральной плотности кости / А. А. Волков //Материалы IV съезда врачей лучевой диагностики СФО. -Омск.-2016г. -С. 38-40.

9. Волков, А. А. Качество костной ткани по данным количественной рентгеновской компьютерной томографии при различной величине минеральной плотности кости / А. А. Волков. Н. Н. Белосельский // **Медицинская визуализация**. -2019. -Т. 23. -№1. С 106-111.