

С.А. Фоминых, В.Э. Янковский, Ю.А. Высоцкий, Г.Н. Бородина

## МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНВОЛЮТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ГУБЧАТОГО ВЕЩЕСТВА ЛУЧЕВОЙ КОСТИ ДЛЯ СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА

ГБОУ ВПО «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России, Барнаул, Россия

Авторами проведена морфологическая оценка губчатого вещества дистального отдела лучевой кости от I периода зрелого возраста до старческого. При визуальном исследовании выявлены закономерные инволютивные изменения губчатого вещества в разных возрастных группах. При фотоколориметрическом исследовании установлено статистически значимое увеличение показателей светопропускания с возрастом, обусловленное нарастанием сенильного остеопороза. Полученные при исследовании данные могут быть использованы для судебно-медицинской идентификации возраста человека.

**Ключевые слова:** костная ткань, остеопороз, возраст

## MORPHOLOGICAL ESTIMATION OF CHANGES IN CANCELLOUS RADIIUS BONE FOR FORENSIC AGE DETERMINATION

S.A. Fominykh, V.E. Yankovskiy, Y.A. Vysotskiy, G.N. Borodina

Altai State Medical University, Barnaul, Russia

Visual researches showed that the cancellous bone of the distal radius has significant morphological changes with the increase of years. Revealed structural changes of cancellous bone allows to differentiate the age of an object and to direct a medical expert towards the proposed age group at the identification study. As a result of photocolorimetric research of involution changes of cancellous bone of the distal radius we found statistically significant increase of light transmission with the increase of years which is associated with an increase of osteoporosis. The correlation coefficient ranged from 0,63 to 0,80. On the basis of these data mathematical models that allow to determine the person's age in the forensic identification researches of the distal radius were developed (standard mean square error in determination of the age was from 6,6 to 8,2 years).

**Key words:** bone tissue, osteoporosis, age

Возрастная изменчивость костей скелета человека является актуальной проблемой медицины, так как в пожилом и старческом возрасте это приводит к увеличению количества переломов, а также является основой многих методов определения возраста [10, 11, 12, 13, 14]. Согласно мнению многочисленных исследователей [3, 4, 8, 12, 14], костная ткань отражает общие процессы развития организма и является информативным показателем биологического возраста.

Одним из признаков старения костной ткани считается остеопороз, который, по данным ВОЗ, как причина инвалидности и смертности больных занимает 4-е место вслед за сердечно-сосудистыми, онкологическими заболеваниями и сахарным диабетом. При остеопорозе кости теряют свою прочность, становятся хрупкими и мягкими. Наибольшие изменения происходят в трабекулярной кости, которая имеет меньшую плотность, в сравнении с компактной, и большую активную поверхность [13], что делает ее чувствительной к потере костного вещества [15].

Известно несколько частей скелета, где остеопороз развивается раньше – так называемые костные «мишени», или маркеры остеопороза, одним из которых является дистальный отдел лучевой кости, где в пожилом и старческом возрасте происходит увеличение числа переломов [1, 2, 6, 7].

В судебной медицине актуальность изучения инволюции костной ткани объясняется необходимостью проведения идентификационных исследований при массовых катастрофах,

расследовании преступлений с использованием сокрытия их следов (например, расчленение трупов) и др., когда объектами экспертизы могут явиться не только части трупа, но и фрагменты отдельных костей.

**Цель исследования:** выявить морфологические закономерности возрастной изменчивости губчатого вещества дистального отдела лучевой кости с использованием визуального и фотоколориметрического исследований для улучшения судебно-медицинского определения возраста человека.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выполнения поставленной цели исследовали губчатое вещество в 161 лучевой кости, взятых от трупов людей. Все объекты наблюдения были распределены на возрастные группы (таблица 1) в соответствии с классификацией, принятой на VII Всесоюзной конференции по возрастной морфологии, физиологии и биохимии (Москва, 1965).

Набор материала производили в соответствии с закрепленной в законодательстве «презумпцией согласия» на изъятие органов (ст. 8 ФЗ РФ «О трансплантации органов и (или) тканей человека» от 20.06.2000 г.) и ФЗ РФ «О погребении и похоронном деле» в редакции от 26.06.2007 г. При работе с трупным материалом придерживались принципов конфиденциальности и медицинской этики.

При изучении возрастных изменений губчатого вещества лучевой кости применили анатомо-морфологический, фотоколориметрический и вариационно-статистический методы. Для этого из дистального отдела лучевой кости перпендикулярно ее длинной оси, отступив от края запястной суставной поверхности 3–4 мм, выпиливали по 5 костных пластинок толщиной около 3 мм. Затем струей горячей воды удаляли костный жир, пластинки высушивали при комнатной температуре. Визуальную оценку губчатого вещества проводили с использованием непосредственной микроскопии (МБС-9, увеличение 10–32×).

Количественную характеристику возрастных изменений губчатого вещества определяли фотоколориметрическим методом, предложенным Э.Р. Эрлихом. Зависимость показателей светопропускания от возраста индивида изучали с помощью фотоколориметра «КФК-3», принцип работы которого основан на сравнении светового потока, прошедшего через контрольную среду (воздух), со световым потоком, прошедшим через губчатое вещество костных пластинок.

Костные пластинки устанавливали перпендикулярно лучу света при помощи передвижного столика производили измерения коэффициента светопропускания губчатого вещества в одинаковых участках каждой пластинки. Количество измеряемых участков составило: на срезах лучевой кости I и II уровня – по 5, III уровня – 4, IV уровня – 3, V уровня – 2. Среднюю величину светопропускания губчатого вещества для всего дистального отдела лучевой кости рассчитывали как среднеарифметическое значение всех измерений в указанных зонах.

Статистическая обработка результатов исследования была проведена с использованием программы Excel из пакета Microsoft Office 2003, с вычислением точечных характеристик рядов в возрастных группах. Для описания взаимосвязи показателей светопропускания с возрастом индивида использован коэффициент корреляции. Математические модели определения возраста строили на основании формул парной линейной и полиномиальной регрессий. При анализе количественных признаков рассчитывали средние величины и стандартные ошибки, стандартные отклонения и доверительный 95%-й интервал. Значимость различий, полученных данных в возрастных группах, оценивали при помощи параметрического метода – t-критерия Стьюдента, предназначенного для анализа данных, имеющих нормальное распределение. Значения при  $p < 0,05$  рассматривали как статистически значимые [5].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования установлено, что в губчатом веществе дистального отдела лучевой кости на распилах в горизонтальной плоскости у лиц I группы зрелого возраста (21–35 лет) определяется равномерное распределение балок по всей площади срезов. Губчатое вещество костей в этой группе имеет мелкоячеистую структуру с ячейками округлой или овальной формы (рис. 1).

Во II группе зрелого возраста (с 35–36 лет) на срезах I–III уровней, преимущественно в центральной части губчатого вещества, наблюдается некоторое истончение и разрежение балок, увеличение ячеек. В периферических участках костных пластинок IV и V уровней появляются «ядра разрежения», что

Таблица 1

Распределение наблюдений по возрастным группам

Возрастные группы	Зрелый возраст I		Зрелый возраст II		Пожилой возраст		Старческий и долгожители		Общее количество	
	М 22–35	Ж 21–35	М 36–60	Ж 36–55	М 61–74	Ж 56–74	М > 75	Ж > 75	М	Ж
Количество наблюдений	23	10	33	23	19	24	11	18	86	75

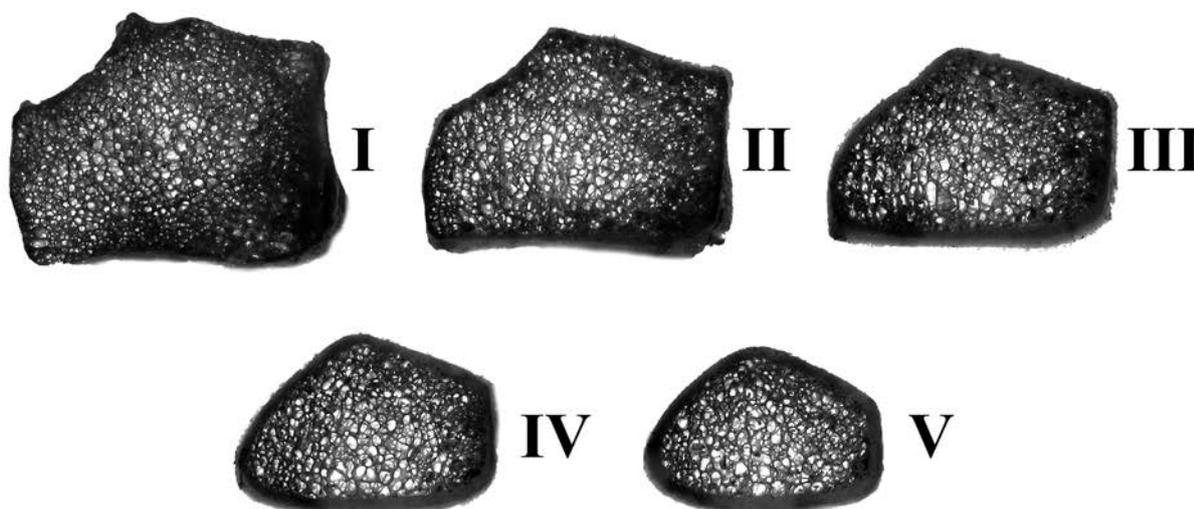


Рис. 1. Ж., 28 лет. Губчатое вещество дистального отдела лучевой кости (I–V уровни).

расценено как начальные проявления остеопороза. Но при этом тотального истончения костных балок не наблюдали (рис. 2).

В пожилом возрасте (с 56–61 года) во всех срезах исследуемой трабекулярной кости выявляется неравномерность распределения губчатого вещества. Обнаруживаются множественные «ядра разрежения», располагающиеся на срезах I и II уровней, преимущественно в центральной части, а на костных пластинках III–V уровней – как в центральных, так и в периферических участках. Кроме того, на срезах IV и V уровней наблюдается резкая истонченность костных балок, которые внешне напоминают «паутину» (рис. 3).

В губчатом веществе дистального отдела лучевой кости лиц возрастных групп старше 75 лет (старческая и долгожители), на срезах I–V уровней, обнаруживается тотальное истончение и разрежение костных балок, нарастающее к пластинке V уровня, и, как результат, значительное увеличение ячеек, наиболее выраженное в центральной части срезов. Губчатое вещество в этом возрасте имеет множественные полости вплоть

до обширных дефектов, наиболее выраженных в костных пластинках III–V уровней. В отдельных наблюдениях балки имеют вид «волосков», фиксированных к передней и задней поверхностям кости (рис. 4).

Таким образом, визуальное исследование показало, что губчатое вещество дистального отдела лучевой кости с возрастом претерпевает значительные морфологические изменения. Выявленные структурные изменения трабекулярной кости позволяют провести возрастную дифференцировку объекта и могут ориентировать судебно-медицинского эксперта в отношении предполагаемой возрастной группы при проведении идентификационных исследований.

В результате фотоколориметрического исследования инволютивных изменений губчатого вещества дистального отдела лучевой кости установлено статистически значимое (t-критерий Стьюдента;  $p < 0,05$ ) увеличение показателей светопропускания с возрастом (табл. 2), обусловленное нарастанием остеопороза. При этом коэффициенты корреляции находились в интервале от 0,63 до 0,80.

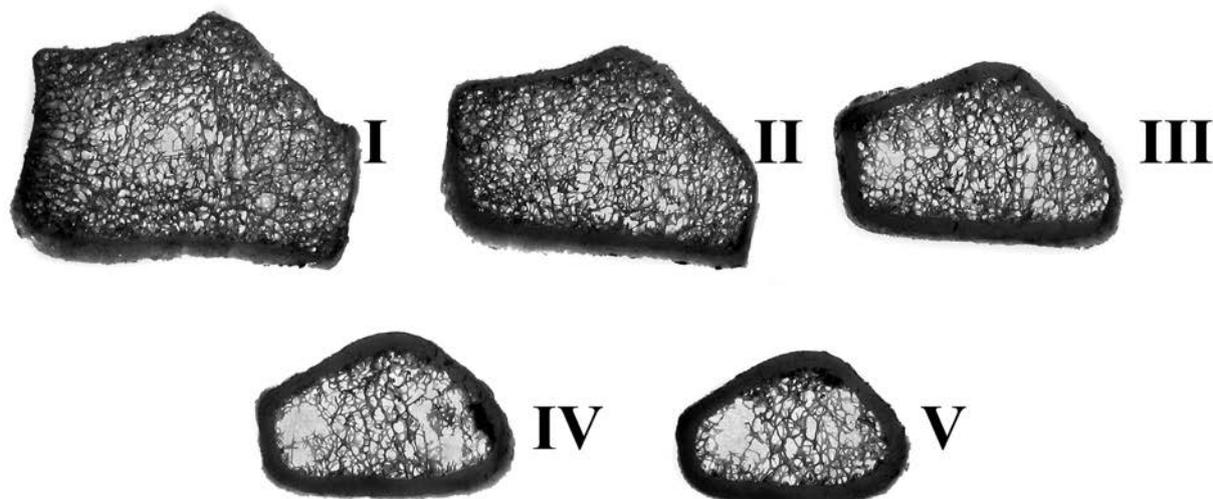


Рис. 2. Ж., 44 года. Губчатое вещество дистального отдела лучевой кости (I–V уровни).

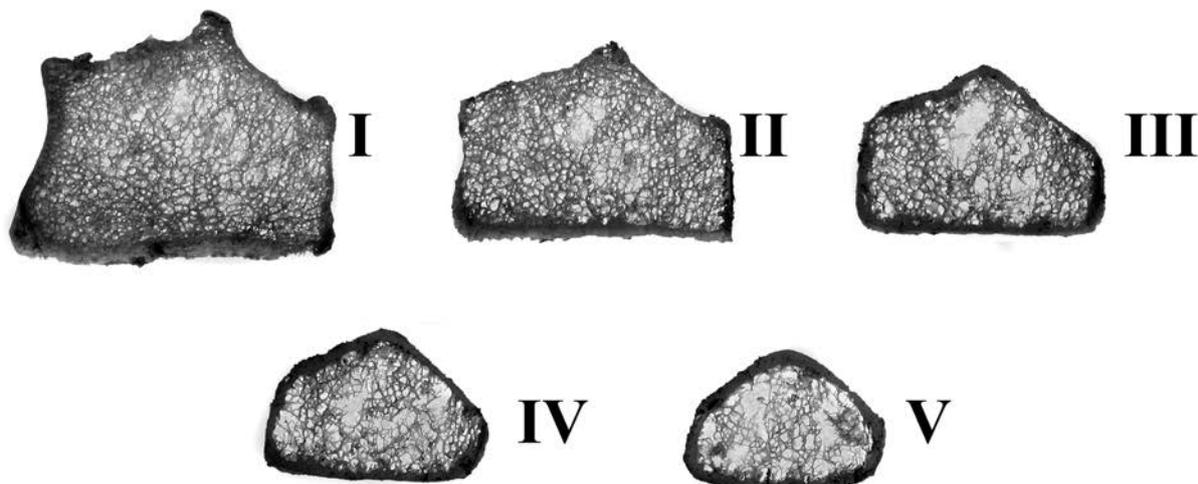


Рис. 3. Ж., 61 год. Губчатое вещество дистального отдела лучевой кости (I–V уровни).

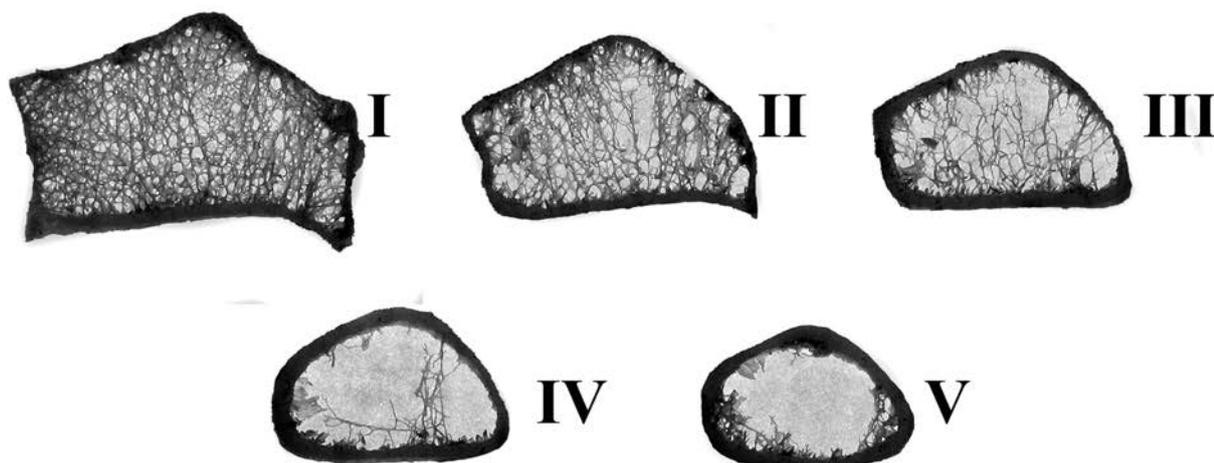


Рис. 4. Ж., 80 лет. Губчатое вещество дистального отдела лучевой кости (I–V уровни).

Таблица 2  
Средние величины ( $M \pm m$ ) светопропускания (%) губчатого вещества дистального отдела лучевой кости

Уровень	Зрелый возраст I		Зрелый возраст II		Пожилой возраст		Старческий и долгожители	
	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж
Срез I уровня	9,60 ± 0,97	11,50 ± 1,87	13,10 ± 1,14	20,10 ± 1,26	19,99 ± 2,10	23,74 ± 2,26	27,62 ± 2,72	24,75 ± 3,83
Срез II уровня	10,82 ± 2,85	16,21 ± 2,20	14,10 ± 1,00	21,35 ± 1,82	21,88 ± 1,02	28,44 ± 2,56	29,92 ± 4,82	33,15 ± 1,62
Срез III уровня	11,68 ± 1,07	18,65 ± 2,21	18,39 ± 1,85	25,09 ± 1,43	25,57 ± 2,16	42,65 ± 4,07	33,40 ± 3,47	47,75 ± 3,18
Срез IV уровня	14,89 ± 1,36	24,16 ± 3,82	22,44 ± 2,84	35,15 ± 3,39	38,55 ± 5,01	54,93 ± 5,73	42,44 ± 5,27	63,00 ± 4,47
Срез V уровня	18,19 ± 2,27	28,06 ± 4,76	33,79 ± 5,79	42,58 ± 5,41	51,44 ± 6,39	67,01 ± 4,95	58,06 ± 5,37	80,10 ± 4,12
Дистальный отдел лучевой кости	13,04 ± 1,10	19,72 ± 2,79	20,36 ± 2,36	28,85 ± 2,14	31,49 ± 3,03	43,35 ± 3,08	38,29 ± 3,8	49,75 ± 2,28

Вышеуказанные данные свидетельствуют о том, что полученные в ходе исследования показатели светопропускания губчатого вещества дистального отдела лучевой кости имеют высокую связь с возрастом индивида и их можно использовать в судебно-медицинских идентификационных экспертизах.

На основе парной линейной и полиномиальной регрессий были построены математические модели определения возраста по коэффициентам светопропускания, где за ошибку регрессии принимается среднее квадратическое отклонение. Точность уравнений для дистального отдела лучевой кости составила от  $\pm 6,6$  лет до  $\pm 8,2$  лет у женщин и от  $\pm 6,7$  лет до  $\pm 8,2$  лет у мужчин.

**ЛИТЕРАТУРА  
REFERENCES**

1. Беневоленская Л.И., Лесняк О.М. Остеопороз. Диагностика, профилактика и лечение. Клинические рекомендации. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 176 с.  
Benevolenskaya LI, Lesnyak OM (2007). Osteoporosis. Diagnostics, prevention and treatment. Clinical recommendation [Osteoporoz. Diagnostika, profilaktika i lechenie. Klinicheskie rekomendacii], 176.  
2. Воложин А.И., Оганов В.С. Остеопороз. – М.: Практическая медицина, 2005. – 238 с.  
Volozhin AI, Oganov VS (2005). Osteoporosis [Osteoporoz], 176.

3. Зинин А.М., Подволоцкий И.Н. Габитоскопия: учебное пособие. – М.: Изд-во «Юрлитинформ», 2006. – 192 с.  
Zinin AM, Podvolotskiy IN (2006). Habitoscopy: tutorial [Gabitoskopiya: uchebnoe posobie], 192.  
4. Иванов П.Л., Заяц М.В. Разработка молекулярно-генетических идентификационных комбинированных систем «пол / генотип» на основе локусов амелогенина, HLA-DQA1 и системы Polymarker™ // Молекулярная биология. – 1997. – № 3. – С. 557–563.  
Ivanov PL, Zayats MV (1997). Development of molecular and genetic identification combined systems “gender / genotype” on the basis of amelogenin locus, HLA-DQA1 and Polymarker™ systems [Razrabotka molekularno-geneticheskikh identifikacionnykh kombinirovannykh sistem «pol / genotip» na osnove lokusov amelogenina, HLA-DQA1 i sistemy Polymarker™]. *Molekuljarnaja biologija*, 3, 557-563.  
5. Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биол. спец. вузов; 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.  
Lakin GF (1990). Biometrics: manual for biological specialists of the universities [Biometrija: uchebnoe posobie dlja biol. spec. vuzov; 4-e izd., pererab. i dop], 352.  
6. Марова Е.И. Остеопороз // Здоровье. – 1995. – № 9. – С. 24.  
Marova EI (1995). Osteoporosis [Osteoporoz]. *Zdorov'e*, 9, 24.

7. Михайлов Е.Е., Беневоленская Л.И., Аникин С.Г. Частота переломов проксимального отдела бедренной кости и дистального отдела предплечья среди городского населения России // *Остеопороз и остеопатии*. – 1999. – № 3. – С. 2–6.

Mikhaylov EE, Benevolenskaya LI, Anikin SG (1999). Frequency of fractures of proximal femur and distal forearm among the urban population of Russia [Chastota perelomov proksimal'nogo otdela bedrennoj kosti i distal'nogo otdela predplech'ja sredi gorodskogo naselenija Rossii]. *Osteoporoz i osteopatii*, 3, 2-6.

8. Найнис Й.-В.Й. Идентификация личности по проксимальным костям конечностей. – Вильнюс: Минтис, 1972. – 158 с.

Naynis YVY (1972). Personal identification by the proximal limb bones [Identifikacija lichnosti po proksimal'num kostjam konechnostej], 158.

9. Неклюдов Ю.А. Экспертная оценка возрастных изменений скелета верхней конечности. – Саратов: Саратовский мед. институт, 1992. – 124 с.

Neklyudov YA (1992). Expert assessment of age-related changes of the skeleton of the upper limb [Jekspertnaja ocenka vozrastnyh izmenenij skeleta verhnej konechnosti], 124.

10. Ряховский М.А., Хайруллин Р.М., Ермоленко А.С., Митченко И.В. Возрастная динамика морфологических показателей костей стопы человека по данным рентгеноостеометрии // *Российский медико-биологический вестник им. акад. И.П. Павлова*. – 2009. – № 2. – С. 33–39.

Ryakhovskiy MA, Khayrullin RM, Ermolenko AS, Mitchenko IV (2009). Age dynamics of morphological indicators of human foot bones according to the data from radioosteometry [Vozrastnaja dinamika morfoloicheskih pokazatelej kostej stopy cheloveka po dannym rentge-

noosteometrii]. *Rossijskij mediko-biologicheskij vestnik im. akad. I.P. Pavlova*, 2, 33-39.

11. Янковский В.Э., Пятчук С.В. Возможности определения возраста при исследовании спонгиоза бедренной и большеберцовой костей // *Вопросы теоретической и прикладной морфологии: сб. науч. работ*. – Барнаул, 1997. – С. 124–127.

Yankovskiy VE, Pyatchuk SV (1997). Possibilities of age determination at the study of femur and tibia spongiosis [Vozmozhnosti opredelenija vozrasta pri issledovanii spongiozy bedrennoj i bol'shebercovoj kostej]. *Voprosy teoreticheskoj i prikladnoj morfologii: sb. nauch. rabot*, 124-127.

12. Янковский В.Э., Фоминых С.А., Пивоваров С.А. Возможности судебно-медицинского определения возраста по инволютивным изменениям спонгиоза дистального метаэпифиза лучевых костей // *Медицинская экспертиза и право*. – 2011. – № 3. – С. 17–18.

Yankovskiy VE, Fominykh SA, Pivovarov SA (2011). Possibilities of forensic age determination by involutive changes of spongiosis of distal metaepiphysis of radial bone [Vozmozhnosti sudebno-medicinskogo opredelenija vozrasta po involjutivnym izmenenijam spongioza distal'nogo metajepifiza luchevyh kostej]. *Medicinskaja jekspertiza i pravo*, 3, 17-18.

13. Frost HM (1972). Postmenopausal osteoporosis: the evolution of our concepts of its cause. *Henry Ford Hosp. Med. J.*, 20, 83-90.

14. Hansen GD (1954). Altersbestimmung am proximalen Humerus- und Femurende im Rachmen der Identifizierung menschlicher Sceletreste. *Wissenschafte. Ztschr. d. Humboldt-Universitat zu Berlin*, 234.

15. Lord SR, Sinnen PF (1986). Femoral neck fractures: admissions, bed use, outcome and projections. *Med. J. Austr.*, 145, 493-496.

#### Сведения об авторах Information about the authors

**Фоминых Сергей Анатольевич** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры судебной медицины и права с ФПК и ППС имени профессора В.Н. Крюкова ГБОУ ВПО «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России (656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 40; тел.: +7 (3852) 38-08-80; e-mail: fominykh99@yandex.ru)

**Fominykh Sergey Anatoljevich** – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Forensic Medicine and Law with Faculty of Advanced Training and Professional Retraining of Specialists named after V.N. Kryukov of Altai State Medical University (656038, Barnaul, pr. Lenin, 40; tel.: +7 (3852) 38-08-80; e-mail: fominykh99@yandex.ru)

**Янковский Владимир Эдуардович** – доктор медицинских наук, профессор кафедры судебной медицины и права с ФПК и ППС имени профессора В.Н. Крюкова ГБОУ ВПО «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России (e-mail: yankovskiy-sme@yandex.ru)

**Yankovskiy Vladimir Eduardovich** – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Forensic Medicine and Law with Faculty of Advanced Training and Professional Retraining of Specialists named after V.N. Kryukov of Altai State Medical University (e-mail: yankovskiy-sme@yandex.ru)

**Высоцкий Юрий Александрович** – доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии ГБОУ ВПО «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России (e-mail: visotskii\_\_@mail.ru)

**Vysotskiy Yuri Aleksandrovich** – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Anatomy of Altai State Medical University (e-mail: visotskii\_\_@mail.ru)

**Бородина Галина Николаевна** – доктор медицинских наук, заведующая кафедрой анатомии ГБОУ ВПО «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России (e-mail: borodina.g.agmu@gmail.com)

**Borodina Galina Nikolaevna** – Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Anatomy of Altai State Medical University (e-mail: borodina.g.agmu@gmail.com)