

УДК 616.71-616-003.663.4-576.2-018

## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ КРОЛИКА ПОСЛЕ СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ФЛЮОРОЗА

**Ю.А. Барабаш** – ФГУ Саратовский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Росмедтехнологий, ведущий сотрудник отдела новых технологий в травматологии, доктор медицинских наук; **А.А. Барабаш** – начальник медицинской службы УФСБ по Саратовской области, кандидат медицинских наук; **В.Н. Кармазов** – ФГУ Саратовский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Росмедтехнологий, аспирант. E-mail: sarniito@yandex.ru

## STRUCTURAL FEATURES OF RABBIT SHIN-BONE AFTER FLUOROSIS EXPERIMENTAL MODEL CREATION

**Yu.A. Barabash** – *Saratov Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Department of New Technologies in Orthopedics, Chief Research Assistant, Doctor of Medical Science*; **A.A. Barabash** – *Head of Medical Service in Saratov Region, Candidate of Medical Science*; **V.N. Karmazov** – *Saratov Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Department of New Technologies in Orthopedics, Post-graduate*. E-mail: sarniito@yandex.ru

**Ю.А. Барабаш, А.А. Барабаш, В.Н. Кармазов, Саратовский научно-медицинский журнал, 2009, том 5, №1, с. 17-20**

Воздействие экологических факторов и хронических интоксикаций организма не учитывается при лечении повреждений костей. Наиболее значимые изменения в костной ткани возникают при фтористой интоксикации, что сопровождается структурными изменениями костей. Исследование позволило выявить основные структурные изменения наиболее и наименее изменяемой по минеральной плотности схожих зон большеберцовой кости кролика при флюорозе.

**Ключевые слова:** фтористая интоксикация, минеральная плотность, структура кости.

**Yu.A. Barabash, A.A. Barabash, V.N. Karmazov, Saratov Journal of Medical Scientific Research, 2009, vol. 5, №1, p. 17-20**

Impact of ecological factors and chronic intoxications on an organism is not accounted in treatment of bone injuries. The more significant osseous tissue modifications arise in case of fluorine intoxication accompanied by structural bone modifications. The main structural changes of more and less variability by mineral density of similar shin-bone zones of rabbit at fluorosis have been revealed in the research.

**Key words:** fluorine intoxication, mineral density, bone structure.

Одной из главных причин неудовлетворительных результатов лечения повреждений костей и ортопедических заболеваний опорно-двигательного аппарата является несоблюдение "комплекса условий для заживления переломов". С другой стороны, механический подход к остеогенезу, без учета особенностей жизнедеятельности костной ткани, неизбежно приводит к неблагоприятным исходам. На наш взгляд, особое внимание нужно уделить неблагоприятному воздействию различных экологических факторов, устранить которые врачу в процессе лечения пострадавшего невозможно. Данная проблема является наиболее актуальной для жителей эндемичных районов и территорий с техногенным прессом крупных заводов. Наибольшее внимания по результатам воздействия на организм человека заслуживают фториды, обладающие тропностью к соединительной ткани (СТ). Фтор в больших дозах оказывает неблагоприятное влияние на органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, железы внутренней секреции, нервную систему и опорно-двигательный аппарат. В литературе накоплен большой материал по изучению влияния фтора на различные системы организма. Менее других освещён вопрос о влиянии фтора на опорно-двигательный аппарат. Большая часть опубликованных работ посвящена рентгенологическому выявлению изменений в костях под влиянием фтора [5].

Фториды действуют преимущественно на формирование кости и приводят к увеличению её объёма и толщины. Продолжительное воздействие фторидов вызывает своеобразные гистологические изменения костной ткани, что приводит как бы к возвращению остеогенеза к менее совершенному, но эволюционно предопределённому этапу его дифференцировки. Фториды быстро оседают в костях, где изоморфно замещают гидроксильные ионы в оксипатите с образованием менее растворимых кристаллов фторапатита. Новообразованный остеоидный матрикс остаётся слабо минерализованным, а дефектная минерализация матрикса требует определенного лечения.

Для характеристики сущности фтористой остеопатии предлагается понятие "атавистического остеогенеза", что по структурным изменениям близко к несовершенному остеогенезу. Далеко зашедшие случаи нарушенного остеогенеза, сопровождающиеся качественными изменениями костного матрикса, измененным характером обратных связей между коллагеном и остеобластами, дефектом минерализации несовершенных коллагеновых структур, уменьшением массы костной ткани, могут обнаруживаться и при рентгенологическом обследовании [2, 4, 6].

Очевидно, что только комплексный подход к изучению жизнедеятельности костной ткани в условиях хронической интоксикации соединениями фтора поможет охарактеризовать основные гомеостатические параметры при репаративной регенерации кости [3].

**Целью** нашего исследования являлось изучение структурных изменений костной ткани под воздействием хронической интоксикации фторидом натрия (NaF). Данная задача решалась изучением качественных и количественных показателей после хронической фтористой интоксикации.

**Материалы и методы.** Для подтверждения создания экспериментальной модели флюороза нами проведены аналогичные денситометрические измерения минеральной плотности костной ткани (МПКТ) у 36 кроликов до и после четырехмесячной хронической интоксикации фторидом натрия через питьевую воду в дозе 18 мг/кг веса в сутки. Денситометрию (исследование минеральной плотности костной ткани) проводили на рентгеновском костном денситометре серии DPX с приставкой PIXI (LUNAR Corporation, США) и обработкой полученных данных в интегрированной системе с персональным компьютером, зарегистрированной в Министерстве здравоохранения РФ (№ 98/233 от 17.02.1998 г.). Результаты исследований на протяжении сегмента конечности записывали в таблицы и статистически обрабатывали. Всего проанализировано 3996 измерений. В процессе исследования обнаружено неравномерное содержание минералов на протяжении сегмента конечности после интоксикации фтором, так же как и в контрольной серии, но повышенной минерализации (см. таблицу). Динамика изменения МПКТ позволяет констатировать, что после хронической интоксикации кроликов фторидом натрия зональное строение боль-

шеберцовой кости не изменялось, но происходило увеличение минеральной плотности на всем протяжении кости, в среднем на 14,67%, за исключением дистального эпифиза. Выраженное накопление минералов наблюдалось в метафизарных областях, особенно проксимальной (до 40,19%), а минимальное – в самом плотном участке диафиза (на 7%). Эпифизы менее подвержены влиянию хронической интоксикации NaF [1].

После подтверждения экспериментальной модели флюороза нами проведены сравнительные гистологические исследования костей голени кролика до начала опыта (16 кроликов) и после хронической четырехмесячной интоксикации соединениями фтора (8 кроликов).

Статистическая обработка денситометрических исследований проводилась по двум направлениям. Проверка гипотезы о равенстве выборок анализируемых признаков на основе равенства средних значений (критерий Стьюдента) и дисперсий (критерий Фишера). Все вычисления проводились с помощью персонального компьютера с программным обеспечением Microsoft Excel-7.0 и Statistica (StatSoft, Inc., 1995).

**Результаты исследования.** Наименее подверженная изменениям минеральной плотности эпифизарная область большеберцовой кости в исследуемых костях составила 6,5 мм. Суставная поверхность покрыта хрящом, который окружает компактное вещество кости (рис. 3). В толщине хряща четко разделяются три зоны: *пограничная зона*, ближе всего расположенная к эпифизу, *зона столбчатых клеток*, и прилежащая к компактному костному веществу эпифиза *зона хондроцитов*.

В структуре пограничной зоны эпифизарного хряща изменения при хронической интоксикации соединениями фтора были представлены очаговой гиперплазией хондроцитов с утолщением данной зоны и нарушением архитектоники в виде преимущественного расположения хондроцитов в составе изогенных групп (рис. 2, а). В области столбчатой зоны хряща отмечалась очаговая дискомплексация колонок с неравномерным расположением в ней изогенных групп различной формы и величины. Наиболее выраженным изменением явилось снижение числа пучкообразных клеток в третьей зоне эпифизарного хряща (рис. 2, б). В районе линии оксификации определялись немногочисленные короткие истонченные костные балки, содержавшие небольшие хондроидные участки (рис. 2, в).

Компактное вещество в области эпифиза тонкое, состоит из пластинчатой костной ткани и пронизано системой тонких канальцев. Одни канальцы идут параллельно поверхности кости или вдоль длинника кости; другие канальцы идут перпендикулярно костной поверхности, проникая через компактное вещество в толщу кости (рис. 3, а). В компактном веществе располагаются регулярно расположенные вдоль канальцев остеокиты. Под компактным веществом располагается губчатое (трабекулярное) вещество, состоящее из костных балок с ячейками между ними. В толще костных балок располагаются мономорфные одиночные остеокиты.

В целом, в компактном и губчатом костном веществе эпифизарной области после интоксикации отмечались регенераторные изменения в виде выраженной пролиферации остеобластов и остеокластов, с перестройкой костной ткани, проявлением которой являлось развитие иррегулярной пластинчатой кости с наличием линий склеивания неправильной формы, с явлениями периостеоцитарного остеолизиса и очагами лакунарной резорбции со скоплениями остеокластов в глубине костных лакун (рис. 3, б). Местами отмечалось обильное выпадение кристаллов неорганической базофильной субстанции (рис. 3, в).

Область метафиза, наиболее подверженная изменениям минеральной плотности костной ткани под воздействием хронической фтористой интоксикации,

составляла 19,5 мм. Гистологически снаружи кость покрыта надкостницей, которая покрывает компактное вещество (рис. 1, а). Надкостница представлена соединительной тканью с проходящими в ней кровеносными и лимфатическими сосудами, нервными волокнами. Микроскопически в ней выявляются два слоя (рис. 4, а). Наружный слой – волокнистый, состоящий из коллагеновых волокон, внутренний – ростковый, камбиальный, прилежит непосредственно к костной ткани. Из внутреннего слоя надкостницы образуются молодые костные клетки (остеобласты), идущие равномерно вдоль компактного вещества, откладываясь на поверхности кости, с которой надкостница прочно сращена при помощи прободающих волокон, уходящих вглубь кости.

Компактное вещество в области метафиза состоит из слабо различимых двух слоев. Наружный слой компактного вещества кости образован наружными окружающими пластинками, состоящими из минерализованных волокон коллагена. Внутренний слой кости представлен внутренними окружающими пластинками, концентрически окружающими остеокиты. Остеоны и вставочные пластинки образуют компактное корковое вещество кости. Гистологическая структура представлена пластинчатой костной тканью, пронизанной системой тонких питательных канальцев, одни из которых ориентированы вдоль длинного размера кости (гаверсовы каналы), другие, прободающие (каналы Фолькмана), располагаются перпендикулярно поверхности кости. Стенки центральных каналов образованы концентрически расположенными костными пластинками в виде тонких трубочек, вставленных одна в другую и формирующих остеон. Пространства между остеонами выполнены вставочными (промежуточными, интерстициальными) пластинками. Под компактным веществом располагается губчатое (трабекулярное) вещество, построенное из костных балок, ответвляющихся от компактного слоя в неправильном направлении. Между балками губчатого вещества располагаются ячейки. По строению губчатое вещество метафизарной области аналогично губчатому веществу эпифизарной области.

После хронической интоксикации соединением фтора гистологически определялось утолщение надкостницы за счет разрастания остеогенной фиброзной ткани в наружном слое и за счет умеренно выраженной гипертрофии внутреннего слоя, в котором определялись пролиферирующие остеобласты, располагавшиеся вдоль компактного вещества кости (рис. 4, б). Компактное вещество в области метафиза было неравномерно истончено, с нерегулярным расположением остеонов, нередко встречались периостеоцитарный остеолизис (рис. 5, а), обнаруживались участки выпадения кристаллов неорганической базофильной субстанции (рис. 5, б). В препаратах выявлялись признаки изменения тинкториальных свойств кости, что выражалось в различном окрашивании остеонов и вставочных пластинок, с более интенсивной эозинофилией последних. Резко контурировались линии склеивания в оставшихся остеонах, что свидетельствовало о процессах перестройки в кости.

В губчатом веществе (рис. 5, в) выявлялись регенераторные изменения в виде патологической гипогенерации кости с наличием островков хрящевой ткани, остеоида и многочисленных костных балочек примитивного строения, окаймленных остеобластами. Межбалочные пространства заполнены остеогенной фиброзной тканью, в которой обнаруживались многочисленные участки выпадения кристаллов неорганической базофильной субстанции.

Таким образом, несмотря на различия в динамике накопления минеральной плотности костной ткани при хронической фтористой интоксикации в двух схожих зонах (от 7% в эпифизарной до 41% в метафизарной), структурные изменения кости хорошо заметны и подтверждают клиническую картину флюороза.

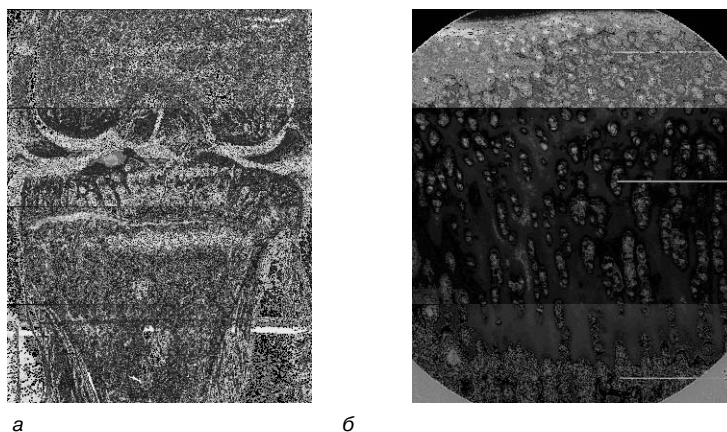


Рис. 1. Гистотопграмма (а) и микропрепарат суставной поверхности эпифиза большеберцовой кости (б): 1 – пограничная зона; 2 – зона столбчатых клеток; 3 – зона хондроцитов. Окраска гематоксилин и эозин. Ув. х 400

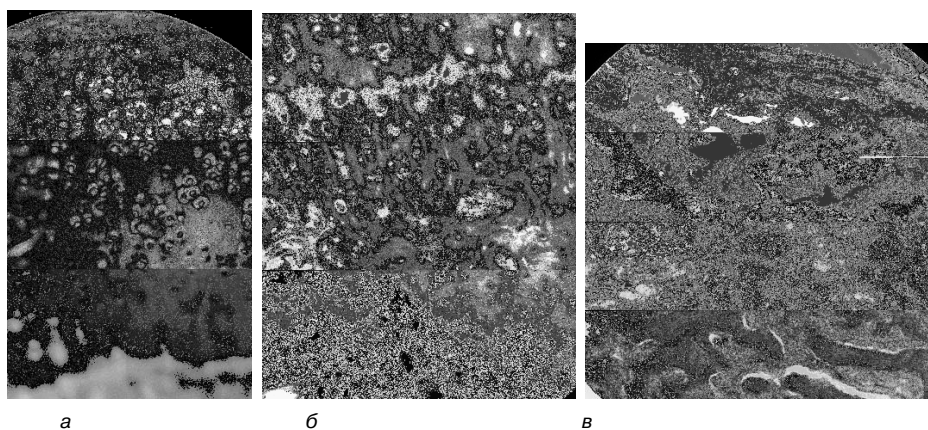


Рис. 2. Микропрепарат суставной поверхности эпифиза: а) изогенные группы хондроцитов; б) очаговая дисконфлексация колонок столбчатой зоны хряща; в) хондройдные участки. Окраска гематоксилин и эозин. Ув. х 400

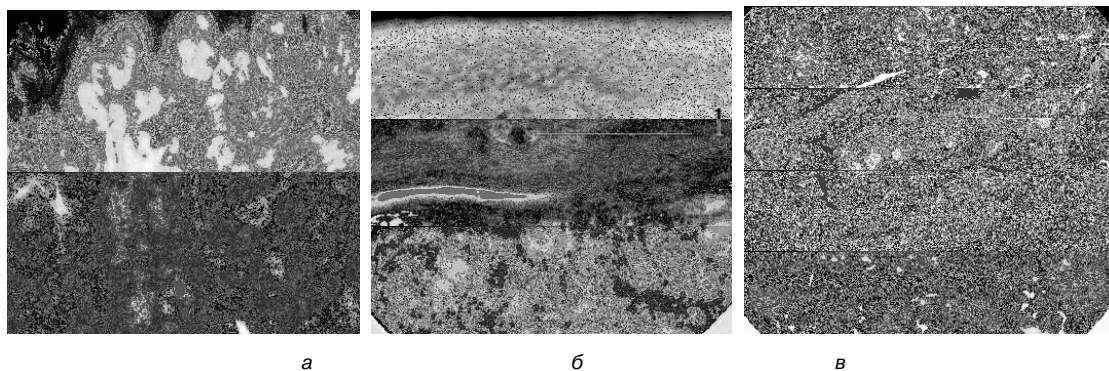


Рис. 3. Микропрепарат компактного вещества эпифиза: а) в норме; б), в) после интоксикации фтором (1 – лакуна, содержащая остеокласт; 2 – хондройдные участки; 3 – выпадение кристаллов; 4 – истонченная костная балка). Окраска гематоксилин и эозин. Ув. х 400

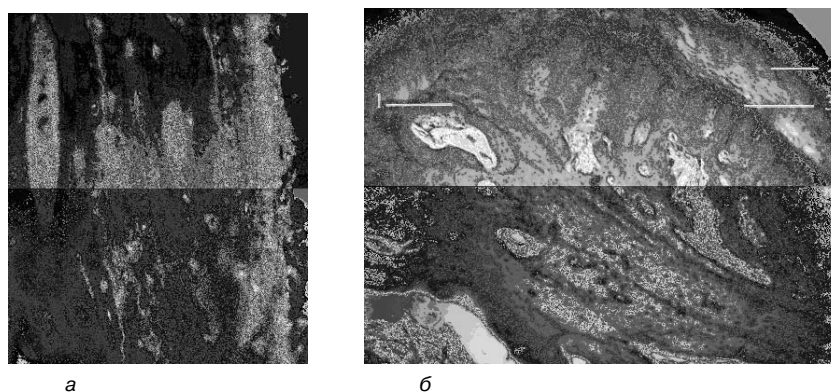


Рис. 4. Микропрепарат компактного вещества области метафиза: а) в норме; а) после интоксикации фтором (1 – линии склеивания; 2 – разрастание фиброзной остеогенной ткани; 3 – остеобласты). Окраска гематоксилин и эозин. Ув. х 400

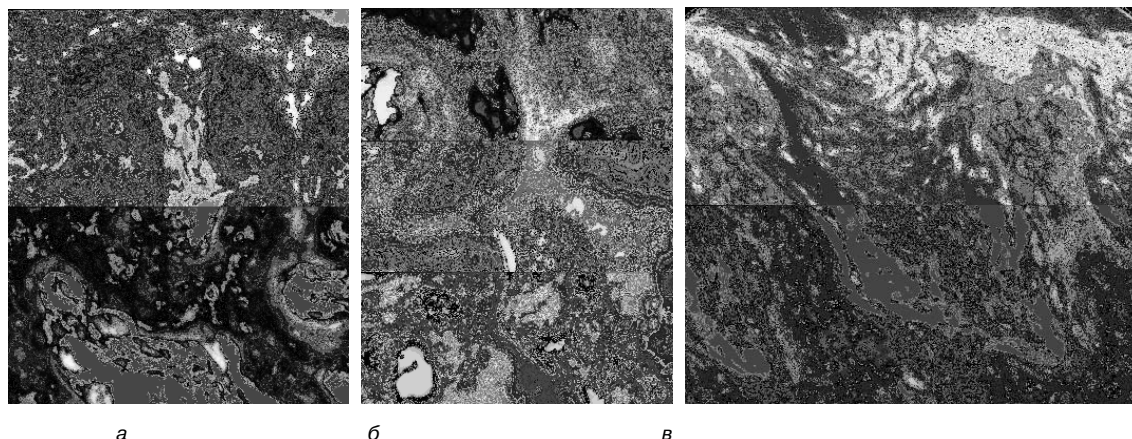


Рис. 5. Микропрепарат компактного вещества области метафиза после интоксикации фтором: а) периостеоцитарный остеолитиз; б) выпадение кристаллов; в) патологическая гипорегенерация в губчатом веществе. Окраска гематоксилин и эозин. Ув. х 400

**Средние значения минеральной плотности костной ткани голеней кролика по зонам в норме и после хронической интоксикации фторидом натрия**

| Нормальные условия (n=36)   |                            | Ориентиры                                                                          | После интоксикации NaF (n=36) |                            |
|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| правая (г/см <sup>2</sup> ) | левая (г/см <sup>2</sup> ) |                                                                                    | правая (г/см <sup>2</sup> )   | левая (г/см <sup>2</sup> ) |
| 0,382729±<br>0,001668       | 0,364907±<br>0,00137       |  | 0,397143±<br>0,002541         | 0,393643±<br>0,008422      |
| 0,222925595±<br>0,001636916 | 0,2254±<br>0,001198162     |                                                                                    | 0,28359523±<br>0,005173837    | 0,277183±<br>0,004456428   |
| 0,289803424±<br>0,003103    | 0,301022±<br>0,00351       |                                                                                    | 0,33791269±<br>0,005563       | 0,338773±<br>0,002926      |
| 0,340205357±<br>0,001254    | 0,355637±<br>0,001113      |                                                                                    | 0,38563367±<br>0,004451       | 0,397656±<br>0,004434      |
| 0,297794643±<br>0,00088     | 0,300528±<br>0,000958      |                                                                                    | 0,34464285±<br>0,009209       | 0,336406±<br>0,005015      |
| 0,252907577±<br>0,002717    | 0,263631±<br>0,002922      |                                                                                    | 0,276±<br>0,009061            | 0,273583±<br>0,007053      |
| 0,34682±<br>0,008512        | 0,363618±<br>0,010202      |                                                                                    | 0,3586428±<br>0,005124        | 0,346646±<br>0,007278      |

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Барабаш, Ю.А. Оптимизация и стимуляция процессов остеорепарации при хирургическом лечении переломов длинных костей и их последствий (клинико-экспериментальное исследование) / Ю.А.Барабаш // Дис. ... д-ра мед. наук. – СПб., 2001. – 378с.
2. Клиника, диагностика, лечение и профилактика профессионального флюороза: Метод. рекоменд. – Свердловск, 1990. – 38 с.
3. Кузина, И.Р. О костном флюорозе у рабочих электролизных цехов Новокузнецкого алюминиевого завода / И.Р. Кузина // Актуальные проблемы клинической медицины в Кузбассе. – Л., 1976. – С. 41-44.
4. Общее руководство по радиологии: в 2 т. // Под ред. Holgen Pettersson. MD: Пер. на рус. яз. – М.: НИКОМЕД, 1996. – 1330 с.
5. Морфогенез профессиональной фтористой остеопатии / В.В. Разумов, В.А. Рыков, О.А. Клиценко, И.П. Данилов / Медицина труда и промышленная экология. – 1997. – № 4. – С. 18-23.
6. Разумов, В.В. Трактовка причинности ремодуляции костной ткани и механизма общесоматического действия фторидов с позиций межклеточных взаимодействий в соединительной ткани как системы функциональной / В.В. Разумов // Региональные экологические проблемы и здоровье населения. – Ангарск, 1999. – С. 122-124.

УДК 611.986-055.25:616-071.3

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ СТОП ДЕВУШЕК 17-19 ЛЕТ**

**В.Н. Николенко** – ГОУ ВПО Саратовский ГМУ Росздрава, проректор по научной работе, профессор, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой анатомии человека; **О.В. Коннова** – ГОУ ВПО Саратовский ГМУ Росздрава, ассистент кафедры анатомии человека. E-mail: konnova-ov@yandex.ru

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF MORPHOMETRIC PARAMETERS  
OF DIFFERENT FORMS OF GIRLS FEET AGED 17-19**

**V.N. Nikolenko** – Saratov State Medical University, Pro-rector of Scientific work, Head of Department of Human Anatomy, Professor, Doctor of Medical Science; **O.V. Konnova** – Saratov State Medical University, Department of Human Anatomy, Assistant. E-mail: konnova-ov@yandex.ru

**В.Н. Николенко, О.В. Коннова, Саратовский научно-медицинский журнал, 2009, том 5, №1, с. 20-23**

При исследовании плантограмм девушек (n=242) выделены три формы стопы: египетская, прямоугольная и греческая, характеризующиеся статистически достоверными различиями отдельных линейных, угло-