

© Группа авторов, 2000

**Сравнительная оценка контактного регенерата
по данным прямой и непрямой денситометрии у больных
с дефектами концов костей, образующих коленный сустав**

**Л.М. Куфтырев, Д.Д. Болотов, М.М. Щудло, А.А. Свешников,
К.Э. Пожарищенский, Е.В. Осипова, Н.Ф. Обанина**

***Comparative evaluation of a contact regenerate bone
by the data of direct and indirect densitometry in patients
with defects of the articular ends of the bones, forming the knee***

**L.M. Kuftyrev, D.D. Bolotov, M.M. Chtchoudlo, A.A. Sveshnikov,
K.E. Pozharishchensky, E.V. Osipova, N.F. Obanina**

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган
(генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

Проведена сравнительная оценка накопления минеральных веществ в области формирования бедренно-большеберцового синостоза у 10 пациентов с дефектами суставных концов костей, образующих коленный сустав, после реконструктивно-восстановительных операций на основе чрескостного остеосинтеза методами описательной рентгенографии, прямой и непрямой денситометрии. Обоснована возможность применения метода непрямой денситометрии при данной патологии.

Ключевые слова: коленный сустав, дефект, синостозирование, чрескостный остеосинтез, денситометрия.

Comparative characteristics is made concerning accumulation of minerals in the zone of tibiofemoral synostosis formation in 10 patients with defects of the articular ends of the bones, forming the knee after reconstructive-and-restorative surgeries on the basis of transosseous osteosynthesis, using techniques of descriptive roentgenography, direct and indirect densitometry. The possibility to use the technique of indirect densitometry for the pathology given is substantiated.

Keywords: the knee, defect, synostosing, transosseous osteosynthesis, densitometry.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших задач в ортопедо-травматологической практике является определение сроков фиксации отломков при лечении пациентов в зависимости от патологии и метода реабилитации. Особенно это важно у больных с осложнениями после предшествующего лечения, длительным сроком заболевания, в случаях сращения различных по структуре отделов кости (метафиза и диафиза), получавших в составе комбинированного лечения лучевую терапию. В таких условиях сроки, необходимые для синостозирования, могут варьировать в широком диапазоне. Недостаточный период фиксации приводит к фактурам, превышающий необходимый — к патологическим (или регрессивным) изменениям как костной ткани в синостозируемой области, так и тканей всего сегмента.

В клинической практике наиболее распространенным методом изучения репаративного процесса, в том числе и контактного регенерата, остается

рентгенографическое исследование. О качестве сращения можно судить по динамике плотности костного вещества, которая обычно определяется при визуальной оценке рентгенограмм. Однако визуальная оценка всегда субъективна и зависит от многих факторов: опыта врача, качества рентгеновского снимка и т.д.

Для определения степени минерализации костной ткани, наряду с денситометрическим методом исследования используется и не прямая денситометрия, основанная на фотометрии рентгенограмм с последующим расчетом плотности исследуемого объекта. Недостатком этого метода является трудоемкость и невозможность стандартизировать разные по качеству рентгеновские снимки.

Целью данного исследования явилась сравнительная оценка межсегментарного контактного регенерата по данным прямой и непрямой денситометрии у больных с дефектами концов костей, образующих коленный сустав.

Наблюдались 10 пациентов в возрасте от 24 до 46 лет ($34,8 \pm 2$ года) с дефектами суставных концов костей, образующих коленный сустав: дистального суставного конца бедренной кости - 7, проксимального суставного конца большеберцовой - 3. Давность патологии - от 0,5 до 15 лет (в среднем $8,6$ лет). Причиной образования дефектов явились сегментарные резекции по поводу: опухолей - в 9 случаях (гигантоклеточной - 8, остеогенной саркомы - 1), остеомиелита бедра посттравматического происхождения - в 1 случае. Величина дефектов была от 7 до 30 см ($15,4 \pm 1,7$ см) и состояла из укорочения конечности от 7 до 26 см ($10,9 \pm 1,2$ см) и межсегментарного диастаза от 0,3 до 14 см (в среднем $4,5 \pm 0,1$ см).

Все пациенты ранее безуспешно оперированы от 1 до 4 раз (всего 25 раз), в том числе по поводу дефекта 12 раз.

При поступлении все больные предъявляли жалобы на отсутствие опороспособности, болтающуюся (8) или тугую (2) патологическую подвижность, болевой синдром и рубцовые изменения различной степени выраженности. Шестеро были вынуждены фиксировать конечность ортопедическим аппаратом (3 пациента) или гипсовой лонгетой (3). Инвалидность II группы имели 9 человек, первой - 1. Одна пациентка во время комбинированного лечения остеогенной саркомы получала химио- и лучевую терапию.

У всех больных восстановлена опороспособность конечности с удлинением ее на величину от 3-х до 18 см (в среднем $7 \pm 2,1$ см), причем у 2-х сформированы зоны дополнительной костной регенерации, а у 3-х - дополнительно произведено удлинение смежного сегмента на одном (2) или двух (1) уровнях. У 3-х - межсегментарный синостоз осуществлен закрыто, у 7 - использовали один из приемов оперативной адаптации концов отделов костей: взрыхление (1), адаптацию конец в конец с предварительной подгонкой до взаимной конгруэнтности (1), погружение (4), погружение с пристеночной остеотомией погружаемого отдела (1). Общий срок distraction составил в среднем $105,5 \pm 44,8$ дня, фиксации - $181,6 \pm 59,8$ дня, фиксацию в области межсегментарного стыка продолжали в течение $247 \pm 24,5$ дней.

Прямую денситометрию с оценкой плотности минеральных веществ (ПМВ) в области контактного регенерата непосредственно на его уровне (А) и прилегающих участках до одного сантиметра в нижней трети бедренной и в верхней трети большеберцовой костей (В) проводили на дихроматическом костном денситометре. Исследуемые участки визуализировали с помощью лазерного луча. Обработка результатов проводилась автоматически по специально созданным програм-

мам. Результат выражался в г/см². Сравнение производили с данными возрастного контроля. Обследование выполняли до оперативного вмешательства, на первой неделе после операции, дважды в месяц первые два месяца и далее ежемесячно до окончания лечения, а также при контрольных осмотрах в течение года после снятия аппарата.

Больным осуществляли рентгенографию в стандартных (фасной и боковой) проекциях при поступлении, в послеоперационном периоде, каждые 10-15 дней в процессе distraction, ежемесячно в процессе фиксации, после снятия аппарата, при контрольных осмотрах 3-4 раза в течение первого после лечения года, затем - ежегодно. Обработке подвергли 188 рентгенограмм.

Для оцифровки изображений рентгенограмм и построения гистограмм распределения яркостей использовали аппаратно-программный комплекс «ДиаМорф» (Москва, регистрационное удостоверение, МЗ РФ № 98/219-137), имеющий в своем составе устройство ввода, ч/б TV-камеру, видеоконтрольное устройство, ЭВМ с аналого-цифровым преобразователем, специализированное программное обеспечение для анализа полутоновых изображений (ППП «ДиаМорф-Cito»).

Обработку и анализ введенных изображений осуществляли по программе-анализатору изображений «Нейронное зрение».

Для получения сопоставимых денситометрических характеристик объектов в динамике репаративного процесса изображения рентгенограмм приводили к стандартному виду. Для выполнения операции стандартизации выбрали наиболее качественное изображение (рис. 1а) и построили его гистограмму распределения яркостей (гистограмма-эталон) (рис. 1б). Все остальные изображения рентгенограмм (рис. 1в) стандартизовали по эталону, выравнивая по нему их гистограммы (рис. 1 г, д, е). При этом значения яркости на анализируемом изображении распределялись по диапазону, лежащему между верхним и нижним граничным значением гистограммы-эталона.

Для анализа были использованы изображения рентгенограмм и их фрагменты, включающие зону интереса и не содержащие деталей аппарата.

Измерение оптической плотности проводили на полутоновых стандартизованных изображениях по специально разработанному макросу. Интерактивно (с помощью мыши) обводили контуры областей формируемого межсегментарного тibia-фemorального синостоза без и с концевыми отделами костных сегментов. При замыкании контура автоматически вычислялась оптическая плотность выделенной области.

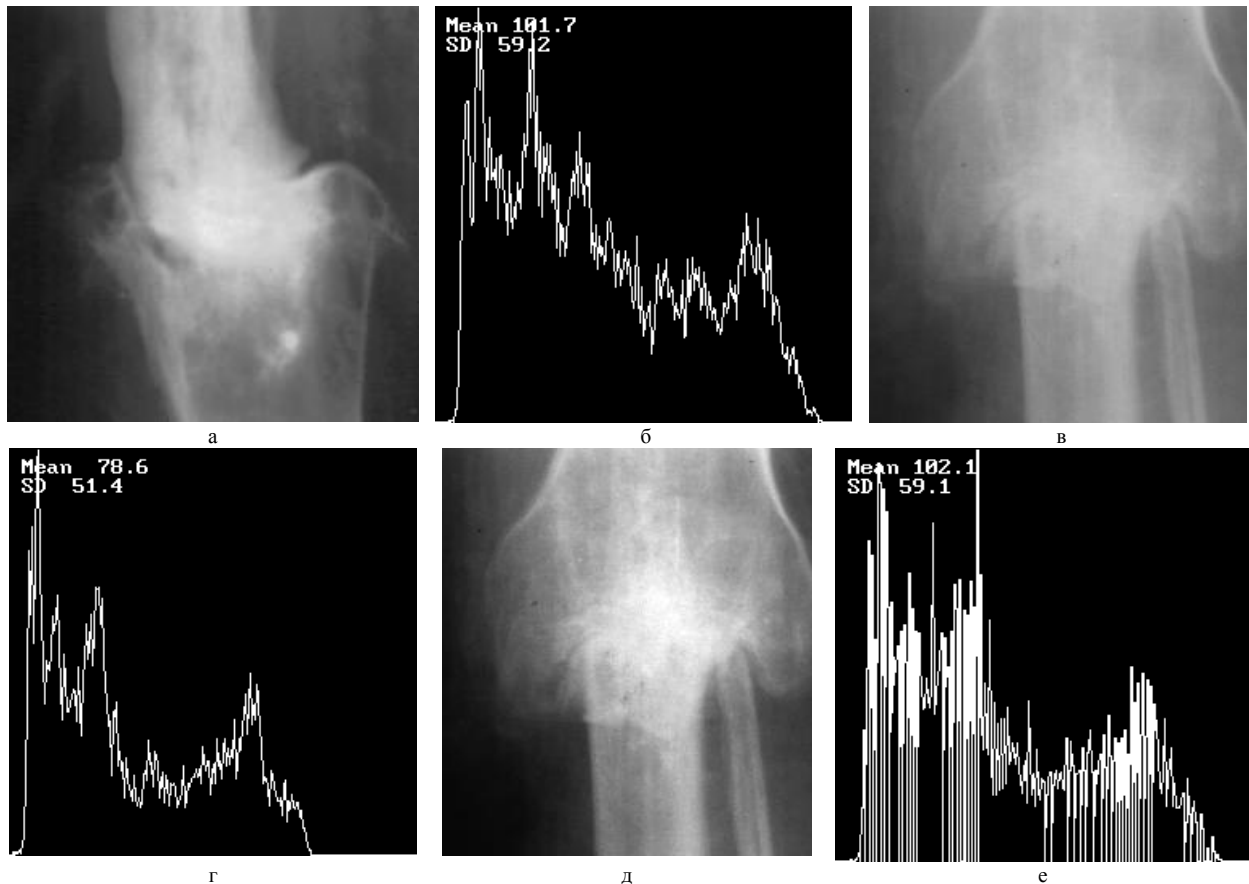


Рис. 1. а – рентгенограмма-эталон; б – гистограмма распределения яркости на рентгенограмме-эталоне; в – рентгенограмма до выполнения операции стандартизации; г – гистограмма распределения яркости на рентгенограмме до выполнения операции стандартизации; д – рентгенограмма после выполнения операции стандартизации; е – гистограмма распределения яркости на рентгенограмме после выполнения операции стандартизации

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У всех пациентов при поступлении определялся концевой остеосклероз поврежденного сегмента на протяжении от 2 до 15 см, сопровождавшийся концевым остеосклерозом противоположного, но на меньшей протяженности (от 0,5 до 3 см) на фоне общего остеопороза. У 6 больных, имевших в анамнезе хронический остеомиелит, рентгенологически отмечали полную или частичную потерю структурного рисунка кости, выраженную продольную «тяжистость» на протяжении ее склерозированного участка. Костномозговой канал был облитерирован или слабо прослеживался. При закрытом варианте межсегментарного синостозирования первичными признаками сращения считали появление нечеткости контура конца поврежденного сегмента при хорошо прослеживаемой границе контактируемых участков сращиваемых костей к 3,5 месяцам. К 6 месяцам отмечалось уменьшение интенсивности и протяженности концевого остеосклероза, нарастание размытости контуров контактирующих отделов костных сегментов, появлялись единичные центрально расположенные продольно ориентированные костные «балочки», перекрывающие межсегментарную щель. К 7 - 9 месяцу фиксации определялись каче-

ственные изменения, проявлявшиеся в исчезновении четкости границ контактирующих участков кости, увеличения числа костных «балочек». К 9 месяцам в области формируемого контактного регенерата появлялись единичные островки локального остеосклероза, которые еще через месяц становились множественными и приобретали тенденцию к слиянию на всем протяжении щели. Со стороны боковой поверхности контактирующих костных сегментов также появлялись костные «балочки», ограничивающие межсегментарный регенерат. К 3 месяцам после снятия аппарата отмечено уплотнение костной структуры в области сформированного синостоза и на протяжении 1,5-2 см по длиннику костей.

После открытой адаптации направленность репаративного костеобразования в области контактного регенерата была идентичной таковой при закрытом межсегментарном синостозировании, однако появление «балочек» определялось уже через 3,5-4 месяца, а признаки сращения, характеризовавшиеся уплотнением контактного регенерата и прилежащих концевых отделов костей, появлялись уже через 7 месяцев фиксации аппаратом костных сегментов.

Оптическая плотность (табл. 1, рис. 2) областей S (у больных со щелевидным межсегментарным диастазом) и F при поступлении на лечение имела значения соответственно $0,88 \pm 0,08$ и $0,82 \pm 0,009$, ПМВ (табл. 2, рис. 3) в прилежащих отделах была $1,308 \pm 0,056$ г/см², что рентгенологически соответствовало резко выраженному остеосклерозу подлежащих сращению отделов костных сегментов, более интенсивному вблизи их концов.

Таблица 1.

Оптическая плотность рентгенограмм непосредственно зон контакта и вместе с концевыми отделами костных сегментов до, в процессе и после остеосинтеза у больных с межсегментарными дефектами костей в области коленного сустава

Срок наблюдения	Оптическая плотность	
	S	F
do-o	$0,88 \pm 0,08$	$0,82 \pm 0,009$
oper	$0,85 \pm 0,05$	$0,77 \pm 0,02$
f7	$0,83 \pm 0,01$	$0,74 \pm 0,01$
f15	$0,78 \pm 0,01$	$0,71 \pm 0,01$
f30	$0,76 \pm 0,01$	$0,68 \pm 0,01$
f45	$0,76 \pm 0,01$	$0,7 \pm 0,01$
f60	$0,72 \pm 0,03$	$0,69 \pm 0,02$
f90	$0,7 \pm 0,02$	$0,66 \pm 0,06$
f120	$0,81 \pm 0,02$	$0,69 \pm 0,01$
f150	$0,85 \pm 0,02$	$0,695 \pm 0,02$
f180	$0,85 \pm 0,03$	$0,68 \pm 0,01$
f210	$0,84 \pm 0,01$	$0,7 \pm 0,006$
f240	$0,87 \pm 0,006$	$0,74 \pm 0,004$
ps7	$0,91 \pm 0,01$	$0,83 \pm 0,01$
ps30	$0,91 \pm 0,01$	$0,83 \pm 0,01$
ps90	$0,88 \pm 0,003$	$0,79 \pm 0,002$
ps120	$0,87 \pm 0,009$	$0,79 \pm 0,02$
ps220	$0,9 \pm 0,003$	$0,84 \pm 0,02$

Таблица 2.

Плотность минеральных веществ непосредственно зон контакта (А) и вместе с концевыми отделами костных сегментов (В) до, в процессе и после остеосинтеза у больных с межсегментарными дефектами костей в области коленного сустава

Срок наблюдения	ПМВ г/см ²	
	А	В
do-o	-	$1,308 \pm 0,056$
oper	-	$1,239 \pm 0,041$
f7	$0,942 \pm 0,029$	$1,329 \pm 0,036$
f15	$0,826 \pm 0,032$	$1,209 \pm 0,028$
f30	$0,795 \pm 0,032$	$1,025 \pm 0,030$
f45	$0,752 \pm 0,046$	$1,165 \pm 0,056$
f60	$0,815 \pm 0,028$	$0,956 \pm 0,040$
f90	$0,745 \pm 0,022$	$0,995 \pm 0,038$
f120	$0,500 \pm 0,019$	$0,768 \pm 0,030$
f150	$0,558 \pm 0,022$	$0,822 \pm 0,025$
f180	$0,665 \pm 0,019$	$1,005 \pm 0,029$
f210	$0,806 \pm 0,044$	$0,946 \pm 0,031$
f240	$0,946 \pm 0,039$	$0,852 \pm 0,047$
ps7	$1,019 \pm 0,027$	$0,961 \pm 0,051$
ps30	$0,970 \pm 0,039$	$1,180 \pm 0,032$
ps90	$0,908 \pm 0,046$	$1,196 \pm 0,052$
ps120	$1,015 \pm 0,052$	$1,211 \pm 0,047$
ps220	$1,110 \pm 0,050$	$1,418 \pm 0,032$
ps365	$1,005 \pm 0,049$	$1,107 \pm 0,041$

К трем месяцам фиксации на стыке ОП в области S снижалась в 1,2 раза (до $0,7 \pm 0,03$), не-

смотря на частичное взаимное перекрытие на рентгенограмме теней бедренной и большеберцовой костей. Аналогичные изменения со снижением ОП в 1,2 раза (до $0,66 \pm 0,06$) происходили в области F. Рентгенологически этот период соответствовал появлению и нарастанию «размытости» контуров срачиваемых отделов. Максимальное снижение ПМВ как в синостозируемой области (до $0,500 \pm 0,042$ г/см²), так и в прилежащих отделах (до $0,768 \pm 0,036$ г/см²) определялось к четвертому месяцу фиксации.

В целом, в периоде с 1 по 3 месяц происходили незначительные колебания ОП (от $0,76 \pm 0,01$ до $0,7 \pm 0,02$) в области S с последующим нарастанием до максимальной к 240 дню фиксации на стыке костных сегментов, что при величине дистракционных регенератов от 5 до 9 см соответствовало окончанию фиксации аппаратом. В количественном отношении ОП в этот период приближалась к дооперационному значению, ПМВ к этому же сроку плавно возрастала до $0,946 \pm 0,056$ г/см². В области F в период от 2 до 6 месяцев фиксации на стыке костных сегментов колебания ОП также были незначительными (от $0,66 \pm 0,06$ до $0,695 \pm 0,02$), максимальное повышение ОП – $0,74 \pm 0,004$ отмечалось также к 240 дням фиксации контактного регенерата.

После снятия аппарата в сроки от 7 до 220 дней в области S ОП приобретала максимальные значения (до $0,91 \pm 0,01$). Незначительное ее снижение (до $0,87 \pm 0,009$) наблюдали в период от 3 до 4 месяцев после снятия аппарата. В области F после снятия аппарата ОП достигала максимального значения к 220 дням, незначительно превышая ее дооперационные показатели. Снижение ее (до $0,79 \pm 0,001$), также наблюдаемое в период от 3 до 4 месяцев, предположительно было связано с мобилизацией минеральных веществ, необходимых для дальнейшей органотипической перестройки сформированных дистракционных регенератов, либо с временным уменьшением функциональной нагрузки на конечность. Идентичная тенденция прослеживалась при исследовании, проведенном с использованием двухфотонной абсорбциометрии. Повышение накопления минеральных веществ происходило как в синостозируемой области, так и в прилежащих отделах бедренной и большеберцовой костей, составляя, соответственно, $1,110 \pm 0,028$ и $1,418 \pm 0,042$ г/см² к 220 дню после снятия аппарата.

Сравнительная оценка полученных данных динамики костеобразования при обследовании методами прямой и непрямой денситометрии не выявила различий в динамике течения репаративного процесса в контактном регенерате на стыке сегментов (рис. 4). Установлена положительная корреляционная зависимость (0,5) показателей ОП и ПМВ.

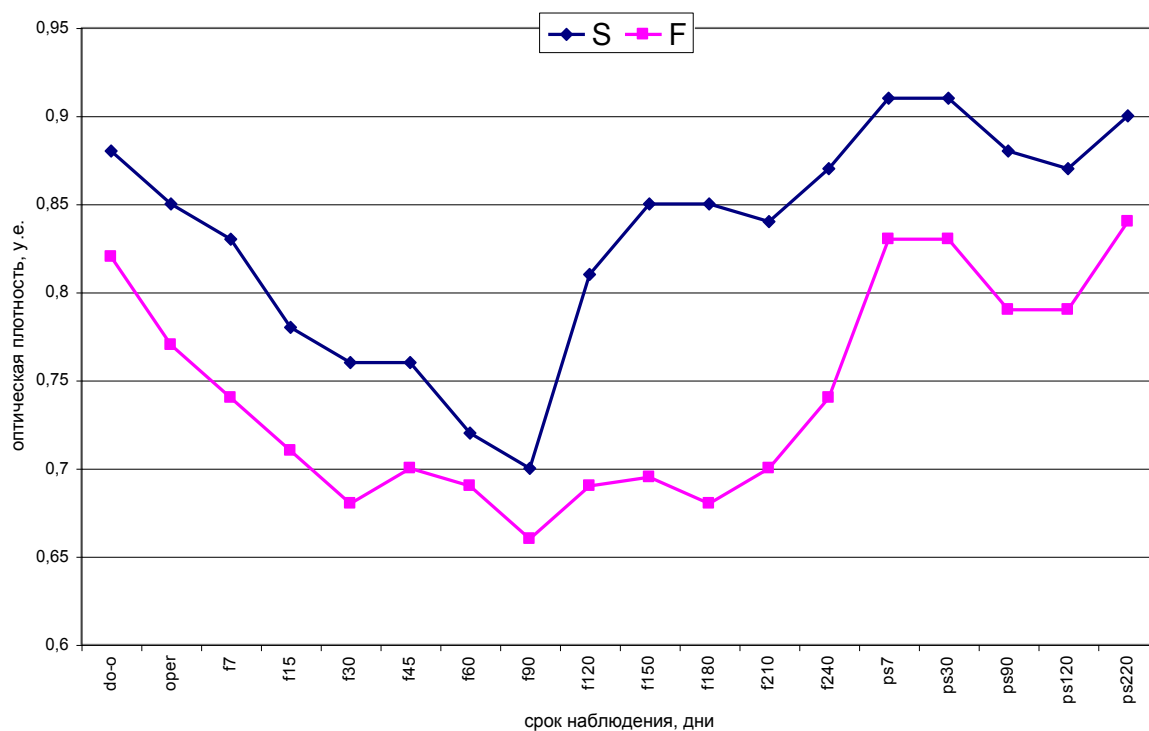


Рис. 2. Оптическая плотность рентгенограмм непосредственно зон контакта (S) и вместе с концевыми отделами костных сегментов (F) до, в процессе и после остеосинтеза у больных с межсегментарными дефектами костей в области коленного сустава. Примечание: «do-o» - до операции; «oper» - операция; «f» – фиксация; «ps» - после снятия

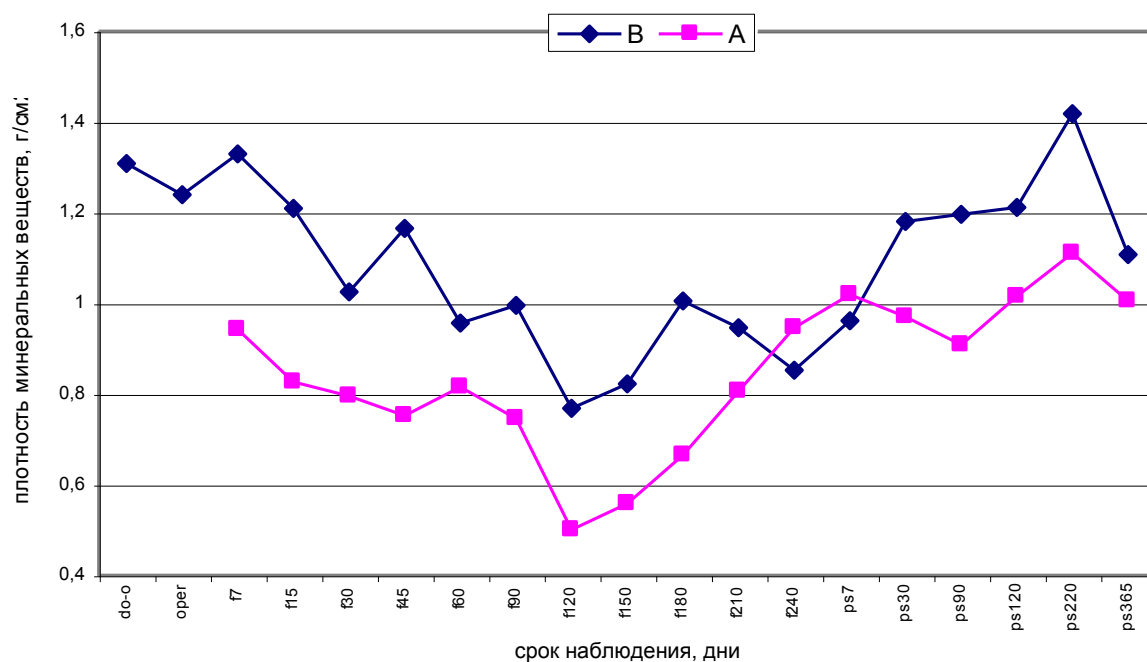


Рис. 3. Плотность минеральных веществ непосредственно зон контакта (A) и вместе с концевыми отделами костных сегментов (B) до, в процессе и после остеосинтеза у больных с межсегментарными дефектами костей в области коленного сустава. Примечание: «do-o» - до операции; «oper» - операция; «f» – фиксация; «ps» - после снятия



Рис. 4. Плотность минеральных веществ (A) и оптическая плотность рентгенограмм (S) непосредственно зон контакта.
Примечание: «do-o» - до операции; «oper» - операция; «f» - фиксация; «ps» - после снятия

Снижение ПМВ и ОП, достигающее максимальных значений через 4 месяца фиксации на стыке костных сегментов при прямой и через 3 месяца при непрямой денситометрии, сменялось их ростом, при этом они в обоих случаях превышали дооперационные показатели к моменту снятия аппарата.

Таким образом, применение методов цифровой обработки рентгенографических изображений позволяет устранить недостатки, вызванные различными условиями съемки, проявления и хранения оригинала и получить объективные денситометрические характеристики.

Рукопись поступила 11.04.2000.

Предлагаем вашему вниманию



В.И. Шевцов, А.В. Попков
Оперативное удлинение нижних конечностей
 Москва: Медицина, 1998 – 192с.

В монографии проанализирован мировой опыт по уравниванию укороченных конечностей врожденной и приобретенной этиологии. На основе экспериментальных разработок и клинического опыта Российского научного центра «Восстановительная травматология и ортопедия» имени акад. Г.А. Илизарова расширены современные представления о регенерации тканей конечности в условиях чрескостного дистракционного остеосинтеза. Отражены последние достижения в удлинении конечности, основанные на современных методах исследования. Особый интерес представляют новые клинические данные о состоянии кровоснабжения конечности, обменных процессах и их нейрогуморальном регулировании. Представлены последние методики чрескостного дистракционного остеосинтеза аппаратом Илизарова, классификация, биомеханические основы управления остеосинтезом и регенеративными процессами.