

**Комплексная рентгено-сонографическая оценка
дистракционного остеогенеза при полилокальном удлинении
отломков у больных с дефектами длинных костей**

В.И. Шевцов, Д.Ю. Борзунов, Т.И. Долганова

***The complex roengenosonographic assessment of distraction
osteogenesis in the process of polyfocal fragmental lengthening in
patients with defects of long bones***

V.I. Shevtsov, D.Y. Borzounov, T.I. Dolganova

Государственное учреждение

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)

Динамическое комплексное рентгено-сонографическое исследование процесса костеобразования при замещении дефектов длинных костей является оптимальным методом мониторинга, позволяющим своевременно вносить коррективы в процесс чрескостного остеосинтеза. Анализ клинических наблюдений (11 пациентов) показал, что использование технологии многоуровневого удлинения отломков у пациентов с дефект-диастазами врожденной этиологии не обеспечило формирование полноценных дистракционных регенератов в короткий срок одноэтапной реабилитации. Пациентам с врожденной этиологией дефекта, имеющим заведомо низкую репаративную активность костной ткани, нецелесообразно планировать многоуровневое замещение дефекта с одновременным удлинением сегмента. У пациентов с приобретенными дефектами костной ткани выполнение дополнительной остеотомии и последующая дистракция может вызывать усиление репаративных процессов и ускорение органотипической перестройки ранее сформированного дистракционного регенерата.

Ключевые слова: дефект костной ткани, многоуровневое удлинение, сонография регенерата.

The dynamical complex roentgenosonographic study of osteogenesis process during long bone defect filling is an optimal monitoring method which allows timely insertion of corrections in the process of transosseous osteosynthesis. The analysis of clinical cases (11 patients) demonstrated that use of the technology of multilevel fragmental lengthening in patients with defect-diastases of congenital etiology didn't provide the formation of proper distraction regenerate bones in the short-term period of single-staged rehabilitation. It's not reasonable to plan multilevel defect filling with simultaneous segmental lengthening in patients, who have defects of congenital etiology and obviously low reparative activity of bone tissue. In patients with acquired defects of bone tissue additional osteotomy making and subsequent distraction can cause the intensification of reparative processes and the acceleration of organotypical reorganization of the distraction regenerate bone formed before.

Keywords: bone tissue defect, multilevel lengthening, sonography of regenerate bone.

Система восстановительного лечения больных с дефектами длинных костей по Г.А. Илизарову базируется на основополагающих принципах удлинения отломков и их реконструкции на стыке. По мнению ряда авторов, при замещении обширных дефектов длинных костей срок чрескостного остеосинтеза в первую очередь определяется органотипической перестройкой дистракционного регенерата [5-7, 11]. Планируемая величина удлинения отломка определяется размерами дефекта, подлежащего восполнению, но реально достигнутая — зависит от репаративных возможностей поврежденного сегмента и организма в целом, и от используемой технологии чрескостного остеосинтеза, и качества ее исполнения. В этих условиях мониторинг дистракционного остеосинтеза, направленный на рациональный

выбор темпов, ритмов, сроков дистракции, величины удлинения чрезвычайно важен. Наиболее рациональным для мониторинга костеобразования является комплексное рентгено-сонографическое наблюдение.

Возможность применения ультразвуковой сонографии для изучения процесса костеобразования в условиях дистракционного остеосинтеза основана на том, что регенерат до приобретения им свойств зрелой костной ткани представляет собой акустически благоприятную среду. УЗИ позволяет детально изучить структуру регенерата, выявить начальные признаки замедленного костеобразования уже ко второй-третьей неделям дистракции, тогда как на рентгенограмме ещё нет изображения регенерата, контуры вновь сформированного кортикального слоя визуализируются к

шести-восемью неделям distraction [8].

На основе сопоставления данных ультрасонографии и морфологических исследований distractionного регенерата, полученных при экспериментальных исследованиях, сделан вывод, что о степени активности остеогенеза можно судить по данным локализации эхопозитивной зоны регенерата. Изменения акустических свойств регенерата связаны с процессами его органотипической перестройки. Новообразо-

ванные грубоволокнистые костные трабекулы, расположенные на уровне костномозгового канала, эхографически визуализируются как линейные продольно ориентированные структуры повышенной эхогенности. Соединительнотканная прослойка имеет вид гипозоногенной полосы, состоящей из продольно ориентированных линейных структур средней и пониженной эхогенности, соответствующих пучкам коллагеновых волокон [4].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Визуализация distractionных регенератов проводилась на ультразвуковом сканере фирмы "ALLOKA" с эхокамерой SSD - 630 в режиме реального времени с использованием линейных ультразвуковых датчиков частотой 7,5 МГц.

Ультрасонографические исследования костных регенератов на этапе distraction выполнялись 1 раз в 10-14 дней, через две недели после начала удлинения, а на этапе фиксации – 1 раз в месяц, если не было специальных показаний. Проведение УЗ исследования осуществлялось в положении больного лежа. Эхограммы получали в двух стандартных положениях датчика: параллельно кости, изображение при этом соответствовало сагиттальному разрезу исследуемого сегмента; перпендикулярно осевой линии кости, изображение соответствовало горизонтальному сечению сегмента. Компьютерная система обработки изображения обеспечивала универсальные общецелевые функции измерений и расчетов для определения расстояния между костными фрагментами (высота distractionного регенерата), площади и объема регенерата. Для количественной оценки формирования distractionного регенерата использовался метод обработки изображения (гистограммы), который позволяет измерять распределение эхоамплитуды выбранной исследователем области в виде графиков и соответствующих им цифр при соблюдении стандартного режима визуализации.

О степени зрелости distractionных регенератов судили по основным, разработанным в РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова, критериям [3, 8-10]. Нормальной структуре регенерата соответствовала сонографическая картина, когда четко дифференцировались линейные структуры разной эхогенности, ориентированные в направлении продольной оси кости. При поперечном сканировании регенерат визуализировался в виде срезов округлой или овальной формы с нечеткими контурами и неоднородной структурой: очаги повышенной эхогенности в виде включений на гипозоногенном фоне. Степень эхогенности определялась в процентном отношении максимальных значений в виде графиков гистограмм распределения эхо-

амплитуды выделенной исследователем области distractionного регенерата. Оценивалось время начала визуализации формирующейся кортикальной пластинки в виде эхопозитивных участков различных размеров и их эхогенность.

Клиническая характеристика больных.

Работа основана на результатах рентгеносонографических исследований 11 пациентов, которым дефекты длинных костей величиной $10,75 \pm 3,5$ см (от 7 до 28 см) замещены многоуровневым удлинением одного из отломков [1]. Причиной возникновения дефектов у четырех пациентов была врожденная патология опорно-двигательной системы (у трех – врожденный ложный сустав костей голени, у одного – аномалия развития локтевой кости), в семи наблюдениях дефекты длинных костей сформировались после травмы и безуспешных последующих оперативных вмешательств. Во всех наблюдениях дополнительная остеотомия удлиняемого отломка выполнена на этапе чрескостного остеосинтеза, т.е. замещение дефекта осуществлено за счет последовательного формирования distractionных регенератов.

Учитывая этиологию дефекта и характер репаративной активности первого distractionного регенерата, все пациенты были разделены на три группы.

I группа (три человека) – больные с врожденной патологией, величина дефекта составляла $15,8 \pm 8,1$ см.

II группа (четыре человека) – посттравматические дефекты с величиной дефекта $11,75 \pm 3,6$ см.

Необходимость многоуровневого удлинения отломка в I и II группах была связана с невозможностью продолжения distraction первого регенерата из-за формирования его по «ишемическому» типу. Выполнение дополнительной остеотомии и нанесение повторной скелетной травмы рассматривали как стимулирующий фактор, последующая distraction этой зоны обеспечивала формирование дополнительной зоны регенерации и возможность продолжения процесса замещения дефекта.

III группа (четыре человека) – посттравматические дефекты с величиной дефекта

11±5,3см.

У этих пациентов дистракционный остеогенез в зоне первого регенерата протекал типично, использование технологии многоуровневого удлинения отломка позволяло сократить срок

лечения при одноэтапном замещении обширного дефекта длинной кости путем формирования нескольких дистракционных регенератов малой величины, претерпевших в короткий срок организмотипическую перестройку [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительная характеристика регенератов у больных представлена в таблицах 1, 2, 3.

Сравнительный анализ рентгенограмм и сонограмм показал, что в процессе формирования первого дистракционного регенерата у пациентов первой группы регистрировалась средняя репаративная активность с отсутствием параоссальной реакции. У больных с врожденной этиологией дефекта в процессе формирования второго дистракционного регенерата наблюдали выраженное замедление репаративной активности. Формирование дистракционного регенерата протекало по периостальному типу. Индекс фиксации, рассчитанный на 1 см суммарной величины дистракционных регенератов составил $21,3 \pm 1,5$ дня (табл. 1).

Во второй группе больных с посттравматической этиологией дефекта первый дистракционный регенерат имел пониженную репаративную активность. В процессе дистракции на рентгенограммах в межотломковом диастазе

определялись краевые дефекты, не заполненные тенью дистракционного регенерата. При частичной ликвидации костного дефекта на этапе остеосинтеза была выполнена дополнительная остеотомия. Сниженная репаративная активность первого регенерата не повлияла на репаративную активность следующего дистракционного регенерата, дистракционный остеогенез протекал типично. В то же время у двух пациентов после повторной остеотомии была отмечена ускоренная перестройка ранее сформированного дистракционного регенерата с заполнением краевых дефектов новообразованной костной тканью. Значения эхогенности второго дистракционного регенерата 42-58% (27-37 отн. Ед.) и визуализируемая структура соответствовали средней репаративной активности. Индекс фиксации, рассчитанный на 1 см суммарной величины дистракционных регенератов, составил $17,8 \pm 2,1$ дня (табл. 2).

Таблица 1

Сонографические критерии дистракционных регенератов у пациентов I группы

Показатели	Первый регенерат высотой 4-5 см	Второй регенерат высотой 1,7-2 см
Величина удлинения		
Эхогенность к концу дистракции	45-55% (30-36 отн.ед.)	30-37% (20-24 отн.ед.)
Эхогенность на этапе фиксации	2 недели фиксации – 35-38 отн.ед. 1,5 мес. фиксации – 48-52 отн.ед.	2 недели фиксации – 30-35 отн.ед. 1 месяц фиксации – 30-35 отн.ед. 2 месяца фиксации – 30-35 отн.ед. 3 месяца фиксации – 30-35 отн.ед. 4 месяца фиксации – 34-38 отн.ед.
Структура регенерата	Типичная	Нетипичная. Отсутствовали линейные структуры разной эхогенности, ориентированные в направлении продольной оси кости, при поперечном сканировании регенерат не визуализировался.
Эхонегативные образования в регенерате	Не выявлены	Не выявлены
Появление кортикальной пластинки	К концу дистракции – размеры от $0,5 \times 0,1 \text{ см}^2$ до $1,6 \times 0,3 \text{ см}^2$, эхогенность – 54-63 отн.ед.	Через 3 месяца фиксации – размеры до $0,7 \times 0,1 \text{ см}^2$, эхогенность – 40-48 отн.ед.
Полностью сформирована кортикальная пластинка	Через 1 месяц фиксации	Через 4 месяца фиксации
Параоссальная реакция	Не выявлена	Не выявлена

Таблица 2

Сонографические критерии дистракционных регенератов у пациентов 2 группы

Показатели	Первый регенерат	Второй регенерат
Величина удлинения	высотой 3-6 см	высотой 2-3 см
Эхогенность к концу дистракции	15-31% (1-20 отн.ед.)	41-67% (26-43 отн.ед.)
Эхогенность на этапе фиксации	2 недели фиксации – 1-20 отн.ед. 1 месяц фиксации – 11-22 отн.ед. 3 месяца фиксации – 21-35 отн.ед. 4 месяца фиксации – 26-40 отн.ед. 6 мес. фиксации – 30-45 отн.ед.	2 недели фиксации – 28-30 отн.ед. 1 месяц фиксации – 30-35 отн.ед. 2 месяца фиксации – 30-35 отн.ед. 3 месяца фиксации – 35-40 отн.ед. 4 месяца фиксации – 44-50 отн.ед.
Структура регенерата	Нетипичная. Визуализируется эхонегативное образование с четким контуром, размерами от $1,7 \times 0,5 \text{ см}^2$ до $2,5 \times 0,7 \text{ см}^2$, расположенное на границе с мягкими тканями, дающее эффект «усиления звука». В центре дистракционного регенерата определяются линейные структуры разной эхогенности, ориентированные в направлении продольной оси кости	Типичная
Появление кортикальной пластинки	В первые 2 недели фиксации – размеры от $0,6 \times 0,1 \text{ см}^2$ до $1,0 \times 0,2 \text{ см}^2$, эхогенность – 40-45 отн.ед.	К концу дистракции – размеры до $1,0 \times 0,1 \text{ см}^2$, эхогенность – 50-53 отн.ед.
Полностью сформирована кортикальная пластинка	Через 6 месяцев фиксации. Через 3 мес. после снятия аппарата сохраняется визуализация эхонегативного образования над целостной кортикальной пластинкой размерами до $1,7 \times 0,3 \text{ см}^2$	Через 4 месяца фиксации.
Параоссальная реакция	Не выявлена	0,2-0,5 см

Клинический пример. Больной Р., 23 лет, поступил в клинику Центра с посттравматическим дефект-диастазом левой локтевой кости 11 см, вывихом головки локтевой кости, комбинированной контрактурой левого лучезапястного, локтевого, пястно-фаланговых и межфаланговых суставов. Отломки лучевой кости фиксировались стержнем Богданова (рис. 1). Мягкие ткани на тыльной поверхности левого предплечья были рубцово изменены. Замещение дефекта выполняли за счет последовательного удлинения проксимального отломка локтевой кости, одновременно устраняли вывих головки локтевой кости дозированной низведением дистального отломка. Дистракцию в зоне остеотомии проксимального отломка локтевой кости осуществляли в течение 38 дней со снижением ранее выбранного темпа 0,75-1,0 мм в сутки до 0,5 мм в связи с отсутствием признаков активного остеогенеза. По данным динамического рентген-контроля в межотломковом диастазе определяли тень дистракционного регенерата слабой оптической плотности, формирующегося по «ишемическому» типу (рис. 2, рис. 5). В связи с сохранением межотломкового диастаза и нецелесообразности дальнейшего перемещения фраг-

мента была выполнена дополнительная остеотомия удлиняемого отломка для дальнейшего замещения дефекта, а также с целью стимуляции остеогенеза посредством создания зоны дополнительной регенерации. Перемещение сформированного фрагмента осуществляли суточным темпом 0,75-1,0 мм в течение 104 дней до стыковки с концом противоположного дистального отломка локтевой кости (рис. 3, рис. 6). Последующую фиксацию сегмента аппаратом после открытой адаптации концов отломков локтевой кости продолжали 148 дней (рис. 4). После снятия аппарата для иммобилизации конечности использовали гипсовую лонгету.

У больных третьей группы дистракционный остеосинтез протекал типично. Оба регенерата имели среднюю репаративную активность. В процессе дистракции регенераты имели зональное строение, их компактизация и формирование непрерывных кортикальных пластинок завершалось к четырем месяцам фиксации. Индекс фиксации, рассчитанный на 1 см суммированного удлинения сегмента, составил $12,7 \pm 2,2$ дня (табл. 3).



Рис. 1. Рентгенограмма больного Р. до оперативного лечения: прямая, боковая проекции

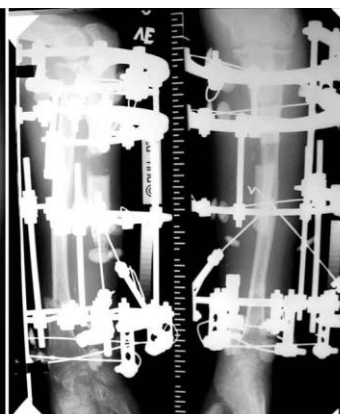


Рис. 2. Рентгенограмма больного Р. 38 дней distraction: прямая, боковая проекции



Рис. 3. Рентгенограммы больного Р., после выполнения дополнительной остеотомии удлиняемого отломка, в процессе перемещения сформированного фрагмента: прямая, боковая проекции

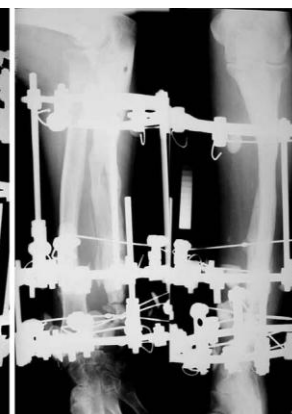


Рис. 4. Рентгенограммы больного Р. в процессе фиксации: прямая, боковая проекции

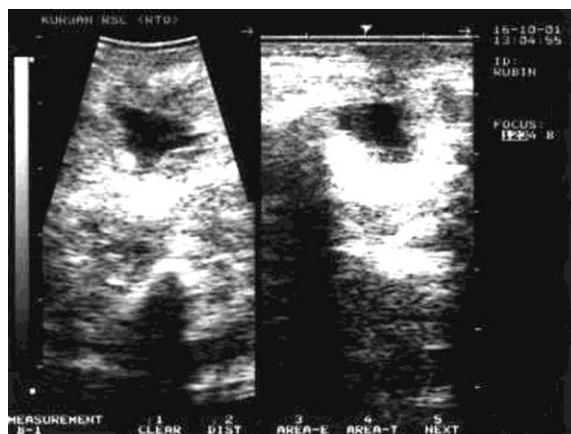


Рис. 5. Сонограмма distractionного регенерата до выполнения дополнительной остеотомии удлиняемого отломка. На сонограммах в прямом и поперечном сечении определяется эхонегативное образование с четким контуром, размерами 2,5x1,8 см. Имеется эффект «усиления звука», что указывает на наличие кистоподобного образования на границе формирующегося костного регенерата и мягких тканей (краевой дефект)



Рис. 6. Сонограмма distractionного регенерата после выполнения дополнительной остеотомии. На сонограммах в прямом сечении определяется структура distractionного регенерата с признаками пониженной репаративной активности. Эхонегативное образование отсутствует. Визуализируются продольные эхопозитивные сигналы, ориентированные в направлении продольной оси кости, формируется кортикальная пластинка

Таблица 3

Сонографические критерии distractionных регенератов у пациентов 3 группы

Показатели	Первый регенерат	Второй регенерат
Величина удлинения	высотой 4-6 см	высотой 2-4 см
Эхогенность к концу distraction	46-52% (30-33 отн.ед.)	42-58% (27-37 отн.ед.)
Эхогенность на этапе фиксации	2 недели фиксации – 30-33 отн.ед. 1 мес. фиксации – 33-35 отн.ед. 2 мес. фиксации – 30-37 отн.ед. 3 мес. фиксации – 35-40 отн.ед. 4 мес. фиксации – 40-46 отн.ед.	2 недели фиксации – 28-33 отн.ед. 1 месяц фиксации – 30-35 отн.ед. 2 месяца фиксации – 30-35 отн.ед. 3 месяца фиксации – 35-40 отн.ед. 4 месяца фиксации – 36-46 отн.ед.
Структура регенерата	Типичная	Типичная
Появление кортикальной пластинки	К концу distraction – размеры до 1,0x0,1 см ² , эхогенность – 50-53 отн.ед.	К концу distraction – размеры до 1,0x0,1 см ² , эхогенность – 50-53 отн.ед.
Полностью сформирована кортикальная пластинка	Через 4 месяца фиксации	Через 4 месяца фиксации
Параоссальная реакция	0,2-0,5 см	0,2-0,5 см

ВЫВОДЫ

Динамическое комплексное рентгено-сонографическое исследование процесса костеобразования при замещении дефектов длинных костей является оптимальным методом мониторинга, позволяющим своевременно вносить коррективы в процесс чрескостного остеосинтеза. При сонографическом исследовании наиболее информативен этап перемещения фрагментов, когда оптическая визуализация рентгенограмм на ранних сроках distraction не всегда дает достоверную информацию об активности distractionного остеосинтеза и ограничена стандартными сроками выполнения.

Динамический рентген-сонографический контроль в анализируемой группе пациентов позволяет прогнозировать distractionный остеогенез и вносить коррективы в лечение: при снижении его активности своевременно снижать темп или прекращать distraction, использовать технологии стимулирующие костеобразование и позволяющие продолжать замещение дефекта.

Использование технологии многоуровневого удлинения отломков у пациентов с дефект-диастазами врожденной этиологии не обеспечивает формирование полноценных distractionных регенератов в короткий срок одноэтапной

реабилитации. Таким образом, у пациентов с врожденной этиологией дефекта костной ткани, следует ожидать низкую репаративную активность костной ткани, и при величине дефекта более 7-10 см нецелесообразно планировать одноэтапное замещение дефекта удлинением сегмента, в том числе с использованием технологий многоуровневого удлинения отломка. Лечение этой категории пациентов необходимо проводить поэтапно. Задачей первого этапа лечебно-реабилитационных мероприятий является достижение опороспособности конечности, т.е. консолидация отломков на стыке. Удлинение сегмента и ликвидация анатомического укорочения является целью последующих этапов остеосинтеза.

У пациентов с приобретенными дефектами костной ткани дополнительная остеотомия удлиняемого отломка и последующая distraction могут вызывать усиление репаративных процессов в зоне формирующегося по «ишемическому» типу distractionного регенерата с закрытием краевого дефекта новообразованной костной тканью и ускорением его органотипической перестройки.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 1526666 СССР, МКИ³ А 61 В17/56 «Способ лечения дефекта кости» /В.Д. Макушин, Л.М. Куфтырев (СССР). – 4390380/14; Заявлено 09.03.88, Опубл. 23.05.91.
2. Борзунов, Д.Ю. Замещение дефекта большеберцовой кости удлинением отломка с образованием дополнительных зон регенерации (клинико-экспериментальное исследование): Автореф. дис. ... канд. мед. наук / Д.Ю. Борзунов. – Курган, 1999. – 22 с.
3. Ермак, Е.М. Ультрасонография distractionного регенерата при удлинении голени по Илизарову / Е.М. Ермак: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. - Курган, 1996. - 21с.
4. Ермак, Е.М. Эхографические, морфологические и рентгенологические параллели в оценке костеобразования при удлинении конечности по Илизарову / Е.М. Ермак, А.М. Чиркова, С.А. Ерофеев // Гений ортопедии. - 1995. - № 2. - С. 53-58.
5. Куфтырев, Л.М. Рентгенологическая характеристика формирования distractionного и контактного регенератов при замещении диафизарных дефектов бедра по Илизарову / Л.М. Куфтырев // Материалы XXI юбилейной научно-практической конференции врачей Курганской области... – Курган, 1992. – С. 45-46.
6. Куфтырев, Л.М. Рентгенологическая динамика формирования регенерата при замещении дефектов бедренной кости по Илизарову / Л.М. Куфтырев, В.К. Камерин // Лечение повреждений и заболеваний опорно-двигательного аппарата методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову: Сб. науч. тр. – Казань, 1992. – С. 15-19.
7. Макушин, В.Д. Результаты многофакторного анализа исходов лечения по Илизарову больных с дефектами костей нижних конечностей / В.Д. Макушин, Л.М. Куфтырев // Гений ортопедии. – 1995. - № 1. – С. 67-70.
8. Ультразвуковая диагностика состояния костного регенерата и способ оценки микроподвижности костных отломков у ортопедо-травматологических больных: Метод. рекомендации / РНЦ «ВТО»; Сост.: В.И. Шевцов, В.А. Щуров, Т.И. Долганова, Л.А. Гребенюк. - Курган, 1999. – 16 с.
9. Шевцов, В.И. Ультрасонографические критерии активности остеогенеза при distractionном остеосинтезе по Илизарову / В.И. Шевцов, Е.М. Ермак // Гений ортопедии. – 1996. - № 2-3. - С. 66-67.
10. Шевцов, В.И. Использование ультразвуковой эхографии для оценки репаративного костеобразования при удлинении конечностей по Илизарову / В.И. Шевцов, Е.М. Ермак // Травматол. и ортопед. России. – 1995. - №2. – С. 13-16.
11. Шевцов, В.И. Дефекты костей нижней конечности / В.И. Шевцов, В.Д. Макушин, Л.М. Куфтырев. – Курган: ИПП «Зауралье», 1996. – 504 с.

Рукопись поступила 30.05.03.