

Ультразвуковое мониторирование процессов консолидации переломов длинных трубчатых костей при остеосинтезе с использованием биоактивных имплантатов

В.Д. Завадовская¹, д. м. н., профессор, заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии;

В.П. Попов¹, к. м. н., ассистент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии;

О.Е. Акбашева¹, д. м. н., доцент кафедры биохимии и молекулярной биологии;

Е.Г. Григорьев¹, к. м. н., ассистент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии;

Т.В. Дружинина², к. м. н., начальник отдела биомедицинских технологий

¹ ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения РФ,

Московский тракт, 2, Томск, 634050, Российская Федерация;

² Санкт-Петербургский филиал ФГУП «Экспериментально-производственные мастерские»

Федерального медико-биологического агентства,

ул. Сабировская, 37, Санкт-Петербург, 197183, Российская Федерация

Ultrasound monitoring of consolidation processes in fractures of long tubular bones in osteosynthesis using bioactive implants

V.D. Zavadovskaya¹, MD, PhD, DSc, Professor, Head of Chair of Radiation Diagnosis and Radiotherapy;

V.P. Popov¹, MD, PhD, Assistant to Chair of Traumatology, Orthopedics and Field Surgery;

O.E. Akbasheva¹, MD, PhD, DSc, Associate Professor to Chair of Biochemistry and Molecular Biology;

E.G. Grigor'ev¹, MD, PhD, Assistant to Chair of Radiation Diagnosis and Radiotherapy;

T.V. Druzhinina², MD, PhD, Head of Department of Biomedical Technologies

¹ Siberian State Medical University, Ministry of Health of the RF, Moskovskiy trakt, 2, Tomsk, 634050, Russian Federation;

² St. Petersburg Branch of Experimental-and-Production Workshops, Federal Medical-Biological Agency, ul. Sabirovskaya, 37, St. Petersburg, 197183, Russian Federation

Цель исследования – ультразвуковое мониторирование в оценке процессов консолидации переломов длинных трубчатых костей при использовании имплантатов с биоактивными материалами.

Материал и методы. Исследованы 82 (45,1%) пациента с фиксацией отломков пластинами с биоактивным покрытием и 100 (54,9%) больных – с пластинами с бионертным покрытием. Динамику консолидации определяли с помощью ультразвукового исследования (УЗИ) и рентгенографии в сроки 2, 4, 6 и 12 мес после операции, динамику костного метаболизма – через 2 мес после операции методом ультразвуковой остеометрии (УЗО). Данные УЗИ сопоставлялись с биохимическими маркерами – показателями С-концевого телопептида (CrossLaps) и остеокальцина.

Результаты и выводы. Ультразвуковой мониторинг темпов консолидации и динамики изменения костной прочности в сопоставлении с биохимическими маркерами позволил установить положительное влияние биоактивных пластин на процесс консолидации переломов трубчатых костей и рассматривать локальный остеопенический синдром как прогностически благоприятный признак своевременного формирования костной мозоли.

Objective: to show the capabilities of ultrasound monitoring to assess consolidation processes in fractures of long tubular bones in the use of bioactive material-containing implants.

Material and methods. Eighty-two (45.1%) patients whose bone fragments had been fixed with bioactive material-coated plates and 100 (54.9%) patients with bioinert material-coated ones were examined. Consolidation changes were estimated by ultrasound and X-ray studies 2, 4, 6, and 12 months after surgery. Bone metabolic changes were determined by US osteometry 2 months following surgery. Ultrasound data were compared with the biochemical markers: C-terminal telopeptide (CrossLaps) and osteocalcin.

Results and conclusions. Ultrasound monitoring of the rates of consolidation and the time course of changes in bone strength versus the biochemical markers established the positive effect of bioactive plates on the process of consolidation in fractures of tubular bones and made it possible to consider local osteopenic syndrome to be a prognostically favorable sign of timely callus formation.

Ключевые слова:

перелом, ультразвуковое исследование, костная мозоль, костная прочность, остеосинтез, биоактивные имплантаты

Index terms:

fracture, ultrasound study, callus, bone strength, osteosynthesis, bioactive implants

Введение

В настоящее время травматизм представляет собой актуальную медико-социальную проблему в связи с неуклонным ростом частоты случаев, высоким процентом летальности и инвалидизации [1, 2]. В современной травматологии основными вопросами, требующими решения, по-прежнему остаются многочисленные осложнения и неудовлетворительные результаты лечения переломов длинных трубчатых костей, что служит основанием для поиска новых средств, способных повлиять на процессы консолидации. В этом плане заслуживает внимания разработка и внедрение в практику биоактивных материалов, в частности кальцийфосфатной (КФ) биокерамики, интерфазный слой которой при проведении остеосинтеза определяет оптимальную биомеханику и оказывает влияние на процессы регенерации костной ткани [3, 4]. Вместе с тем комплексные инструментальные и лабораторные исследования о применении покрытий на титановых пластинах при травматических повреждениях носят в основном экспериментальный характер [5, 6].

Объективными способами оценки репаративного процесса, а также изменения костного метаболизма в виде снижения костной массы являются лучевые методы диагностики, среди которых основополагающая роль традиционно отводится рентгенографии [7–9]. В то же время хорошо известны ограничения рентгенографии в оценке ранних этапов консолидации, связанные с невозможностью отображения неосифицированных структур.

В современных публикациях указывается на существенную роль УЗИ в определении самого факта перелома, исследовании процесса консолидации при переломах костей, а также развития остеопенического синдрома (ОПС) [10–13]. Физические основы метода позволяют увидеть процесс формирования костной

Локализация переломов длинных костей конечностей по классификации АО

Сегменты костей	Тип перелома			Всего
	А	В	С	
12	6 (3,3%)	8 (4,4%)	10 (5,5%)	24 (13,2%)
32	11 (6,0%)	18 (10,0%)	26 (14,3%)	55 (30,2%)
33	4 (2,2%)	0	7 (4,0%)	11 (6,0%)
41	0	0	6 (3,3%)	6 (3,3%)
42	19 (10,4%)	19 (10,4%)	36 (19,8%)	74 (40,7%)
43	2 (1,1%)	4 (2,2%)	6 (3,3%)	12 (6,6%)
Итого ...	42 (23,0%)	49 (27,0%)	91 (50,0%)	182 (100%)

мозоли еще до появления ее кальцинации, что значительно дополняет стандартное рентгенологическое обследование. Кроме того, возможность проведения ультразвукового мониторингирования, отличающегося экономической доступностью, быстротой выполнения, неинвазивностью и отсутствием лучевой нагрузки, делают это исследование незаменимым при осуществлении контроля за костной прочностью при лечении переломов длинных трубчатых костей [14, 15]. В связи с этим следует считать обоснованными дальнейшую разработку и внедрение в клиническую практику способов исследования, позволяющих получать дополнительную объективную информацию о процессах сращения костей при использовании биоактивных материалов.

Цель нашего исследования состоит в оценке характера консолидации переломов длинных трубчатых костей и состояния костного метаболизма по данным ультразвукового мониторингирования у пациентов травматологического профиля, леченных с применением материалов с кальцийфосфатным (КФ) покрытием.

Материал и методы

Исследованы 182 пострадавших (85 мужчин и 97 женщин, средний возраст $37,1 \pm 10,5$ года) с закрытыми переломами длинных трубчатых костей, лечение которым проводили на костном остеосинтезом. Критериями вклю-

чения пациентов в исследование являлись: закрытый перелом бедренной, большеберцовой, плечевой костей, необходимость применения для остеосинтеза пластин с биоактивным или биоинертным покрытием. Критериями исключения стали: политравма, использование аппарата внешней фиксации, остеопоретические переломы, наличие сопутствующих заболеваний, влияющих на костный метаболизм (эндокринные, ревматологические, онкологические и др.).

Все переломы длинных костей конечностей были распределены в соответствии с международной классификацией АО/ASIF (табл. 1).

По нашим данным, повреждение костей голени имели 92 (50,5%), повреждение бедер – 66 (36,3%) пациентов, с преобладанием переломов типа С (многооскольчатые) и В (оскольчатые, клиновидные) – 50,0 и 26,9% соответственно. Переломы были результатом автодорожных травм и падений с высоты.

Оперативное лечение выполнено в сроки от 2 до 6 дней после травмы. Для анализа воздействия на темпы консолидации конструкций с КФ-покрытием были сформированы две группы. В 1-й группе, состоящей из 82 (45,05%) пациентов, остеосинтез проведен имплантатами с биоактивным покрытием (БАП), во 2-й, включавшей 100 (54,94%) пациентов, отломки были фиксированы биоинертными пластинами (БИП),

покрытыми оксидом титана. Распределение больных по группам носило случайный характер (табл. 2).

Исследуемые группы были сопоставимы по возрасту, полу и локализации переломов.

Группа контроля была сформирована для оценки результатов ультразвуковой остеометрии и состояла из 100 условно здоровых респондентов (50 мужчин и 50 женщин, средний возраст $37,4 \pm 9,6$ года), не страдающих заболеваниями, приводящими к развитию вторичного остеопороза, и не получающих медикаментов, способных вызвать ятрогенный остеопороз.

Имплантаты с биоактивным покрытием, обладающие высокой износостойкостью и прочностью сцепления к основе, получали методом микродугового оксидирования (производство ООО «Биотехника», Томск и ФГУП «ЭПМ» ФМБА, Москва). Наноразмерная структура поверхности покрытий (электронный микроскоп Phillips SEM 515) состоит из сферолитоподобных кристаллов диаметром от 80 нм до 150 мкм, образующих макро-рельеф поверхности с размером пор в диапазоне от 5 до 100 мкм. Изолированные поры локализируются в сферолитах, сквозные поры располагаются на границах сферолитов (рис. 1).

Консолидацию оценивали на основании клинических данных, рентгенографии и ультразвукового исследования области перелома в сроки 2, 4, 6 и 9–12 мес после операции остеосинтеза.

Рентгенографию поврежденной конечности (аппарат 7XSuper 750B; Венгрия–США) выполняли с использованием стандартных параметров. Консолидированный перелом характеризовался отсутствием межотломковой щели, наличием четкого непрерывного костного соединения не менее чем по трем кортикальным слоям на рентгенограммах в прямой и боковой проекциях. Замедленную консолидацию расценивали как отсутствие сращения

Таблица 2

Характеристика исследуемых групп			
Критерий	Группа больных		Уровень значимости (p)
	БИП (n=100)	БАП (n=82)	
Средний возраст (M±m), лет	36,85±10,7	37,45±9,9	0,735
Пол			
мужской	47	38	0,938
женский	53	44	0,938
Локализация перелома			
бедро	36	30	0,929
голень	50	42	0,972
плечо	14	10	0,923

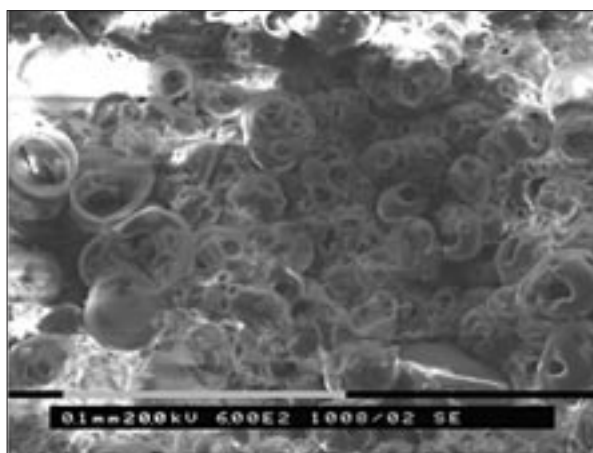


Рис. 1. Микрофотография поверхности КФ-покрытия, полученная методом электронной микроскопии (увеличение 1500).

хотя бы по одному кортикальному слою через 4 мес после операции. На формирование ложного сустава указывали отсутствие сращения через 6 мес после остеосинтеза перелома и наличие специфических морфологических проявлений — склероза концов отломков.

Ультразвуковое исследование линии перелома (Sonoline-SL450, Siemens, линейный датчик 7,5–12,0 МГц) большеберцовой и бедренной костей осуществлялось в продольном и поперечном сечениях по поверхностям, свободным от металлоконструкций вне зоны артефактов. Для преодоления толщины мягких тканей использовался конвексный датчик (3,5–4,5 МГц). Результаты сканирования предполагали один из четырех вариантов заключения: сформированная костная мозоль, активно формирующаяся мозоль (активная фаза консолидации), отсутствие при-

знаков консолидации и признаки формирующегося ложного сустава (рис. 2).

Измерение костной прочности выполнялось на ультразвуковом остеометре «AchillesExpress» фирмы Lunag (США), предназначенном для исследования пяточной кости (датчик 500 кГц). Оценивался интегральный индекс STI (Stiffness Index) — индекс прочности или жесткости кости. В соответствии с рекомендациями ВОЗ, диагностика нормы, остеопении и остеопороза осуществляется при помощи Т-критерия.

Снижение плотности костной ткани на стороне перелома в сочетании с нормальными показателями на здоровой конечности расценивались как проявления локального остеопенического синдрома. Пониженная плотность костной ткани на двух конечностях трактовалась как системный ОПС.

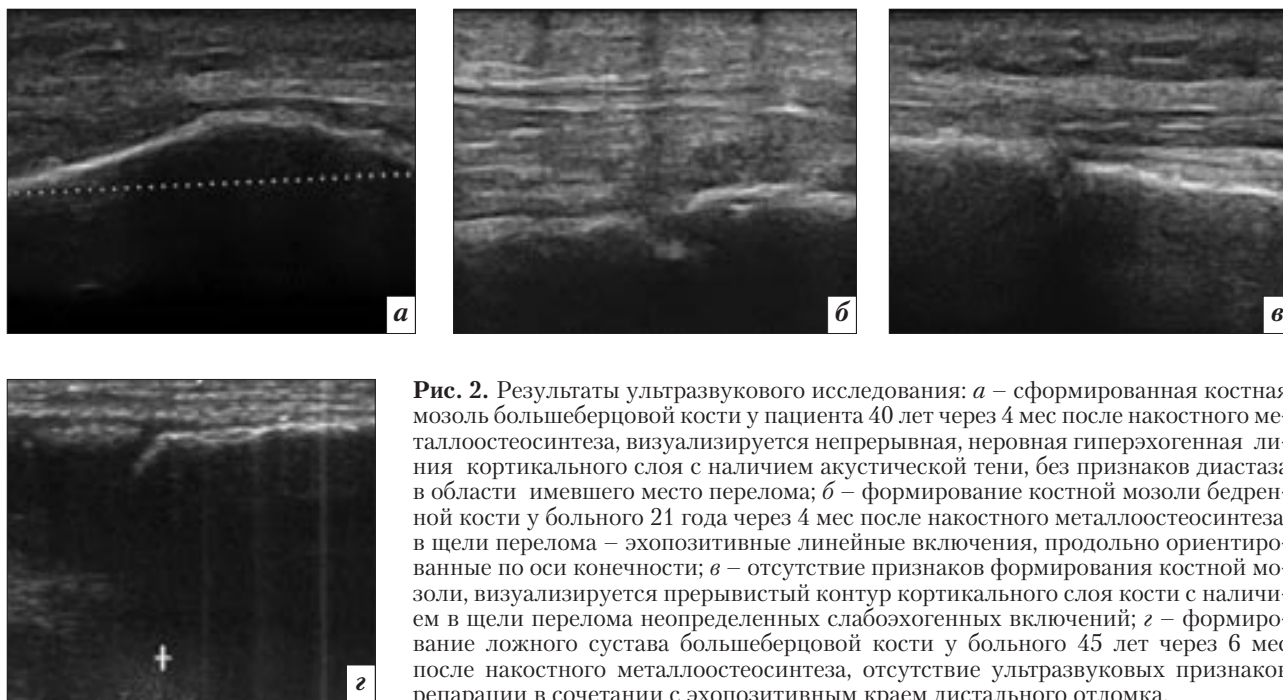


Рис. 2. Результаты ультразвукового исследования: *а* – сформированная костная мозоль большеберцовой кости у пациента 40 лет через 4 мес после накостного металлоостеосинтеза, визуализируется непрерывная, неровная гиперэхогенная линия кортикального слоя с наличием акустической тени, без признаков диастаза в области имевшего место перелома; *б* – формирование костной мозоли бедренной кости у больного 21 года через 4 мес после накостного металлоостеосинтеза, в щели перелома – эхопозитивные линейные включения, продольно ориентированные по оси конечности; *в* – отсутствие признаков формирования костной мозоли, визуализируется прерывистый контур кортикального слоя кости с наличием в щели перелома неопределенных слабоэхогенных включений; *г* – формирование ложного сустава большеберцовой кости у больного 45 лет через 6 мес после накостного металлоостеосинтеза, отсутствие ультразвуковых признаков репарации в сочетании с эхопозитивным краем дистального отломка.

Результаты оценки консолидации линии перелома и костной прочности сопоставляли с результатами исследования биохимических маркеров костного метаболизма в сыворотке крови, осуществляемого при поступлении больных в стационар и повторно, через 2 мес после остеосинтеза. С этой целью была сформирована выборка из 40 пациентов (17 женщин, 23 мужчины, средний возраст $39,3 \pm 11,7$ года). Из них 12 больных оперированы с применением биоинертных пластин, а 28 – биоактивных. Состояние костной ткани изучали по концентрации С-концевого телопептида (CrossLaps) и остеокальцина (ОК), как маркеров остеопороза и синтеза костной ткани, на автоматическом анализаторе «Elecsys 1010» (Roche Diagnostics, Германия). В качестве контроля использовали показатели 26 здоровых добровольцев.

Результаты исследования были обработаны с использованием пакета программ Statistica 6.0, критериев χ^2 , Фишера, Колмогорова–Смирнова, Вилкоксона и Манна–Уитни, корреляционного анализа Спирмена. Результаты представлены в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей

(Me, Q_1 , Q_3). Уровень значимости принимался равным 0,05.

Результаты и обсуждение

Лечение больных с использованием биоактивных пластин привело к сращению перелома у всех пострадавших, хорошие результаты получены у 59 (72,0%), удовлетворительные – у 23 (28,0%). При остеосинтезе с биоинертными конструкциями хороший результат отмечен у 61 (61,0%) пациента, удовлетворительный – у 36 (36,0%), в 3 (3,0%) наблюдениях он расценен как плохой. У 4 больных образовался ложный сустав, что потребовало проведения дополнительных оперативных вмешательств.

Сравнение результатов оценки темпов и характера консолидации, полученных двумя методами, показало, что сроки формирования костной мозоли и число больных по данным УЗИ превышают таковые по данным рентгенографии (рис. 3).

Так, через 2 мес после металлоостеосинтеза признаки консолидации переломов были установлены при УЗИ у 50,0%, а по результатам рентгенографии – у 39,0% больных. Показатели, отражающие процесс консолида-

ции при использовании данных модальностей, приобретали тенденцию к «выравниванию» через 4 мес (41,8 и 36,8% соответственно) и практически не отличались (34,1 и 36,3% соответственно) через 6 мес ($p=0,02$). Что касается сформированной костной мозоли, то по сравнению с первым периодом наблюдения, когда сращение перелома плечевой кости было установлено в одинаковом количестве случаев при обоих методах, в последующие 4 и 6 мес костная мозоль визуализировалась с равной степенью достоверности ($p=0,04$) при рентгенографическом (47,8 и 59,3% соответственно) и эхографическом (51,1 и 63,7% соответственно) исследованиях. Небольшое превалирование больных, имеющих сформированную мозоль по данным эхографии в эти сроки, по сравнению с рентгенографией было обусловлено наличием периостальной мозоли, формирующей акустическую тень, что не позволяло визуализировать линию перелома для оценки состояния эндостальной мозоли. Соответственно число больных без признаков консолидации на протяжении первого, второго и третьего периодов наблюдения, прогрес-

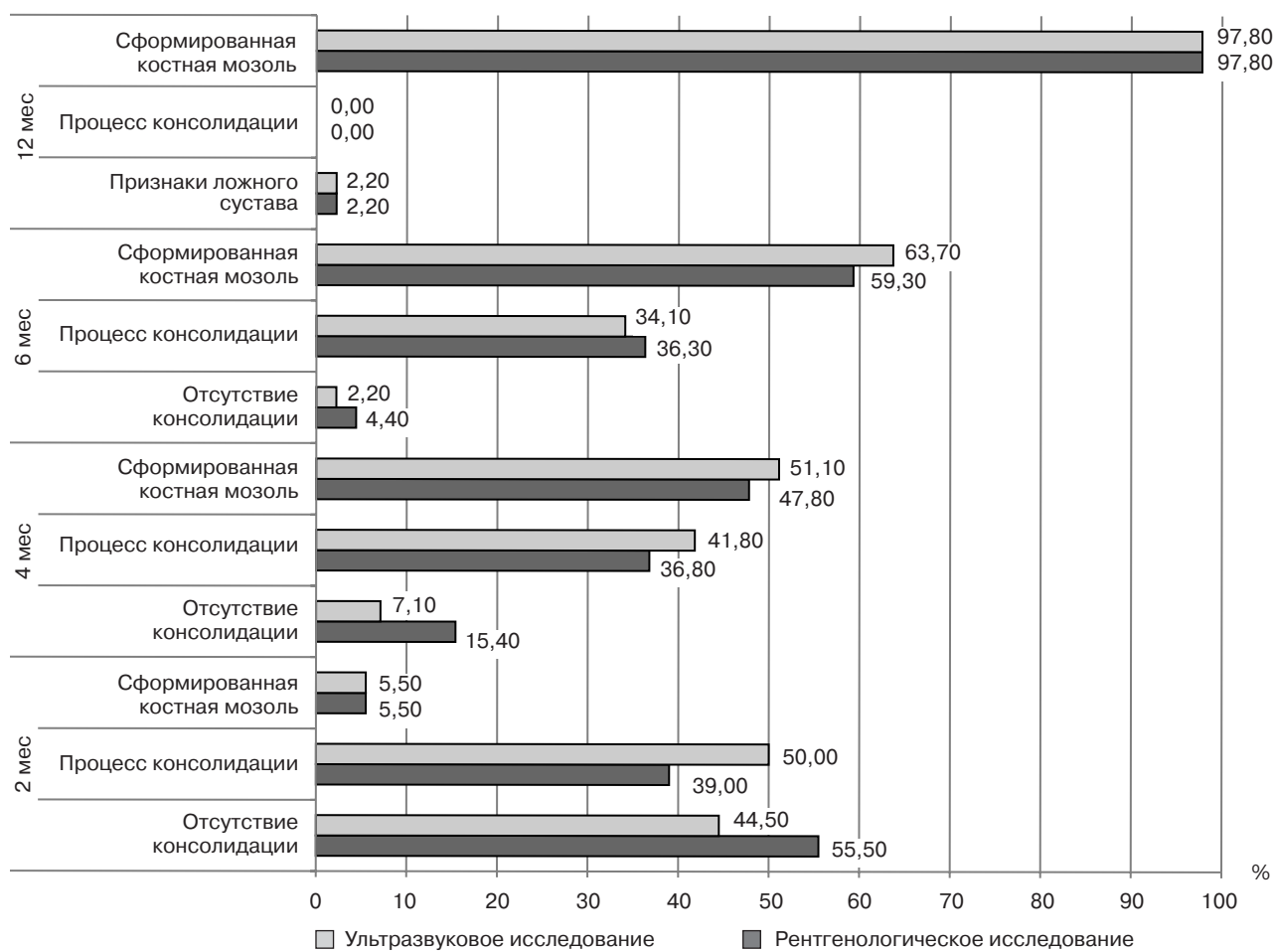


Рис. 3. Динамика консолидации переломов по данным рентгенологического и ультразвукового исследований ($n=182$).

сивно уменьшаясь, преобладало по данным рентгенографии по сравнению с данными УЗИ (с 55,5 до 2,2% при рентгенографии и с 44,5 до 2,2% при УЗИ). Показатели консолидации переломов через 12 мес как при рентгенографии, так и при УЗИ были идентичны.

В то же время, учитывая, что УЗИ обладает таким преимуществом, как более раннее выявление формирующейся костной мозоли, до ее кальцинации, оценку влияния покрытий на темпы консолидации оценивали именно с использованием данного метода (рис. 4).

Анализ визуальных данных о динамике сращения переломов, леченных с использованием биоактивных пластин, показал, что через 2 мес после металлоостеосинтеза УЗ-признаки процесса формирования костной мозо-

ли визуализировались у 70,7% пациентов, а у 22,0% — отсутствовали. При этом в 7,3% наблюдений в этот период было зарегистрировано срастание переломов. Ко второму сроку наблюдения (4 мес) доля пациентов без признаков консолидации переломов резко сократилась — до 3,6%, а через 6 мес таких пациентов не было. Что касается больных с активной фазой консолидации, то их число через 4 и 6 мес прогрессивно снижалось (до 30,5 и 15,9% соответственно), изменяя соотношение в сторону значимого увеличения числа больных с сформированной костной мозолью (66,9 и 84,1% соответственно) ($p=0,05$). К последнему обследованию (через 12 мес) доля этих пациентов составила 100%.

При использовании биоинертных пластин в первый период наблюдения выявлено об-

ратное соотношение числа пациентов с активной фазой и отсутствием УЗ-признаков формирования костной мозоли (33 и 63% соответственно).

В дальнейшем доля случаев с наличием консолидации стала преобладающей (51 и 49% соответственно), при закономерном снижении числа больных с отсутствием консолидации (10,0 и 4,0%) и повышением числа лиц с сформированной костной мозолью (39,0 и 47,0%). Однако темпы развития подобной тенденции были существенно ниже, чем в группе больных с БАП (34 и 53% соответственно). Разница в значениях была достоверной ($p=0,02$) по сравнению с БАП ($p=0,067$).

В последний период наблюдения (через 12 мес) сформированная костная мозоль отмечена в 96% случаев, что сравнимо с результатами 1-й группы (100%),

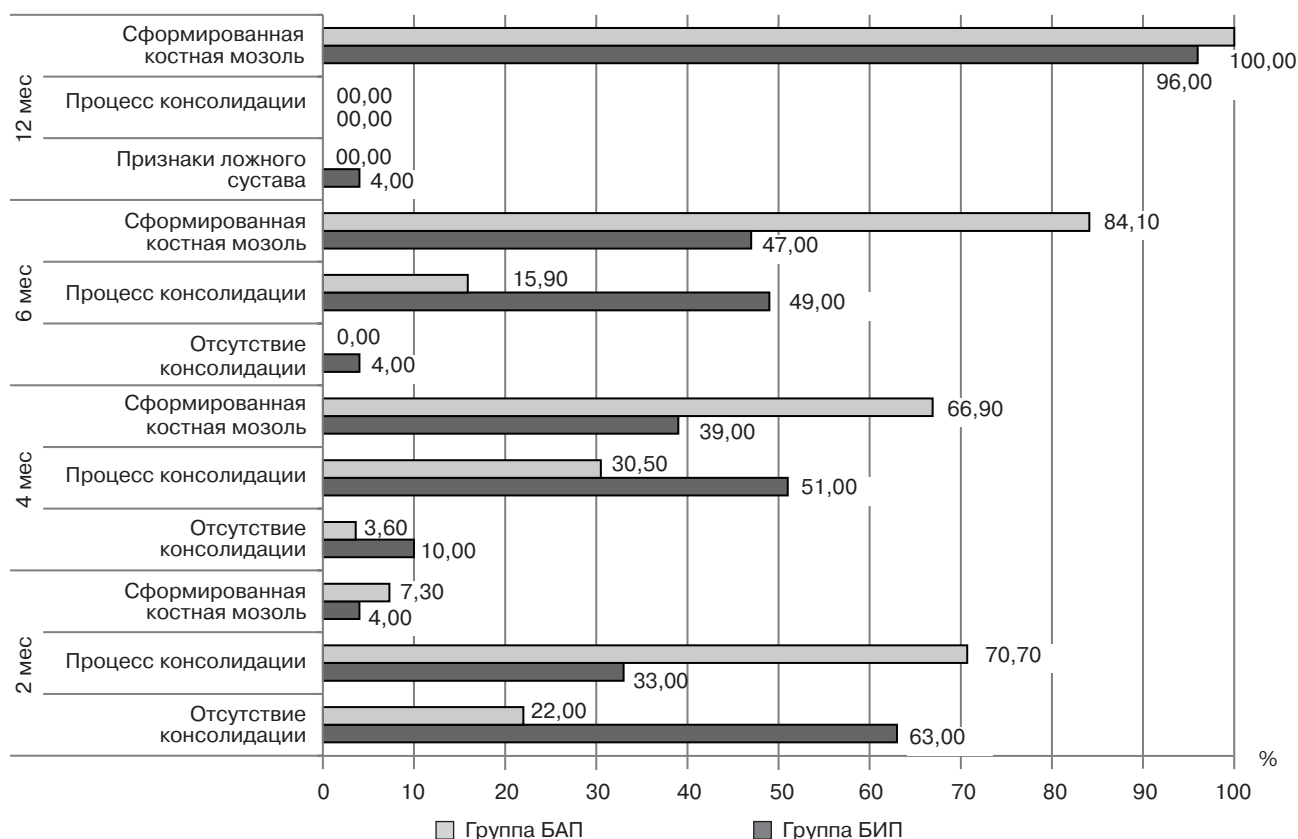


Рис. 4. Динамика консолидации переломов, леченных с использованием БАП и БИП, по данным ультразвукового исследования.

однако было 4 (4%) случая с признаками ложного сустава.

Исследование минеральной плотности кости с использованием ультразвуковой остеометрии через 2–3 мес после операции в общей выборке (182 человека) показало, что 45 (24,7%) пациентов имели нормальные показатели прочности кости. У 49 (26,9%) больных с переломами бедренной ($n=28$) и большеберцовой ($n=21$) костей наблюдалось снижение плотности костной ткани, при этом остеопороз или остеопения на стороне перелома сочетались с нормальными показателями на здоровой конечности. Такие данные расценивались нами как проявления локального остеопенического синдрома. В 88 (48,4%) случаях УЗ-остеометрия выявила пониженную плотность костной ткани на двух конечностях, что позволило трактовать изменения как системный ОПС. Среди больных с подобными нарушениями основную массу со-

ставляли пациенты с повреждением нижней конечности и только у 13 (7,1%) больных перелом локализовался на верхней конечности. Повторный осмотр проведен через 4–6 мес после операции у 65 пациентов. Локальный ОПС выявлен у 23,1% пациентов с переломами бедра, большеберцовой кости, системный ОПС – у 53,8% пострадавших. Нормаль-

ные показатели костной прочности отмечены в 23,1% случаев (табл. 3).

Обращает на себя внимание высокая доля системного ОПС (59,0%) у оперированных с применением БИП по сравнению с БАП (35,4%). В период интенсивного формирования костной мозоли определяется почти двукратное превалирование локаль-

Таблица 3

**Динамика костной прочности
после применения биоинертного и биоактивного покрытия**

Сроки исследования	Состояние костной прочности	Исследуемые группы		Уровень значимости (p)
		БИП	БАП	
60–90 дней	Норма	22 (22,0%)	23 (28,0%)	0,573
	Локальный ОПС	19 (19,0%)	30 (36,6%)	0,064
	Системный ОПС	59 (59,0%)	29 (35,4%)	0,078
120–180 дней	Норма	10 (10,0%)	36 (44,0%)	0,030
	Локальный ОПС	30 (30,0%)	10 (12,0%)	0,293
	Системный ОПС	60 (60,0%)	36 (44,0%)	0,630

Таблица 4

**Содержание остеокальцина, С-концевого телопептида
в сыворотке крови больных в зависимости от варианта остеосинтеза**

Сроки исследования после операции	Остеокальцин (референсные значения 12,3–30,5), нг/мл		С-концевой телопептид (референсные значения 0,14–0,52), нг/мл	
	Группа с БИП	Группа с БАП	Группа с БИП	Группа с БАП
4 дня	22,55±7,48	19,83±7,14	0,86±0,44	0,82±0,82
6 мес	25,96±5,01 (<i>p</i> >0,05)	24,18±4,35 (<i>p</i> <0,05)	1,22±0,74 (<i>p</i> <0,05)	0,98±0,76 (<i>p</i> >0,05)

Примечание. *p* – статистическая значимость отличий по сравнению с предыдущим сроком исследования.

ного ОПС в группе пациентов с остеосинтезом БАП (36,6% против 19,0%), что свидетельствует о более благоприятном течении репаративного процесса у данной категории больных.

Тенденции, отмеченные через 2–3 мес после травмы, отчетливо проявились спустя 4–6 мес. У 44% пациентов с БАП- и 10% с БИП-имплантатами отсутствовали отклонения при ультразвуковом исследовании. Количество локальных изменений плотности кости увеличилось в группе с БИП (30,0% против 19,0% при первом осмотре). При БАП эта доля случаев, наоборот, снизи-

лась – с 36,6% во время первого исследования до 12,0% – во время второго.

Оценка состояния костной ткани в процессе консолидации переломов кроме ультразвуковой остеометрии предполагала также включение в работу исследования биохимических маркеров костного метаболизма (табл. 4).

Нами было установлено, что через 4 дня после операции содержание С-концевого телопептида в сыворотке крови больных было в 1,6–1,7 раза выше верхней границы референсных значений. В дальнейшем, через 6 мес после операции, в группе с БИП содержание С-концевого телопептида

возросло в 1,4 раза по сравнению с предыдущим сроком, а в группе с БАП – существенно не изменилось. Содержание остеокальцина в динамике после операции возросло при использовании БАП на 22%, а при БИП – на 12% относительно исходного уровня.

Была проанализирована взаимосвязь между уровнем маркеров костного метаболизма и состоянием костной прочности по данным ультразвуковой остеометрии (табл. 5).

Как следует из приведенных данных, у пациентов с показателями костной прочности, соответствующими норме, выявлен прирост маркеров костной резорбции и синтеза костной ткани, что укладывается в известные закономерности минерального обмена в период интенсивного формирования костной мозоли. Наблюдаемая тенденция к более высокому приросту содержания остеокальцина в группе с применением биоактивных покрытий позволяет говорить о стимулирующем воздействии биоактивного остеосинтеза в условиях неизменного костного метаболизма на функцию остеобластов. При остеопеническом синдроме уро-

Таблица 5

**Содержание остеокальцина, С-концевого телопептида в сыворотке крови больных
в зависимости от прочности костной ткани при биоактивном и бионертном вариантах остеосинтеза**

Плотность костной ткани	Остеокальцин, нг/мл		С-концевой телопептид, нг/мл	
	4 дня п/о	6 мес п/о	4 дня п/о	6 мес п/о
Норма (<i>n</i> = 10)	20,21 ± 7,81	23,41 ± 3,48*	0,92 ± 1,04	1,34 ± 0,80*
БИП (<i>n</i> = 4)	24,38	24,55	0,93	1,26
БАП (<i>n</i> = 6)	17,43	22,65	0,90	1,39
Остеопенический синдром (<i>n</i> = 17)	22,42 ± 6,03	25,58 ± 5,23*	0,68 ± 0,39	0,91 ± 0,65*
БИП (<i>n</i> = 5)	24,22	28,02	0,89	1,46
БАП (<i>n</i> = 12)	21,66	24,56	0,60	0,68
Локальный ОПС (<i>n</i> = 10)	23,20 ± 6,38	24,81 ± 6,16*	0,70 ± 0,42	0,91 ± 0,81*
БИП (<i>n</i> = 2)	23,56	30,09	1,09	2,20
БАП (<i>n</i> = 8)	23,11	23,49	0,60	0,59
Системный ОПС (<i>n</i> = 7)	21,30 ± 5,81	26,68 ± 3,70*	0,66 ± 0,36	0,90 ± 0,41*
БИП (<i>n</i> = 3)	24,66	26,65	0,75	0,97
БАП (<i>n</i> = 4)	18,78	26,70	0,60	0,85

* Статистическая значимость показателей между сроками исследования в динамике.

вень остеокальцина в группах с биоактивным и биоинертным вариантами остеосинтеза возрастал и существенно не отличался между группами. В то время как прирост маркера костной резорбции был выше в группе с биоинертным металлоостеосинтезом.

Обращает на себя внимание тот факт, что в структуре группы с остеопеническим синдромом пациенты с локальным ОПС и БАП не показали прироста по уровню маркера костной резорбции. У пациентов с биоинертным вариантом остеосинтеза уровень маркера через 6 мес после операции повысился в 2 раза по сравнению с ранним сроком после операции.

В группе с системным ОПС отмечен достоверный ($p < 0,05$) прирост уровня маркера костной резорбции в динамике, который существенно не зависел от варианта используемой пластины. Увеличение уровня остеокальцина в сопоставляемых группах произошло преимущественно за счет пациентов с БАП.

Заключение

Применение в травматологической практике комплексного ультразвукового исследования, направленного на мониторинг формирования костной мозоли и оценку костного метаболизма в стандартные сроки после наложения металлоконструкций, обеспечивает эффективную оценку различных вариантов консолидации перелома, что может быть использовано для своевременной коррекции лечения.

Данные ультразвукового мониторинга процессов консолидации, согласующиеся с динамикой изменений биохимических маркеров остеогенеза, дают основание говорить о положительном влиянии биоактивных пластин на процесс консолидации переломов трубчатых костей.

Сопоставление изменения костного метаболизма, выявленного по данным УЗО, с темпами консолидации позволяет рассма-

тривать локальный ОПС как прогностически благоприятный признак своевременного формирования костной мозоли.

Тема, предмет и содержание работы не затрагивают конкурирующих интересов авторов.

Литература

1. Агаджанян В.В., Агаларян А.К. Научно-организационные технологии оказания медицинской помощи пострадавшим с политравмами при доминирующих повреждениях внутренних органов. *Политравма*. 2012; 3: 5–10.
2. Серкова Е.В. Медико-социальные аспекты травматизма и пути совершенствования системы оказания медицинской помощи пострадавшим с переломами костей конечностей (комплексное социально-эпидемиологическое исследование на примере Курганской области): Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Екатеринбург; 2011.
3. Легостаева Е.В., Шаркеев Ю.П., Гнеденков С.В., Комарова Е.Г., Егоркин В.С., Синебрюхов С.Л. и др. Микродуговые кальцийфосфатные покрытия по поверхности наноструктурированного титана: морфология, физико-механические и электрохимические свойства. *Материаловедение*. 2013; 4: 48–56.
4. Попов В.П., Хлусов И.А., Шаркеев Ю.П. Экспериментальное обоснование in vitro остеогенных свойств кальций-фосфатных покрытий с различным фазовым составом. *Политравма*. 2012; 3: 72–7.
5. Rahimzadeh R., Veshkini A., Sharifi D., Hesaraki S.V. Value of color Doppler ultrasonography and radiography for the assessment of the cancellous bone scaffold coated with nano-hydroxyapatite in repair of radial bone in rabbit. *Acta Cir. Bras.* 2012; 27 (2): 148–54.
6. Zhu W., Xiao J., Wang D., Liu J., Xiong J., Liu L. et al. Experimental study of nano-HA artificial bone with different pore sizes for repairing the radial defect. *Int. Orthop.* 2009; 33 (2): 567–71.
7. Власова И.С. Современные методы лучевой диагностики остеопороза. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2002; 1: 37–42.
8. Рожинская Л.Я. Системный остеопороз: Практическое руководство для врачей. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издатель Мокеев; 2000.
9. Guglielmi G., Adams J., Link T. Quantitative ultrasound in the assessment of skeletal status. *Eur. Radiol.* 2009; 19: 1837–48.
10. Урьев В.Г. Возможности эхографии в оценке состояния дистракционного регенерата при удлинении верхних и нижних конечностей. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2007; 2: 230.
11. Bruno C. Gray-scale ultrasonography in the evaluation of bone callus in distraction osteogenesis of the mandible: initial findings. *Eur. Radiol.* 2008; 18: 1012–7.
12. Guglielmi G., Scalzo G., de Terlizzi F., Peh W.C. Evaluation of distracted mandibular bone using computed tomography scan and ultrasonography: technical note. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2009; 38 (5): 274–80.
13. Selim H., Elbargothy N., Nabil Y., El-Hakim I. Evaluation of distracted mandibular bone using computed tomography scan and ultrasonography: technical note. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2009; 38 (5): 274–80.
14. Завадовская В.Д., Нигматова Э.Ш., Килина О.Ю. Ультразвуковая остеометрия в оценке костной прочности при массовых осмотрах населения. *Мед. визуализация*. 2005; 6: 13–8.
15. Guglielmi G., Scalzo G., de Terlizzi F., Peh W.C. Quantitative ultrasound in osteoporosis and bone metabolism pathologies. *Radiol. Clin. North Am.* 2010; 48 (3): 577–88.

References

1. Agadzhanian V.V., Agalyarian A.K. Scientific and organizational techniques of medical care in patients with multiple injuries and dominant internal injuries. *Politavma*. 2012; 3: 5–10 (in Russian).
2. Serkova E.V. Medical and social aspects of injuries and ways to improve the health care system suffered from bone fractures (Comprehensive socio-epidemiological study on the Kurgan region): PhD med. sci. Thesis in Diss. Ekaterinburg; 2011 (in Russian).

3. Legostaeva E.V., Sharkeev Yu.P., Gnedenkov S.V., Komarova E.G., Egorkin V.S., Sinebryukhov S.L. et al. Microarc calcium phosphate coating on titanium surface nanostructuring: morphology, physical, mechanical and electrochemical properties. *Materialovedenie*. 2013; 4: 48–56 (in Russian).
4. Popov V.P., Khlusov I.A. Sharkeev Yu.P. Experimental study in vitro of osteogenic properties of calcium phosphate coatings with different phase composition. *Poli-travma*. 2012; 3: 72–7 (in Russian).
5. Rahimzadeh R., Veshkini A., Sharifi D., Hesaraki S.V. Value of color Doppler ultrasonography and radiography for the assessment of the cancellous bone scaffold coated with nano-hydroxyapatite in repair of radial bone in rabbit. *Acta Cir. Bras.* 2012; 27 (2): 148–54.
6. Zhu W., Xiao J., Wang D., Liu J., Xiong J., Liu L., Zhang X., Zeng Y. Experimental study of nano-HA artificial bone with different pore sizes for repairing the radial defect. *Int. Orthop.* 2009; 33 (2): 567–71.
7. Vlasova I.S. Modern methods of radiological diagnosis of osteoporosis. *Vestnik rentgenologii i radiologii*. 2002; 1: 37–42 (in Russian).
8. Rozhinskaya L.Ya. Systemic osteoporosis: A practical guide for physicians. 2nd ed., Rev. and add. Moscow: Izdatel' Mokeev; 2000 (in Russian).
9. Guglielmi G., Adams J., Link T. Quantitative ultrasound in the assessment of skeletal status. *Eur. Radiol.* 2009; 19: 1837–48.
10. Ur'ev V.G. Capabilities of ultrasound in the assessment of distraction regenerate when extending upper and lower extremities. *Ultrazvukovaya i funktsional'naya diagnostika*. 2007; 2: 230 (in Russian).
11. Bruno C. Gray-scale ultrasonography in the evaluation of bone callus in distraction osteogenesis of the mandible: initial findings. *Eur. Radiol.* 2008; 18: 1012–7.
12. Guglielmi G., Scalzo G., de Terlizzi F., Peh W.C. Evaluation of distracted mandibular bone using computed tomography scan and ultrasonography: technical note. *Dento-maxillofac. Radiol.* 2009; 38 (5): 274–80.
13. Selim H., Elbargothy N., Nabil Y., El-Hakim I. Evaluation of distracted mandibular bone using computed tomography scan and ultrasonography: technical note. *Dento-maxillofac. Radiol.* 2009; 38 (5): 274–80.
14. Zavadovskaya V.D., Nigmatova E.Sh., Kilina O.Yu. Ultrasonic osteometry in an assessment of bone strength in mass examinations of the population. *Meditinskaya vizualizatsiya*. 2005; 6: 13–8 (in Russian).
15. Guglielmi G., Scalzo G., de Terlizzi F., Peh W.C. Quantitative ultrasound in osteoporosis and bone metabolism pathologies. *Radiol. Clin. North. Am.* 2010; 48 (3): 577–88.

Поступила 19.05.2014