



май, 2014

# Вопросы ТРАВМАТОЛОГИИ и ОРТОПЕДИИ

Электронный научный журнал

№1 (8)

НИЖЕГОРОДСКИЙ  
**НИИТО**



[www.vto-journal.ru](http://www.vto-journal.ru)



УДК 617.575-001-039.12-089.163:519.768

**А.И. Волотовский,**УО «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск,  
УЗ «6-я городская клиническая больница», г. Минск

# ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ЗАСТАРЕЛЫХ ПЕРЕЛОМАХ ЛАДЬЕВИДНОЙ КОСТИ

Волотовский Алексей Игоревич –  
e-mail: [aleksei\\_volotovs@mail.ru](mailto:aleksei_volotovs@mail.ru), [volotovski@bsmu.by](mailto:volotovski@bsmu.by)

Представлена методика предоперационного компьютерного моделирования в разработанной программе визуализации в процессе диагностики и хирургического лечения у 38 пациентов с застарелыми повреждениями ладьевидной кости запястья. Методика позволила четко оценить характер посттравматической деформации кости, ее укорочение, а также виртуально отработать этапы будущего реконструктивного оперативного вмешательства. В результате моделирования была определена величина перемещения костных отломков для устранения углового и ротационного смещения, а также размеры предполагаемого костного трансплантата, необходимого для восполнения возникшего дефекта кости, что в последующем использовано в реальной операции.

**Ключевые слова:** программа визуализации, ладьевидная кость, хирургическое лечение, предоперационное моделирование.

There was presented a technique of preoperative computer modeling in the developed program of visualization when diagnosing and treating surgically 38 patients with old injuries of the wrist scaphoid bone. The technique made it possible to assess accurately the character of the bone post-traumatic deformation, its shortening, as well as to work out virtually the stages of the future reconstructive operative interventions. As a result of modeling, there was determined both the distance to displace the bone debris in order to eliminate the angular and rotary shift and the size of the suspected bone graft necessary to make up for the bone defect, which was later used when performing an operation.

**Key words:** visualization program, scaphoid bone, surgical treatment, preoperative modeling.

## ВВЕДЕНИЕ

Среди переломов костей запястья наиболее часто встречаются повреждения ладьевидной кости – от 54 до 88% [1, 2]. Несмотря на постоянное совершенствование методов диагностики и лечения, проблема застарелых переломов ладьевидной кости не теряет актуальности для ортопедии и травматологии. Из-за достаточно сложной рентгенодиагностики повреждений, нередко возникающих ошибок в интерпретации рентгенологической картины, несвоевременного обращения пациентов за помощью до сих пор в практике травматолога-ортопеда имеют место несращения и ложные суставы.

В основе современных подходов к диагностике патологии ладьевидной кости лежит дифференцированное применение специальных методов обследования (рентгеновская компьютерная томография (РКТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), артроскопия) [3]. Использование РКТ дает возможность не только улучшить диагностику, но и позволяет пространственно оценить возникающие в запястье изменения [4, 5, 7]. Однако при достаточном уровне развития специальных методов обследования, в зарубежной и отечественной литературе нет сведений об использовании компьютерных технологий, создающих на основе плоскостных изображений по данным РКТ и МРТ объемное трехмерное изображение костей и связок запястья. Такая компьютерная программа позволила бы наглядно смоделировать процесс развития посттравматических изменений и основные этапы лечебных мероприятий.



**ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ:** разработать и внедрить в клиническую практику методику предоперационного моделирования и планирования ключевых этапов оперативного вмешательства при застарелых переломах ладьевидной кости с использованием компьютерной программы визуализации патологии запястья.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В Республиканском центре хирургии кисти 6-й клинической больницы г. Минска в период с 1996 по 2013 год оказана специализированная травматолого-ортопедическая помощь 534 пациентам с односторонними внутрисуставными повреждениями костей и связок запястья (ВПКСЗ). Во всех клинических случаях применяли хирургический метод лечения. Правое запястье было повреждено у 286 человек (53,6%), левое – у 248 (46,4%). Возраст пострадавших находился в диапазоне от 15 до 70 лет, среднее значение составило  $29,8 \pm 0,49$  года. Переломы костей запястья были выявлены у 360 пациентов (67,4% от всех внутрисуставных повреждений запястья). Правая кисть была травмирована у 191 человека (54,4%), левая – у 169 (45,6%). В основном среди обнаруженных переломов преобладали застарелые формы – 336 случаев (93,1%). Большинство повреждений было выявлено в ладьевидной кости. Диагностированы 352 перелома в разные сроки после травмы, 65,9% от всех внутрисуставных повреждений запястья и 97,8% от переломов костей запястья. Преимущественно наблюдались застарелые повреждения ладьевидной кости – 347 случаев (65,0% от общего числа повреждений запястья). У 38 пациентов отмечены переломы в процессе консолидации, до среднего срока сращения (типы B2, B3, B5 по Herbert), у 22 – несросшиеся переломы (тип C), у 287 – ложные суставы (D1, D2, D3, D4 по Herbert).

С 2008 года в лечебно-диагностический комплекс у пациентов с внутрисуставными повреждениями костей и связок запястья (ВПКСЗ) была включена РКТ с 3D-реконструкцией. Методику применили у 98 пациентов с ВПКСЗ. Критерием использования являлись нарушения целостности костей запястья на фоне переломов со смещением, аваскулярного некроза, повреждения связок запястья с развитием многокомпонентной деформации.

На основании данных РКТ совместно специалистами Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси, кафедры травматологии и ортопедии УО «Белорусский государственный медицинский университет», Республиканского научно-практического центра травматологии и ортопедии и УЗ «6-я городская клиническая больница» г. Минска была разработана и внедрена в клиническую практику программа визуализации патологии запястья, которая обеспечила полную функциональность трехмерных измерений и визуализации поврежденного и здорового запястий. Трехмерное моделирование при помощи инструментов программы визуализации было использовано в предоперационном планировании у 61 пациента.

Компьютерное моделирование включало следующие этапы: сканирование тканей пациента с помощью компьютерного томографа; трехмерная реконструкция и визуализация; сегментация; измерение моделей костей; оценка результатов измерений и принятие решений относительно дальнейших действий; виртуальная остеотомия и репозиция.

Основной задачей этапов 1–6 процесса моделирования являлось уточнение степени патологических изменений в запястье и постановка окончательного клинического диагноза. Генерирование трехмерной модели выполнили у 38 пострадавших с застарелыми переломами ладьевидной кости и нарушением репаративной регенерации в разные сроки после травмы.

После загрузки в программу Dicom-файлов РКТ и маркировки каждой кости произвольно выбранным цветовым маркером генерировали трехмерную модель здорового и патологически измененного запястья. В зависимости от клинической ситуации возможно произвольное выделение отдельных костей или их групп. Сгенерированную модель с помощью инструментов программы в ходе визуализации можно перемещать во всех плоскостях и направлениях. Все элементы запястья осматривали с разной степенью увеличения. Осмотр проводили в последовательности, разработанной для оценки 3D-реконструкции РКТ, оценивая изображение как минимум в шести проекциях (прямые тыльная и ладонная проекции, боковые лучевая и локтевая проекции,



косые проекции в полусупинации и полупронации). Инструменты программы обеспечили возможность просмотра увеличенного изображения отдельно выделенных костей дистального ряда запястья после виртуального удаления дистальных отделов кисти и, к примеру, проксимального ряда. Сегментация также позволила при необходимости осмотреть поверхности, не доступные визуализации при применении рентгенологического обследования или стандартной 3D-реконструкции на компьютерном томографе, к примеру, суставные поверхности костей проксимального ряда после виртуального удаления костей предплечья.

В ходе этапа 7 визуализации выполняли предоперационное виртуальное моделирование основных этапов предстоящей хирургической реконструкции поврежденного запястья – виртуальную репозицию костных отломков.

Для выполнения компьютерного устранения смещения фрагментов сломанной ладьевидной кости маркировали каждый из отломков маркерами разного цвета, что в последующем позволяло сделать один из них уникальным «текущим» объектом и перемещать его по нашему усмотрению. Определяли место расположения оси предполагаемого вращения дистального фрагмента путем создания двух маркеров по краям тыльного края зоны контакта отломков. Вокруг оси, образованной маркерами при помощи инструментов программы визуализации, проводили перемещение дистального фрагмента на угол, необходимый для восстановления длины поврежденной ладьевидной кости в соответствии с параметрами здоровой верхней конечности. Это способствовало точной отработке этапов предстоящего оперативного вмешательства и определению размеров костного трансплантата для замещения образовавшегося дефекта в межотломковом пространстве.

Для изучения двигательных характеристик восстановленного запястья и силы кисти в сравнении со здоровой верхней конечностью использовали методику объективной оценки клиники Mayo. Изучение результатов лечения с учетом субъективной оценки пациента, отражающей качество работы конечности в бытовом и профессиональном аспекте, проводили при помощи вопросника DASH «неспособно-

стей верхних конечностей», разработанного в Институте работы и здоровья (Канада) совместно с Американской академией ортопедической хирургии, рекомендованного для ортопедов, занимающихся лечением патологии верхней конечности [5, 7].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На генерированных трехмерных моделях патологически измененного и здорового запястий в сравнительном режиме оценивали величину укорочения и характер деформации ладьевидной кости, что значительно облегчило в последующем выбор хирургического подхода к ладьевидной кости и интраоперационное ориентирование в ходе реальной операции. В результате измерений инструментами программы визуализации медиана длины ладьевидной кости составила на стороне повреждения 28,4 мм (26,3–29,8), на здоровой конечности – 29,0 мм (28,2–30,6). В планировании предстоящего хирургического лечения застарелых переломов ладьевидной кости, в том числе с развитием посттравматических деформаций, была применена разработанная компьютерная модель виртуальной репозиции костных отломков. Предоперационное моделирование этапов предстоящей хирургической реконструкции было выполнено в 6 случаях диагностированного ложного сустава ладьевидной кости со смещением отломков.

У подавляющего большинства наших пациентов несращения и образование ложных суставов ладьевидной кости развивались на фоне нестабильности отломков в зоне перелома, при отсутствии лечения или неправильном выборе лечебной методики. Кроме того, у лиц, не получавших лечения, без иммобилизации, постоянная патологическая подвижность во время движений кисти приводила к резорбции костного вещества фрагментов по их ладонной поверхности. Это происходило из-за постоянной травматизации ладонного края отломков в результате их повторяющихся патологических сгибательных движений во время функциональной нагрузки. Постепенно на фоне развивающегося дефекта кости формировалось значительное угловое смещение, увеличивался диастаз, что еще больше усугубляло нарушение репаративной регенерации.



Виртуальная репозиция позволила заранее в предоперационном периоде определить направление и расстояние, на которое необходимо переместить отломки кости, что одновременно указывало на размеры предполагаемого костного трансплантата для восполнения образовавшегося дефекта кости. Медиана показателя, отражающего расстояние перемещения костного фрагмента в процессе репозиции, составила 7,7 мм (7,5–8,3 мм).

Полученные данные в последующем использовались в процессе открытого устранения смещения и моделирования костного трансплантата в операционной.

В последние годы мы отдаем предпочтение кортикоспонгиозной костной аллопластике, позволяющей избежать травмирования других анатомических зон и сократить время оперативного вмешательства.

В ходе операции у пациентов проводили экономную резекцию краев отломков в зоне ложного сустава. После обнажения ладонной поверхности кости выполняли иссечение рубцовой ткани и мобилизацию костных отломков. Для облегчения манипулирования в каждый из фрагментов ладьевидной кости внедряли укороченную металлическую репонирующую спицу. При помощи спиц разводили отломки и выполняли хирургическую обработку зоны ложного сустава, осциллирующей пилой или металлическим бором экономно резецировали края измененных участков кости.

В случаях ложного сустава со смещением фрагментов без выраженного дефекта костного вещества применяли фигурный трансплантат в форме правильной треугольной призмы.

Если при проведении обследования с применением компьютерной программы визуализации выявляли значительные смещения, деформацию, требовавшие хирургической обработки, резекции краев отломков, дефект кости замещали трансплантатом в форме усеченной треугольной призмы.

При проведении в дальнейшем оперативного вмешательства основанием трансплантата, как правило, являлась кортикальная пластинка, которую располагали с ладонной стороны восполняемого дефекта таким образом, чтобы ее края совпадали с поверхностью ладьевидной кости.

Приводим клиническое наблюдение.

Клиническое наблюдение 1.

Пациент Л. (история болезни № 5432/2), 51 год, служащий, госпитализирован в Республиканский центр хирургии кисти УЗ «6-я городская клиническая больница» г. Минска 21.05.2012 г. через 30 лет после травмы во время игры в футбол, падения с опорой на разогнутую в запястье левую кисть. В амбулаторных условиях была оказана помощь, иммобилизация в течение 10 дней, на рентгенограммах костной патологии обнаружено не было. В течение прошедших лет пациента беспокоили боли в запястье, периодически усиливающиеся, особенно во время и после физической нагрузки.

После новой травмы (падения) пациент обратился в консультативный кабинет центра. При осмотре: отек лучевой части левого запястья, преимущественно тыльно-лучевой поверхности запястья, сглаженность контуров «анатомической табакерки», ограничение движений в левом запястье ( $25^{\circ}/0^{\circ}/40^{\circ}$ ), снижение амплитуды на  $60^{\circ}$  по сравнению со здоровой конечностью, положительные тесты болезненности при осевой нагрузке на ладьевидную кость и усиления боли при попытке выполнения пассивных лучевого и локтевого отклонений кисти, снижение силы кисти на 60%.

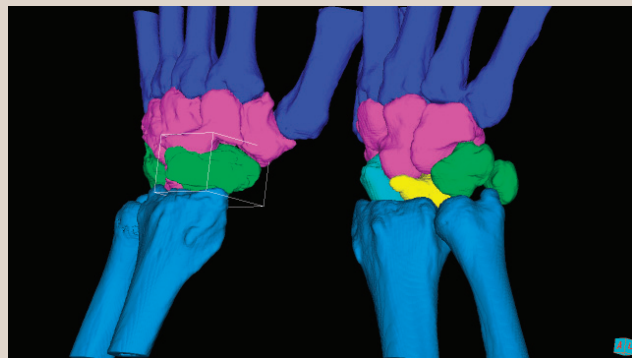
На рентгенограммах в трех проекциях был диагностирован ложный сустав ладьевидной кости на уровне проксимальной трети со смещением отломков, подтип D3 (рисунок 1).



**РИС. 1.** Рентгенограммы левого запястья пациента Л. Ложный сустав ладьевидной кости левого запястья в проксимальной трети, тип D3: а – прямая проекция;

б – боковая проекция запястья.

Выполнена РКТ, проведено компьютерное моделирование, выявлены укорочение и деформация за счет смещения и дефекта костного вещества отломков левой ладьевидной

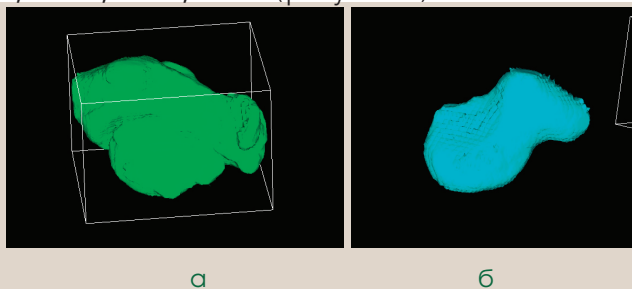


кости (рисунок 2).

**РИС. 2.**

Модель запястий пациента Л. с ложным суставом ладьевидной кости левой кисти, подтип D3.

Используя инструменты программы, определили длину поврежденной и здоровой костей – 23,72 мм и 26,84 мм соответственно, визуализировали остеофит тыльной части проксимального фрагмента размерами 5,04×4,32×3,21 мм (рисунок 3).



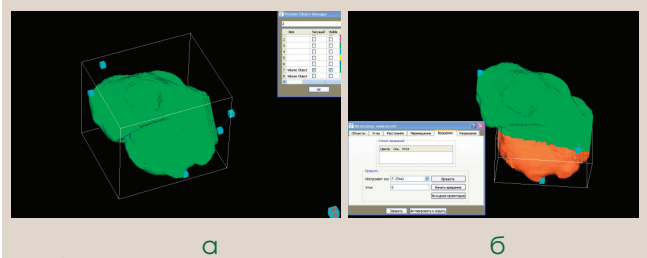
**РИС. 3.**

Сегментация ладьевидных костей обоих запястий пациента Л., вид с внутренней стороны, образующей ладьевидно-полулунные сочленения: а – модель деформированной ладьевидной кости левого запястья; б – модель ладьевидной кости правого запястья, вариант нормы.

С целью уточнения тактики хирургического лечения была выполнена виртуальная краевая резекция тыльного остеофита дистального фрагмента (рисунок 4а) и условное разделение контура ладьевидной кости на проксимальный и дистальный фрагменты (рисунок 4б).

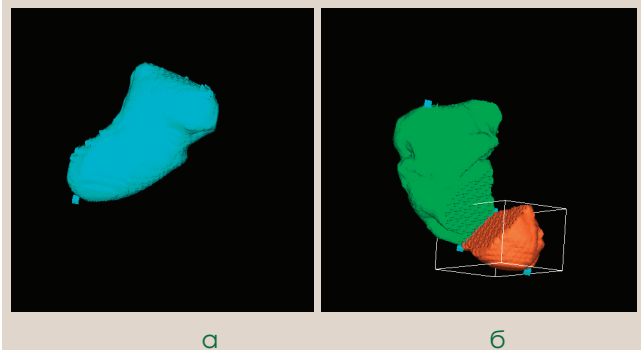
Далее проведена виртуальная репозиция отломков путем устранения угловой деформации кости. При помощи двух дополнительных маркеров, ограничивающих линию ложного сустава, у тыльного края кости была генериро-

вана ось предстоящего перемещения. Фрагменты перемещали путем вращения во взаимно противоположных направлениях до выравнивания размеров поврежденной и здоровой кости (рисунок 5а, 5б).



**РИС. 4.**

Трехмерная модель ладьевидной кости пациента Л. Этапы виртуальной реконструкции: а – резекция тыльного остеофита дистального фрагмента; б – разъединение и маркировка разными цветами фрагментов ладьевидной кости.



**РИС. 5.**

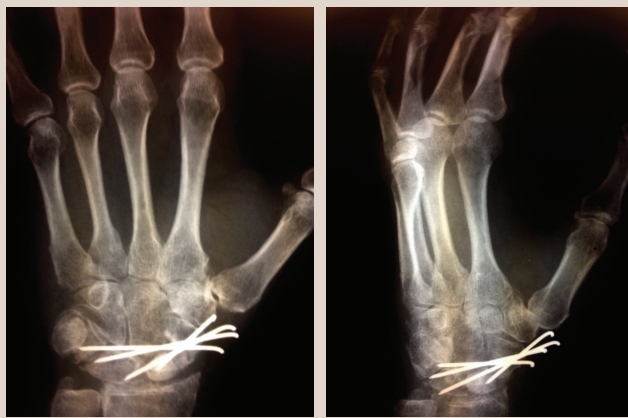
Трехмерная модель обеих ладьевидных костей пациента Л. Виртуальная репозиция: а – правая ладьевидная кость, вид с ладонной поверхности; б – левая ладьевидная кость после перемещения отломков, вид с ладонной поверхности.

Величина разведения фрагментов по ладонной поверхности кости составила 7,85 мм. Размеры образовавшегося дефекта в виде треугольной призмы составили 7,85×5,45×4,32 мм.

22.05.2012 г. пациенту проведено оперативное вмешательство из ладонного доступа: резекция ложного сустава, репозиция отломков с пластикой дефекта путем трансплантации фрагментов аллокости с кортикальным слоем, остеосинтез отломков и ладьевидно-полулунного сочленения спицами (рисунок 6а,б).

Послеоперационный период – без особенностей. Выписан из стационара на 7-е сутки. Имобилизация в послеоперационном периоде ладонной гипсовой шиной в течение 10 недель. Осмотрен через 12 месяцев после операции. Жалоб не предъявляет. Функция поврежденного запястья улучшилась.

Движения в сочленениях левого запястья  $35^{\circ}/0^{\circ}/50^{\circ}$ , сила левой кисти 90% от здоровой конечности. Значения числа Mayo 80, DASH 12,5.



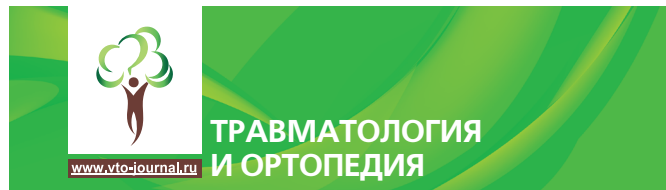
**РИС. 6.** Рентгенограммы пациента Л. через 2,5 месяца после оперативного вмешательства. Консолидация зоны ложного сустава: а – правая ладьевидная кость, вид с ладонной поверхности; б – левая ладьевидная кость после перемещения отломков, вид с ладонной поверхности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение трехмерного компьютерного моделирования в комплексном обследовании пациентов с застарелыми повреждениями ладьевидной кости позволяет точно оценить параметры патологически измененной ладьевидной кости и характер ее деформации. Использование методики виртуальной репозиции отломков в дооперационном периоде обеспечивает определение предполагаемых размеров костного дефекта и необходимого для восстановления целостности ладьевидной кости костного трансплантата, высота которого у наших пациентов составила 7,7 мм (7,5–8,3 мм). В итоге проведение предоперационного компьютерного моделирования создает наиболее благоприятные условия для четкого планирования этапов предстоящей реконструкции запястья и облегчает выполнение реального оперативного вмешательства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов В.Н., Леонтьев Н.В., Строганов А.Б. Сравнительная оценка эффективности фиксации фрагментов ладьевидной кости запястья винтами различной конструкции. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2001. № 3. С. 45-47.  
*Anisimov V.N., Leont'ev N.V., Stroganov A.B. Sravnitel'naya ocenka effektivnosti fiksatsii fragmentov lad'evidnoy kosti zap'yast'ya vintami razlichnoy konstruktsii. Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova. 2001. № 3. S. 45-47.*
2. Ашкенази А.И. Хирургия кистевого сустава. М.: Медицина, 1990. 352 с.  
*Ashkenazi A.I. Khirurgiya kistevogo sustava. M.: Medicina, 1990. 352 s.*
3. Васильев А.Ю., Буковская Ю.В. Лучевая диагностика поврежденного лучезапястного сустава и кисти. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 168 с.  
*Vasil'ev A.Yu., Bukovskaya Yu.V. Luchevaya diagnostika povrezhdeniy luche-zap'yastnogo sustava i kisti. M.: GEOTAR-Media, 2008. 168 s.*
4. Adey L. et al. Computed tomography of suspected scaphoid fractures. J Hand Surg. 2007. V. 32-A. № 1. P. 61-66.
5. Buitrago-Tllez C.H. et al. Three-dimensional computed tomography reconstruction of the carpal tunnel and carpal bones. Plast Reconstr Surg. 1998. V. 101. № 4. P. 1060-1064.
6. Moran S.L. et al. Capsulodesis for the treatment of chronic scapholunate instability. J Hand Surg. 2007. V. 30-A. № 1. P. 16-23.
7. Ty J.M., et al. Computed tomography for triage of suspected scaphoid fractures. HAND. 2008. № 3. P. 155-158.
8. Schuind F.A. et al. Functional and outcome evaluation of the hand and wrist. Hand Clin. 2003. V. 19. № 3. P. 361-369.



**Н.А. Гординская, М.Ю. Лебедев, М.В. Преснякова**  
Значение определения пресеписина в диагностике сепсиса у пациентов с тяжелой термической травмой..... 7

**N.A. Gordinskaya, M.Yu. Lebedev, M.V. Presnyakova**  
Significance of presepsin detection in sepsis diagnostics in patients with severe thermal injuries ..... 7

**А.И. Волотовский**  
Предоперационное компьютерное моделирование при застарелых переломах ладьевидной кости ..... 12

**A.I. Volotovskii**  
Preoperative computer modeling in case of old scaphoid bone fractures..... 12

**А.В. Новиков, Е.С. Некаева**  
Местное введение лекарственных препаратов в лечении «щелкающего пальца» ..... 18

**A.V. Novikov, E.S. Nekaeva**  
Local administration of medications in treatment of a trigger finger ..... 18

**И.В. Рябчиков, И.О. Панков, А.Г. Полякова**  
Оценка изменения качества жизни пациентов с внесуставными переломами проксимального отдела бедренной кости в процессе медицинской реабилитации ..... 26

**I.V. Ryabchikov, I.O. Pankov, A.G. Polyakova**  
Assessment of changes in the quality of life of patients with extraarticular fractures of the proximal end of femur in the process of medical rehabilitation ..... 26

**Т.Е. Белоусова, Ж.Ю. Карпова**  
Низкочастотная магнитофототерапия в медицинской реабилитации пациентов с остеоартрозом крупных суставов и позвоночника ..... 29

**T.E. Belousova, Zh.Yu. Karpova**  
Low-frequency magnetophototherapy in medical rehabilitation of patients with osteoarthritis of large joints and vertebral column ..... 29

**О.В. Воробьева, И.Н. Морозов**  
Оценка постуральных нарушений у пациентов в позднем периоде позвоночно-спинномозговой травмы ..... 34

**O.V. Vorobieva, I.N. Morozov**  
Estimation of postural disorders in patients with a vertebral cerebrospinal trauma ..... 34

**И.Д. Булюбаш, Е.Д. Павленко**  
Эмоциональное состояние, потребности и мотивация пациентов со спинномозговой травмой: фокусы и форматы работы психотерапевта ..... 38

**I.D. Bulyubash, E.D. Pavlenko**  
Emotional state, needs and motivation of the patients with a cerebrospinal trauma: focal spots and formats of the psychotherapist's work ..... 38



**А.Я. Алейник**  
Осложнения межкостистой динамической стабилизации..... 47

**Р.Н. Комаров**  
Изучение эффективности применения спейсера в лечении инфекционных осложнений после эндопротезирования тазобедренного сустава ..... 59

**С.А. Герасимов**  
Применение системы фиксации трансплантата передней крестообразной связки De puy Mitek с компонентами Rigid Fix и Bio-Intrafix ..... 49

**А.В. Крупко**  
Результаты хирургического лечения воронкообразной деформации грудной клетки в зависимости от способа оперативного лечения..... 61

**В.В. Горин**  
Интрамедуллярный остеосинтез при лечении около-суставных переломов большеберцовой кости..... 50

**П.В. Перетягин**  
Влияние ингаляций активными формами кислорода на состояние микроциркуляции при комбинированной термической травме в эксперименте ..... 62

**А.В. Дыдыкин**  
Факты и противоречия в представлениях о значении перифокальной зоны в онкогенезе злокачественных глиом..... 53

**А.Г. Соловьева**  
Перекисное окисление липидов в печени крыс с термической травмой при терапии тиол-содержащими динитрозильными комплексами железа ..... 65

**А.А. Зыкин**  
Результаты тотального эндопротезирования коленного сустава в условиях осевых деформаций и при нормальной оси конечности..... 58

**В.Е. Шеляхин**  
Малоинвазивное хирургическое лечение дистрофических кист костей у детей..... 67