

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИЗАТА ОБОГАЩЁННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ ПЛАЗМЫ У ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕЛОМАМИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ

Р.С. Титов¹, А.М. Файн^{1,2}, И.Н. Пономарёв¹, Н.В. Боровкова^{1,3}, И.И. Мажорова¹,
Л.Т. Хамидова¹, П.Г. Евграфов¹, А.Ю. Ваза¹, К.И. Скуратовская¹

¹Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Большая Сухаревская пл., д. 3, г. Москва, 129090, Россия

²Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова, Делегатская ул., д. 20, стр. 1, г. Москва, 127473, Россия

³Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, ул. Островитянова д. 1, г. Москва, 117997, Россия

Резюме. *Актуальность.* Переломы проксимального отдела плечевой кости составляют до 75 % всех переломов плечевой кости у пациентов старше 60 лет. Количество таких пациентов постоянно растёт, однако нет единых взглядов на тактику лечения данной травмы. *Цель:* определить эффективность применения лизата обогащённой тромбоцитами плазмы у пациентов с переломами проксимального отдела плечевой кости. *Объект и методы.* Проведено рандомизированное проспективное исследование, позволяющее оценить эффективность интраоперационного применения обогащённой тромбоцитами плазмы при остеосинтезе перелома проксимального отдела плечевой кости. Все оперируемые пациенты (n = 34) были распределены на три группы. В первую группу (основная 1) вошли пациенты, которым в конце оперативного вмешательства вводили лизат обогащённой тромбоцитами плазмы – 13 человек; во вторую (основная 2) – пациенты, у которых использовали богатую тромбоцитами плазму на 14 день от момента оперативного вмешательства, в третью (группа сравнения) – вошли пациенты, у которых лизат обогащённой тромбоцитами плазмы не применяли. Для объективизации влияния обогащённой тромбоцитами плазмы применяли ультразвуковой метод исследования. *Результаты.* При межгрупповом сравнении в разные сроки от операции показано, что в основной группе 1, которым богатую тромбоцитами плазму начинали интраоперационно, относительная толщина надостной мышцы на стороне операции была значимо ниже, чем в других группах. При сопоставлении результатов в группе сравнения и в основной группе 2 (которым лизат обогащённой тромбоцитами плазмы вводили на 14 сутки) относительная толщина надостной мышцы на стороне операции через 1 месяц и через 1,5–2,5 месяца от операции значимо не отличалась. *Выводы.* Интраоперационное применение обогащённой тромбоцитами плазмы позволяет снизить воспалительные изменения в сухожилиях надостной и подлопаточной мышц, что достоверно подтверждено данными ультразвукового исследования.

Ключевые слова: перелом проксимального отдела плечевой кости, оперативное лечение, остеосинтез плечевой кости, обогащённая тромбоцитами плазма, тромбоцитарный лизат.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов.

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке Автономной некоммерческой организации «Московский центр инновационных технологий в здравоохранении», соглашение № 1603-22/23.

Соответствие нормам этики. Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо.

Для цитирования: Титов Р.С., Файн А.М., Пономарёв И.Н., Боровкова Н.В., Мажорова И.И., Хамидова Л.Т., Евграфов П.Г., Ваза А.Ю., Скуратовская К.И. Эффективность применения лизата обогащённой тромбоцитами плазмы у пациентов с переломами проксимального отдела плечевой кости. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2024;14(2):52–59. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.2.CLIN.2>

EFFICACY OF USING PLATELET RICH PLASMA LYSATE IN TREATMENT PATIENTS WITH PROXIMAL HUMERUS FRACTURE

Roman S. Titov¹, Aleksey M. Fayn^{1,2}, Ivan N. Ponomarev¹, Natal'ya V. Borovkova^{1,3}, Irina I. Mazhorova¹, Layla T. Khamidova¹, Pavel G. Evgrafov¹, Aleksandr Yu. Vaza¹, Kristina I. Skuratovskaya¹

¹N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, 3, Bolshaya Sukharevskaya Square, Moscow, 129090, Russia

²A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20 Bldg. 1 Delegatskaya St., Moscow 127473, Russia

³N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, 1, Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia

Abstract. Relevance. Proximal humerus fractures account for up to 75 % of all humerus fractures in patients over 60 years of age. The number of such patients is constantly growing, but there is no consensus on the treatment of this injury. **Target.** To determine the effectiveness of using platelet-rich lysate in patients with proximal humerus fractures. **Object and methods.** A randomized prospective study was conducted. All operated patients (n = 34) were divided into 3 groups. The first group (main 1) included patients who were administered platelet-rich plasma lysate at the end of surgery – 13 patients. The second (main 2) included patients who used platelet-rich plasma on the 14th day from the moment of surgery. The third (comparison group) included patients who didn't use platelet-rich plasma lysate. To objectify the effect of platelet-rich plasma used the ultrasound method of research. **Results.** An intergroup comparison at different times after surgery showed that in the Main 1 group, in which PRP was started intraoperatively, the relative thickness of the supraspinatus muscle on the side of the operation was significantly lower than in other groups. In a pairwise comparison in the group of patients without PRP and in patients of the 2nd main group (who were administered PRP on the 14th day), the relative thickness of the supraspinatus muscle on the side of surgery after 1 month and after 1,5–2,5 months didn't differ significantly from surgery. **Conclusions.** Intraoperative use of platelet-rich plasma can reduce inflammatory changes in the tendons of the supraspinatus and subscapularis muscles, which is reliably confirmed by ultrasound data.

Key words: fractures of the proximal humerus, treatment of fractures of the proximal humerus, osteosynthesis of humerus, platelet rich plasma.

Competing interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study was carried out with the support of the Autonomous Non-profit Organization "Moscow Center for Innovative Technologies in Healthcare", Agreement No. 1603-22/23.

Compliance with ethical principles. The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary.

Cite as: Titov R.S., Fayn A.M., Ponomarev I.N., Borovkova N.V., Mazhorova I.I., Khamidova L.T., Evgrafov P.G., Vaza A.Yu., Skuratovskaya K.I. Efficacy of using platelet rich plasma lysate in treatment patients with proximal humerus fracture. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ". Rehabilitation, Doctor and Health.* 2024;14(2):52–59. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.2.CLIN.2>

Актуальность

Переломы проксимального отдела плечевой кости (ППОПК) составляют до 75 % всех переломов плечевой кости у пациентов старше 60 лет, при этом у женщин они встречаются в 2–3 раза чаще, чем у мужчин и занимают 3-е место по частоте, составляя около 5–7 % от всех переломов у взрослых пациентов [1, 2]. ППОПК оказывают сильное влияние на функцию конечности в ближайшем и отдалённом периодах. Количество таких пациентов постоянно растёт, особенно в старших возрастных группах [3, 4]. Нет единых взглядов на тактику лечения данной травмы, что связано с большим разнообразием переломов и возможных методов их лечения [5–7]. В настоящее время существует много способов фиксации отломков при ППОПК, однако нет определённого алгоритма действий, который позволил бы добиться чёткой анатомической репозиции при любом типе перелома [8–11]. Реабилитация после тяжёлых переломов является трудной задачей в связи с длительно сохраняющимся болевым синдромом. Для облегчения послеоперационного периода используют различные способы: физиотерапевтические процедуры, курсовой приём нестероидных противовоспалительных препаратов.

Тромбоциты человека содержат большой объём биологически активных веществ, включая факторы роста и дифференцировки клеток, цитокины, ангио-

генные факторы, и способны стимулировать многие репаративные процессы [12–19]. Исходным материалом для получения биопрепаратов выступает богатая тромбоцитами плазма (БотП), полученная из аутологичной венозной крови пациента. При этом отсутствует стандартная методика получения БотП для клинического применения. Одной из распространённых форм препарата на основе тромбоцитов человека являются тромбоцитарные лизаты. Тромбоцитарные лизаты получают путём разрушения аутологичных тромбоцитов пациента при низких или ультранизких температурах [14, 20, 21], они могут быть приготовлены из образцов с очень высоким содержанием тромбоцитов, что позволяет получать препараты, насыщенные ростовыми факторами.

Цель работы: определить эффективность применения лизата обогащённой тромбоцитами плазмы у пациентов с переломами проксимального отдела плечевой кости.

Объект и методы

Нами было проведено рандомизированное проспективное исследование, позволяющее оценить эффективность интраоперационного применения обогащённой тромбоцитами плазмы при остеосинтезе ППОПК. Все оперируемые пациенты (n = 34) были распределены на 3 группы, сопоставимые по полу, возрасту и характеру перелома (табл. 1).

Таблица 1. Распределение пациентов в группах по полу и возрасту
Table 1. Distribution of patients in groups by gender and age

Признак	Группа			Статистическая значимость*
	основная 1 (n = 13)	основная 2 (n = 6)	сравнения (n = 15)	
Пол (процент женщин)	9/13 (69,2 %)	6/6 (100,0 %)	13/15 (86,7 %)	0,221
Возраст (М, (25-75 процентиля))	62 (650-65)	64 (52-68)	66 (55-69)	0,441

Примечание: * – критерий Хи-квадрат.

В первую группу (основная 1) вошли пациенты, которым в конце оперативного вмешательства вводили лизат БоТП – 13 человек; во вторую (основная 2) – пациенты, у которых использовали БоТП на 14 день от момента оперативного вмешательства; в третью (группа сравнения) вошли пациенты, у которых лизат БоТП не применяли. Оперативное лечение пациентов всех групп проводилось по разработанной нами методике (Патент РФ 2712298 от 28.01.2020). Для объективизации влияния БоТП мы применили ультразвуковой метод исследования (УЗИ). Оценку ультразвуковых параметров проводили через 14 дней, через 1 месяц и через 1,5-2,5 месяца после операции.

Методика оперативного вмешательства

Оперативное лечение производили в первые 4-5 дней после травмы под проводниковой анестезией в положении пациента лёжа на спине. Использовали стандартный дельто-пекторальный доступ. Поочерёдно прошивали сухожилия мышц вращающей манжеты плеча (ВМП) нерассасывающимися нитями (Терилон 5, FiberWire 2 и др.). Сухожилие подлопаточной мышцы прошивали первым, вторым прошивали сухожилие надостной мышцы, третьим – сухожилие подостной мышцы. Далее поочерёдно продевали нити, идущие от сухожилий ВМП через соответствующие отверстия в пластине для проксимального отдела плечевой кости. Пластины позиционировали по проксимальному отделу плечевой кости и фиксировали центральной спицей, а далее – винтами. Проведя проксимальные винты, фиксировали пластину к диафизу кости через овальное отверстие кортикальным винтом 3,5 мм. Следующим этапом производили затягивание и фиксацию нитей к пластине, удаляли центральную спицу и устанавливали дополнительные винты.

Пациентам основной группы 1 в конце операции после тщательного гемостаза проводили инфльтрацию сухожилий мышц вращающей манжеты плеча и насыщение зоны перелома лизатом БоТП.

Методика изготовления БоТП

Лизат аутологичной БоТП изготавливали по оригинальной технологии [22]. Для этого накануне операции у каждого пациента с сохранением стерильности забирали из кубитальной вены 36-40 мл крови в вакуумные пробирки с антикоагулянтом EDTA. Забранную кровь разделяли на компоненты путём центрифугирования пробирок в течение 5 минут с

ускорением 300g. Затем всю супернатантную плазму с тромбоцитами аккуратно, с сохранением стерильности, пипеткой отбирали из вакуумных пробирок и переносили в новые стерильные центрифужные пробирки типа Falcon. Далее, для концентрирования тромбоцитов, образцы центрифугировали 17 минут с ускорением 700g. Обеднённую тромбоцитами плазму аккуратно отбирали из центрифужных пробирок таким образом, чтобы с осадком клеток она осталась в количестве, равном 1/10 исходного объёма крови. В оставшейся плазме пипеткой ресуспендировали тромбоциты. В результате получали суспензию с концентрацией тромбоцитов более 1000×10⁹/л (БоТП). Для лизиса клеток БоТП быстро замораживали до -40 °С и медленно размораживали при +2-4 °С. Разрушенные клетки осаждали жёстким центрифугированием, полученный бесклеточный супернатант, насыщенный ростовыми факторами из тромбоцитов, передавали для клинического применения.

Ультразвуковое исследование плечевого сустава

С помощью УЗИ выявляли признаки, которые позволили определить причины ограничения движений в плечевом суставе в послеоперационном периоде, а также провести анализ среди пациентов, у которых использовали БоТП, и группой сравнения. Вычисляли корреляцию полученных результатов с клинической картиной в данных группах. УЗИ выполняли на аппаратах Epiq 5, Epiq 7 (Philips, США) линейными датчиками с частотой 5-12 и 4-18 МГц в серошкальном режиме сканирования, импульсно-волновой, цветовой и энергетической доплерографии. Для получения оптимальных ультразвуковых изображений сухожилий и мышц осмотр проводили полипозиционно в пяти проекциях по стандартной методике с измерением толщины и оценкой структуры сухожилий мышц вращающей манжеты плеча: надостной, подостной и подлопаточной, а также сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча [23]. Всем пациентам выполняли билатеральное исследование суставов с оценкой подвижности при функциональных пробах.

Сухожилие надостной мышцы исследовали в продольном (коронарном) срезе и поперечном срезе (рис. 1), сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча – в поперечном и продольном срезе (рис. 2), сухожилие подостной мышцы и сухожилие подлопаточной мышцы – в поперечном срезе (рис. 3).



А

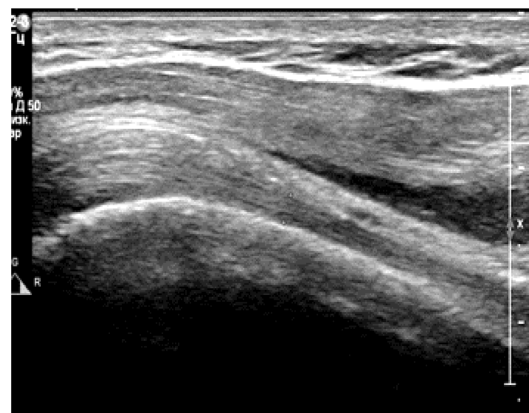


Б

Рисунок 1. Эхограмма: А – сухожилие надостной мышцы в коронарной плоскости; Б – сухожилие надостной мышцы в поперечной плоскости
Figure 1. Echogram: A – tendon of the supraspinatus muscle in the coronary plane; Б – tendon of the supraspinatus muscle in the transverse plane

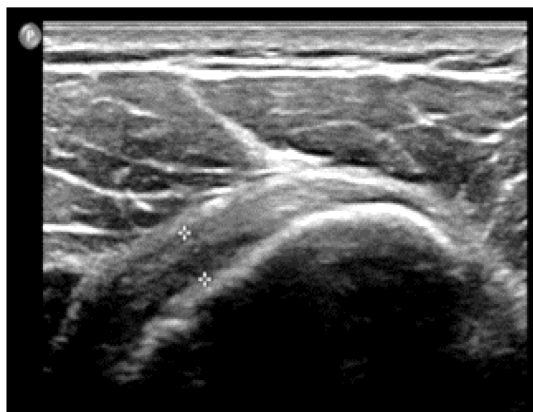


А



Б

Рисунок 2. Исследование сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча в поперечной плоскости: А – установка датчика; Б – эхограмма
Figure 2. Examination of the tendon of the long head of the double-headed shoulder muscle in the transverse plane: А – installation of the sensor; Б – echogram



А



Б

Рисунок 3. Эхограммы: А – сухожилие подлопаточной мышцы; Б – сухожилие подостной мышцы
Figure 3. Echograms: А – the tendon of the scapular muscle; Б – the tendon of the subcostal muscle

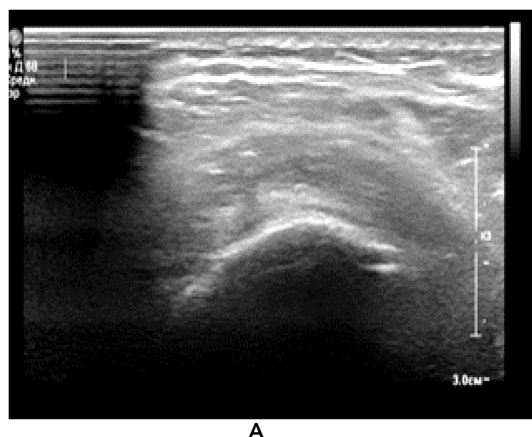
Исследование проводили билатерально для сравнения со здоровой стороной, так как у каждого пациента толщина сухожилий вращающей манжеты плеча была различной ввиду конституциональных особенностей, возраста и двигательной активности.

К особенностям УЗИ сухожилий вращающей манжеты плеча у пациентов с переломами проксимального отдела и головки плечевой кости в послеоперационном периоде относили следующие факторы.

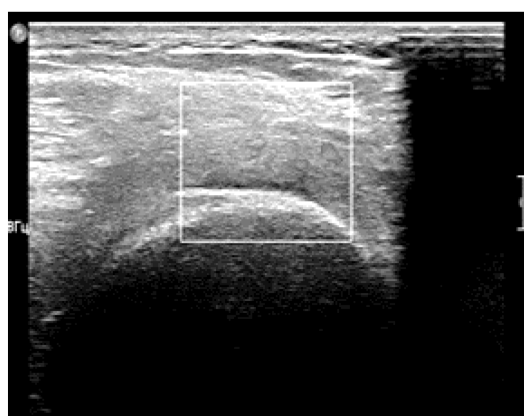
Стабилизация костных отломков (за счёт металлофиксаторов или образования костной мозоли), а также уменьшения болевого синдрома создаёт условия для оптимального выведения всех необходимых структур для их исследования ультразвуком.

Уменьшение болевого синдрома, уменьшение отёка, рассасывание гематом улучшает возможности визуализации мягкотканых образований.

Большое значение приобретает оценка данных УЗИ в динамике и их сопоставление с клинической картиной.



А



Б

Рисунок 4. Эхограммы: А – поперечное сканирование сухожилия надостной мышцы. Отмечается снижение его эхогенности и неоднородность структуры; Б – наличие васкуляризации в структуре сухожилия надостной мышцы

Figure 4. Echograms: А – transverse scan of the supraspinatus tendon. There is a decrease in its echogenicity and heterogeneity of the structure; Б – the presence of vascularization in the structure of the supraspinatus tendon

Первичное исследование выполняли на 14-е сутки после операции, повторное – через 1 месяц, третье – через 1,5-2,5 месяца от момента операции. Пациентам группы сравнения, которым не вводили БоТП, на 14 сутки после операции УЗИ не выполняли. Таким образом, пациентам с БоТП выполнили по 3 исследования, пациентам без БоТП – по 2 исследования.

Результаты УЗИ сопоставляли с данными клинко-инструментальных исследований (клинический осмотр, ВАШ-шкала, компьютерная томография и определение угла отведения конечности). Стоит отметить, что магнитно-резонансная томография является ведущим методом диагностики структур плечевого сустава, однако у пациентов после металлоостеосинтеза бывает не всегда информативной ввиду наличия фиксаторов, поэтому предпочтение отдавали именно УЗИ.

Результаты

При межгрупповом сравнении в разные сроки от операции показано, что в основной группе 1, которым БоТП начинали интраоперационно, относительная толщина надостной мышцы на стороне операции была значимо ниже, чем в других группах, и эта тенденция сохранялась на протяжении всех трёх исследований.

Любопытно, что при попарном сравнении в группе пациентов без БоТП и у пациентов основной

группы 2 (которым БоТП вводили на 14 сутки) относительная толщина надостной мышцы на стороне операции через 1 месяц и через 1,5-2,5 месяца от операции значимо не отличалась. Более того, при третьем УЗИ наметилась тенденция к более быстрому восстановлению толщины надостной мышцы в группе сравнения, однако тенденция эта не достигала уровня статистической значимости (табл. 2). Это может свидетельствовать о важности как можно более раннего начала введения БоТП, т.е. непосредственно в момент операции.

Таблица 2. Изменение относительной толщины надостной мышцы в динамике у пациентов исследуемых групп

Table 2. Changes in the relative thickness of the supraspinatus muscle in dynamics in patients of the studied groups

Период исследования после операции	Группа		
	основная 1 (n = 13)	основная 2 (n = 6)	сравнения (n = 15)
14-е сутки	1,3 (1,2-1,4) (1,1-1,8)*	1,8 (1,6-2,3) (1,4-2,4)*	-
1 месяц	1,1 (1,1-1,2) (1,0-1,6)*	1,5 (1,3-1,9) (1,2-2,5)*	1,4 (1,3-1,7) (1,1-1,8)
1,5-2,5 месяца	1,1 (1,0-1,2) (1,0-1,5)*	1,5 (1,3-1,9) (1,0-2,3)*	1,3 (1,2-1,5) (1,2-1,6)

Примечание: * – критерий Краскала – Уолиса для независимых выборок, $p < 0,05$; формат – Медиана (25-75 процентиль) (минимум-максимум)

При анализе изменения относительной толщины надостной мышцы в динамике отмечена статистически значимая тенденция к уменьшению отёка мышцы от первого ко второму УЗИ только у пациентов 1 основной группы (ранговый дисперсионный анализ Фридмана, $p < 0,001$), с дальнейшей стабилизацией показателя при третьем исследовании (рис. 5).

При анализе качественных признаков выясняли, что у пациентов группы Основная 1 с первого УЗИ регистрировали нормализацию экзогенности и экоструктуры сухожилия надостной мышцы, снижение патологической васкуляризации по сравнению с пациентами других групп (критерий хи-квадрат, $p < 0,05$), а также нормализацию экзогенности (экзогенность становилась сопоставимой с контралатеральной стороной).

Динамика изменения сухожилий подлопаточной мышцы была аналогичная надостной (рис. 6).

При исследовании в динамике нами не была выявлена достоверная разница изменений в сухожилии подостной мышцы, которое практически никогда не было утолщено в послеоперационном периоде, сухожилие двуглавой мышцы плеча в некоторых случаях было утолщено, однако, данные эти не достигали статистической значимости ($p < 0,41$). Воспалительные изменения в сухожилиях мышц вращающей манжеты плеча (и особенно надостной мышцы) коррелировали с болевым синдромом. С уменьшением отёка и васкуляризации сухожилия у пациентов снижался болевой синдром, и они отмечали меньший бал по ВАШ, что в свою очередь приводило к увеличению амплитуды движений в плечевом суставе.

Заключение

Таким образом интраоперационное применение БоТП позволяет снизить воспалительные изменения в сухожилиях надостной и подлопаточной мышц, что достоверно подтверждено данными УЗИ. Данные изменения коррелируют с клиническими данными (динамикой болевого синдрома и амплитудой движений в плечевом суставе). Важное клиническое значение имеет как можно более раннее (интраоперационное) применение БоТП.

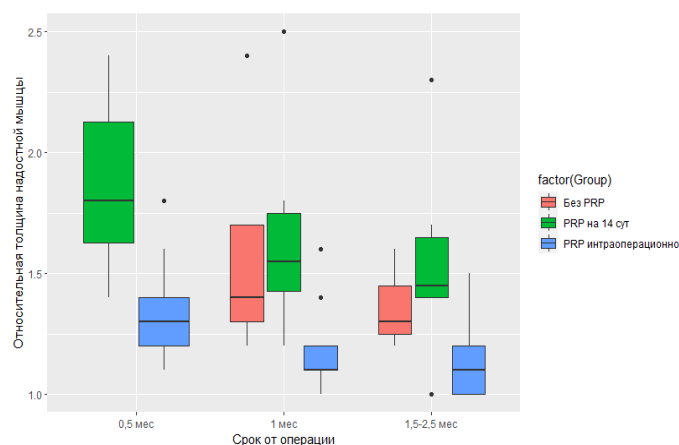


Рисунок 5. Изменение относительной толщины надостной мышцы в динамике у пациентов исследуемых групп

Figure 5. Changes in the relative thickness of the supraspinatus muscle in dynamics in patients of the studied groups

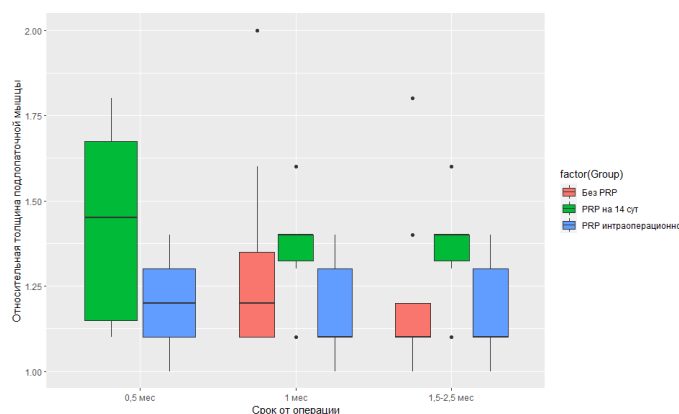


Рисунок 6. Изменение относительной толщины подлопаточной мышцы в динамике у пациентов исследуемых групп

Figure 6. Changes in the relative thickness of the scapular muscle in dynamics in patients of the studied groups

Литература [References]

- 1 Ломтатидзе Е.Ш., Ломтатидзе В.Е., Поцелуйко С.В., Торопов Е.А. Анализ функциональных результатов внутреннего остеосинтеза при переломах проксимального отдела плечевой кости. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2003;(3):62-66. Lomtadize ESh, Lomtadize VE, Posteluyko SV, Toropov EA. Analysis of functional outcomes in inner osteosynthesis for proximal humerus fractures. *N.N.Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2003;(3):62-66. (In Russ).
- 2 Казаев С.Я., Ситник А.А. Лечение переломов проксимального отдела плечевой кости. *Медицинский журнал*. 2005;13(3):63-66. Kazayev SYA, Sitnik AA. Management of proximal humeral fractures. *Meditsinskiy zhurnal*. 2005;13(3): 63-66. (In Russ).
- 3 Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J. Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;442:87-92. PMID: 16394745 <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000194672.79634.78>
- 4 Song JQ, Deng XF, Wang YM, Wang XB, Li X, Yu B. Operative vs. nonoperative treatment for comminuted proximal humeral fractures in elderly patients: a current meta-analysis. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2015;49(4):345-353. PMID: 26312459 <https://doi.org/10.3944/AOTT.2015.14.0451>
- 5 Handoll HH, Olliviere BJ. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010; CD000434. PMID: 23235575 <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000434>

- 6 Burkhardt KJ, Dietz SO, Bastian L, Thelen U, Hoffmann R, Müller LP. The treatment of proximal humeral fracture in adults. *Dtsch Arztebl Int*. 2013;110(35-36):591-597. PMID: 24078839 <https://doi.org/10.3238/arztebl.2013.0591>
- 7 Boudard G, Pomares G, Milin L, Lemonnier I, Coudane H, Mainard D, et al. Locking plate fixation versus antegrade nailing of 3- and 4-part proximal humerus fractures in patients without osteoporosis. Comparative retrospective study of 63 cases. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2014;100(8):917-924. PMID: 25453929 <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2014.09.021>
- 8 Sudkamp N, Bayer J, Hepp P, Voigt C, Oestern H, Kääb M, et al. Open reduction and internal fixation of proximal humeral fractures with use of the locking proximal humerus plate. Results of a prospective, multicenter, observational study. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91(6):1320-1328. PMID: 19487508 <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00006>
- 9 Schulte LM, Matteini LE, Neviaser RJ. Proximal periarticular locking plates in proximal humeral fractures: functional outcomes. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011;20(8):1234-1240. PMID: 21420322 <https://doi.org/10.1016/j.jse.2010.12.015>
- 10 Besch L, Daniels-Wredenhagen M, Mueller M, Varoga D, Hilgert RE, Seekamp A. Hemiarthroplasty of the shoulder after four-part fracture of the humeral head: a long-term analysis of 34 cases. *J Trauma*. 2009;66(1):211-214. PMID: 24078839 <https://doi.org/10.3238/arztebl.2013.0591>
- 11 Agudelo J, Schürmann M, Stahel P, Helwig P, Morgan SJ, Zechel W, et al. Analysis of efficacy and failure in proximal humerus fractures treated with locking plates. *J Orthop Trauma*. 2007;21(10):676-681. PMID: 17986883 <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e31815bb09d>
- 12 Мазуров А.В. Физиология и патология тромбоцитов. Москва: Литерра; 2011:248. Mazurov AV. *Fiziologia i patologiya trombozitoz*. Moscow: *Litterra*; 2011:248.
- 13 Golebiewska EM, Poole AW. Secrets of platelet exocytosis - what do we really know about platelet secretion mechanisms? *Br J Haematol*. 2014;165(2):204-216. PMID: 24588354 <https://doi.org/10.1111/bjh.12682>
- 14 Klatte-Schulz F, Schmidt T, Uckert M, Scheffler S, Kalus U, Rojewski M, et al. Comparative Analysis of Different Platelet Lysates and Platelet Rich Preparations to Stimulate Tendon Cell Biology: An In Vitro Study. *Int J Mol Sci*. 2018;19(1):212. PMID: 29320421 <https://doi.org/10.3390/ijms19010212>
- 15 Malhotra A, Pelletier M, Oliver R, Christou C, Walsh WR. Platelet-rich plasma and bone defect healing. *Tissue Eng Part A*. 2014;20(19-20):2614-2633. PMID: 24666439 <https://doi.org/10.1089/ten.TEA.2013.0737>
- 16 Rothenberg JB, Godha K, Civitarese DM, Malanga G, Singh JR, Panero A, et al. Pain and functional outcomes of the sacroiliac joint after platelet-rich plasma injection: a descriptive review. *Regen Med*. 2021;16(1):87-100. PMID: 33533657 <https://doi.org/10.2217/rme-2020-0110>
- 17 Santhakumar M, Yayathi S, Retnakumari N. A clinicoradiographic comparison of the effects of platelet-rich fibrin gel and platelet-rich fibrin membrane as scaffolds in the apexification treatment of young permanent teeth. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2018;36(1):65-70. PMID: 29607842 https://doi.org/10.4103/JISPPD.JISPPD_180_17
- 18 Slaninka I, Fibr A, Kaška M. Use of autologous platelet-rich plasma in healing skin graft donor sites. *J Wound Care*. 2020;29(1):36-41. PMID: 31930949 <https://doi.org/10.12968/jowc.2020.29.1.36>
- 19 Wang D, Jiang H, Wang S, Zhang H, Zhao L, Peng T, et al. Construction of tissue-engineered bone using a bioreactor and platelet-rich plasma. *Exp Ther Med*. 2014;8(2):413-418. PMID: 25009593 <https://doi.org/10.3892/etm.2014.1774>
- 20 Калмыкова Н.В., Скоробогатая Е.В., Берестовой М.А., Кругляков П.В., Эстрина М.А., Афанасьев Б.В., и др. Сравнительная характеристика тромбоцитарных лизатов от разных доноров. *Клеточные технологии в биологии и медицине*. 2011;(2):114-117. Kalmykova NV, Skorobogataya EV, Berestovoy MA, Kruglyakov PV, Polintsev DG, Estrina MA. Comparative characteristics of platelet lysates from different donors. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2011;(2):114-117.
- 21 Сергеева Н.С., Шанский Я.Д., Свиридова И.К., Кирсанова В.А., Ахмедова С.А., Кувшинова Е.А. и др. Биологические эффекты тромбоцитарного лизата при добавлении в среду культивирования клеток человека. *Гены и клетки*. 2014;9(1):77-85. Sergeeva NS, Shanskiy YD, Sviridova IK, Kirsanova VA, Ahmedova SA, Kushinova EA et al. Biological effects of platelet lysate added to cultural medium of human cells. *Genea and Cells*. 2014;9(1):77-85.
- 22 Боровкова Н.В., Макаров М.С., Пономарев И.Н., Андреев Ю.В., Сторожева М.В. *Выбор и изготовление тромбоцитарных препаратов для использования в регенеративной медицине: методические рекомендации*. Москва; 2022. Borovkova NV, Makarov MS, Ponomarev IN, Andreev YuV, Storozheva MV. *Vybor i izgotovlenie trombocitnyh preparatov dlya ispol'zovaniya v regenerativnoy medicene: metodicheskie rekomendacii*. Moscow; 2022.
- 23 Салтыкова В.Г., Митьков В.В., Орлецкий А.К. Нормальная анатомия и эхографическая картина неизмененного плечевого сустава и окружающего его тканей в В-режиме. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2001;(4):61-72. Saltykova VG, Mitkov VV, Orletsky AK. Normal anatomy and B-Mode echographical picture of the humeral joint and surrounding tissues in healthy subjects. *Ul'trazvukovaya i funkcional'naya diagnostika*. 2001;(4):61-72.

Авторская справка

Титов Роман Сергеевич

Канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения неотложной травматологии опорно-двигательного аппарата, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского. ORCID 0000-0002-2960-8736; doctor-titoff@yandex.ru
Вклад автора: сбор и обработка материала, анализ полученных данных.

Файн Алексей Максимович

Д-р мед. наук, заведующий научным отделением неотложной травматологии опорно-двигательного аппарата, профессор кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф, Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова; Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского. ORCID 0000-0001-8616-920X; FainAM@sklif.mos.ru
Вклад автора: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи.

Author's reference

Roman S. Titov

Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher at the Department of Emergency Traumatology of the Musculoskeletal System, N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine. ORCID 0000-0002-2960-8736; doctor-titoff@yandex.ru
Author's contribution: collection and processing of the material, analysis of the data obtained.

Aleksey M. Fayn

Dr. Sci. (Med.), Head of the Scientific Department of Emergency Traumatology of the Musculoskeletal System, Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Medicine, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine. ORCID 0000-0001-8616-920X; FainAM@sklif.mos.ru
Author's contribution: development of the concept and design of the study, editing, approval of the final version of the article.

Пономарев Иван Николаевич

Канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения биотехнологий и трансфузиологии, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского.
ORCID 0000-0002-2523-6939; PonomarevIN@sklif.mos.ru
Вклад автора: сбор и обработка материала.

Боровкова Наталья Валерьевна

Д-р мед. наук, заведующая научным отделением биотехнологий и трансфузиологии, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского; Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова
ORCID 0000-0002-8897-7523; BorovkovaNV@sklif.mos.ru
Вклад автора: анализ полученных данных, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи.

Мажорова Ирина Игоревна

Канд. мед. наук, научный сотрудник отделения ультразвуковых и функциональных методов исследований, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского.
ORCID 0000-0001-9109-0790; shinycoin@yandex.ru.
Вклад автора: сбор и обработка материала, интерпретация и анализ полученных данных.

Хамидова Лайла Тимарбековна

Д-р мед. наук, заведующий научным отделением ультразвуковых и функциональных методов исследований, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского.
ORCID 0000-0002-6299-4077; layla72@mail.ru.
Вклад автора: анализ полученных данных, редактирование.

Евграфов Павел Геннадьевич

Младший научный сотрудник отделения ультразвуковых и функциональных методов исследований, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского.
ORCID 000-0003-2713-3498; EvgrafovPG@sklif.mos.ru.
Вклад автора: анализ полученных данных, поиск литературы.

Ваза Александр Юльевич

Канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения неотложной травматологии опорно-двигательного аппарата, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского.
ORCID 0000-0003-4581-449X; VazaAU@sklif.mos.ru
Вклад автора: сбор и обработка материала, подготовка текста.

Скуратовская Кристина Ивановна

Младший научный сотрудник отделения неотложной травматологии опорно-двигательного аппарата. Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского
ORCID 0000-0003-3074-453X; SkuratovskayaKI@sklif.mos.ru
Вклад автора: анализ полученных данных, поиск литературы, подготовка текста.

Ivan N. Ponomarev

Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher at the Department of Biotechnology and Transfusiology, N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine.
ORCID 0000-0002-2523-6939; PonomarevIN@sklif.mos.ru
Author's contribution: collection and processing of the material.

Natal'ya V. Borovkova

Dr. Sci. (Med.), Head of the Scientific Department of Biotechnology and Transfusiology, N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine; N.I. Pirogov Russian National Research Medical University
ORCID 0000-0002-8897-7523; BorovkovaNV@sklif.mos.ru
Author's contribution: analysis of the received data, editing, approval of the final version of the article.

Irina I. Mazhorova

Cand. Sci. (Med.), Researcher at the Department of Ultrasound and Functional Research Methods, N.V. Skli-Fosovsky Research Institute of Emergency Medicine.
ORCID 0000-0001-9109-0790;
shinycoin@yandex.ru
Author's contribution: collection and processing of the material, interpretation and analysis of the data obtained.

Layla" T. Khamidova

Dr. Sci. (Med.), Head of the Scientific Department of Ultrasound and Functional Research Methods, N.V. Skli-Fosovsky Research Institute of Emergency Medicine.
ORCID 0000-0002-6299-4077; layla72@mail.ru
Author's contribution: analysis of the received data, editing.

Pavel G. Evgrafov

Junior Researcher at the Department of Ultrasound and Functional Research Methods, N.V. Skli-Fosovsky Research Institute of Emergency Medicine.
ORCID 000-0003-2713-3498; EvgrafovPG@sklif.mos.ru
Author's contribution: analysis of the data obtained, literature search.

Aleksandr Yu. Vaza

Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher at the Department of Emergency Traumatology of the Musculoskeletal System, N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine.
ORCID 0000-0003-4581-449X; VazaAU@sklif.mos.ru
Author's contribution: collection and processing of the material, preparation of the text.

Kristina I. Skuratovskaya

Junior Researcher at the Department of Emergency Traumatology of the Musculoskeletal system. N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine
ORCID 0000-0003-3074-453X; SkuratovskayaKI@sklif.mos.ru
Author's contribution: analysis of the data obtained, literature search, text preparation.