

Получена: 13 Ноября 2023 / Принята: 12 Декабря 2023 / Опубликовано online: 28 декабря 2023

DOI 10.34689/SH.2023.25.6.008

УДК 616.71-001.544-089

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПЕРЕЛОМОВ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ. ПРОВЕДЕНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА.

Арман С. Мусабеков¹, <https://orcid.org/0000-0001-8618-0345>

Ерсин Т. Жунусов², <https://orcid.org/0000-0002-1182-5257>

Айдос С. Тлемисов³, <https://orcid.org/0000-0002-4239-6627>

Сабина К. Аубакирова¹, <https://orcid.org/0000-0003-1730-4230>

Александр А. Проказюк¹, <https://orcid.org/0000-0002-6030-4749>

Алишер Болатұлы¹, <https://orcid.org/0009-0004-4272-7758>

Багдат Н. Азаматов⁴, <https://orcid.org/0000-0001-6381-5846>

¹ НАО «Медицинский университет Семей», г. Семей, Республика Казахстан;

² Международный научный центр травматологии и ортопедии, г. Алматы, Республика Казахстан;

³ Центр абилитации и реабилитации для лиц с инвалидностью, г. Семей, Республика Казахстан;

⁴ Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан.

Резюме

Введение. Переломы проксимальной части плечевой кости составляют 5 - 10% от всех переломов опорно-двигательной системы. В мировой литературе описаны множество методов хирургического лечения вышеуказанных переломов, но до сих пор не существует общепринятого стандарта. В связи с чем все еще продолжают работы по изобретению новых видов имплантов, различных хирургических методов для улучшения результатов хирургической реабилитации переломов проксимального отдела плечевой кости.

Цель исследования. Разработать новое устройство для стабильно-функционального остеосинтеза переломов проксимального отдела плечевой кости.

Материалы и методы. Было изобретено новое устройство для остеосинтеза перелома проксимального отдела плечевой кости. Для проверки стабильности остеосинтеза перелома проксимального отдела плечевой кости разработанным устройством было проведено биомеханическое исследование в системе «кость – фиксатор - кость». Всего было использовано 4 штуки моделей плечевой кости Humerus, 4th Gen., фирмы «Sawbones». Был смоделирован перелом хирургической шейки и проведены испытания на сжатие со скоростью 5 мм/мин и на скручивание со скоростью 5°/мин в режиме статической нагрузки.

Результаты. При исследовании двух моделей плечевой кости в системе «кость-фиксатор-кость» на сжатие, средняя величина предельной нагрузки составила 1105,35 Ньютона, средняя величина смещения отломков при вышеуказанной нагрузке составило 1,61 мм. При исследовании двух моделей плечевой кости в системе «кость-фиксатор-кость» на скручивание, средняя величина предельной нагрузки составила 16,22 Нм, а средний угол смещения отломков при вышеуказанной нагрузке составил 48,970.

Выводы. Проведенное биомеханическое исследование доказало стабильность остеосинтеза перелома проксимального отдела плечевой кости разработанным устройством. В исследование не было включено контрольной группы, в связи с чем в дальнейшем необходимо провести компьютерное моделирование методом конечных элементов с включением контрольной группы со стандартной блокируемой пластиной.

Ключевые слова: перелом проксимального отдела плечевой кости, разработанное устройство, биомеханическое исследование, остеосинтез.

Abstract

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR THE SURGICAL TREATMENT OF THE PROXIMAL HUMERUS FRACTURES. CONDUCTING A BIOMECHANICAL EXPERIMENT.

Arman S. Mussabekov¹, <https://orcid.org/0000-0001-8618-0345>

Yersin T. Zhunussov², <https://orcid.org/0000-0002-1182-5257>

Aidos S. Tlemisov³, <https://orcid.org/0000-0002-4239-6627>

Sabina K. Aubakirova¹, <https://orcid.org/0000-0003-1730-4230>

Alexander A. Prokazyuk¹, <https://orcid.org/0000-0002-6030-4749>

Alisher Bolatuly¹, <https://orcid.org/0009-0004-4272-7758>

Bagdat Azamatov⁴, <https://orcid.org/0000-0001-6381-5846>

¹ NJSC «Semey Medical University», Semey, Republic of Kazakhstan;

² International science centers of traumatology and orthopedics, Almaty, Republic of Kazakhstan;

³ Center for habilitation and rehabilitation for persons with disabilities, Semey, Republic of Kazakhstan.

⁴ D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan.

Introduction. Proximal humerus fractures account for 5–10% of all fractures of the musculoskeletal system. Many methods of surgical treatment of the proximal humerus fractures are described in the world literature, but there is still no generally accepted standard. According to the above information, the invention of new types of implants and various surgical methods to improve the results of proximal humerus fractures surgery is still continuous.

Aim. To develop a new device for stable and functional osteosynthesis of the proximal humerus fractures.

Materials and methods. A new device for osteosynthesis of proximal humerus fractures was invented. The biomechanical study was carried out in the “bone-fixator-bone” system, to check the stability of osteosynthesis of the proximal humerus fracture by the developed device. A total of 4 Humerus humerus models, 4th Gen., from “Sawbones”, were used. A surgical neck fracture was made and compression tests were performed at a speed of 5 mm/min and torsion tests at a speed of 5⁰/min in static load mode.

Results. When studying two models of the humerus in the “bone-fixator-bone” system for compression, the average maximum load was 1105.35 Newton, the average displacement of fragments under the above load was 1.61 mm. When studying two models of the humerus in the “bone-fixator-bone” system for torsion, the average maximum load was 16.22 Nm, and the average angle of displacement of the fragments at the above load was 48.970.

Conclusion. The biomechanical study proved the stability of osteosynthesis of the proximal humerus fracture using the developed device. The study did not include a control group, and therefore further finite element computer simulations should be performed to include a control group with a standard locking plate.

Key words: proximal humerus fracture, перелом проксимального отдела плечевой кости, developed device, biomechanical study, osteosynthesis.

Түйіндеме

ТОҚПАН ЖІЛІКТІҢ ПРОКСИМАЛЬДЫ БӨЛІГІНІҢ СЫНЫҚТАРЫН ХИРУРГИЯЛЫҚ ЕМДЕУГЕ АРНАЛҒАН ҚҰРЫЛҒЫНЫ ӘЗІРЛЕУ. БИОМЕХАНИКАЛЫҚ ЭКСПЕРИМЕНТ ӨТКІЗУ.

Арман С. Мусабеков¹, <https://orcid.org/0000-0001-8618-0345>

Ерсин Т. Жунусов², <https://orcid.org/0000-0002-1182-5257>

Айдос С. Тлемисов³, <https://orcid.org/0000-0002-4239-6627>

Сабина К. Аубакирова¹, <https://orcid.org/0000-0003-1730-4230>

Александр А. Проказюк¹, <https://orcid.org/0000-0002-6030-4749>

Алишер Болатұлы¹, <https://orcid.org/0009-0004-4272-7758>

Багдат Н. Азаматов⁴, <https://orcid.org/0000-0001-6381-5846>

¹ «Семей медицина университеті» КеАҚ, Семей қ., Қазақстан Республикасы;

² Халықаралық Травматология және ортопедия ғылыми орталығы, Алматы қ., Қазақстан Республикасы;

³ Мүгедектігі бар адамдарға арналған абилитация және оңалту орталығы, Семей қ., Қазақстан Республикасы;

⁴ Дәулет Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан Республикасы.

Өзектілігі. Тоқпан жіліктің проксимальды бөлігінің сынықтары тірек-қимыл жүйесінің барлық сынықтарының 5–10% құрайды. Әлемдік әдебиеттерде жоғарыда аталған сынықтарды хирургиялық емдеудің көптеген әдістері сипатталған, бірақ әлі күнге дейін қабылданған стандарт жоқ. Осыған байланысты тоқпан жіліктің проксимальды бөлігі сынықтарының хирургиялық оңалту нәтижелерін жақсарту үшін импланттардың жаңа түрлерін, әртүрлі хирургиялық әдістерді ойлап табу жұмыстары әлі де жалғасуда.

Зерттеудің мақсаты. Тоқпан жіліктің проксимальды бөлігі сынықтарының тұрақты-функционалды остеосинтезіне арналған жаңа құрылғы ойлап табу.

Материалдар мен әдістер. Тоқпан жіліктің проксимальды бөлігі сынықтарының остеосинтезіне арналған жаңа құрылғы жасалынды. Тоқпан жіліктің проксимальды бөлігі сынықтарының әзірленген құрылғымен остеосинтезінің тұрақтылығын тексеру үшін «сүйек – фиксатор – сүйек» жүйесінде биомеханикалық зерттеу жүргізілді. «Sawbones» фирмасында жасалған Humerus, 4th Gen. тоқпан жілік модельдерінің барлығы 4 данасы қолданылды. Хирургиялық мойынының сынығы модельденіп, статикалық жүктеме режимінде 5 мм/мин қысу және 50/мин бұралу сынақтары жүргізілді.

Нәтижелері. "Сүйек-фиксатор-сүйек" жүйесіндегі иық сүйегінің екі моделін қысу режимінде зерттеген кезде, шекті жүктеменің орташа мәні 1105,35 Ньютонды құрады, жоғарыда көрсетілген жүктеме кезінде сынық бөліктерінің жылжуының орташа мәні 1,61 мм құрады. "Сүйек-фиксатор-сүйек" жүйесіндегі иық сүйегінің екі моделін бұралу режимінде зерттеген кезде шекті жүктеменің орташа шамасы 16.22 Нм, ал жоғарыда көрсетілген жүктеме кезінде сынық бөліктерінің жылжуының орташа бұрышы 48.970 құрады.

Тұжырым. Жүргізілген биомеханикалық зерттеу тоқпан жіліктің проксимальды бөлігі сынықтарын әзірленген құрылғымен остеосинтезі тұрақты екенін дәлелдеді. Зерттеуге бақылау тобы енгізілмеген, осыған байланысты болашақта стандартты құлыптама пластина қолданылған бақылау тобын қоса отырып, ақырлы элементтер әдісімен компьютерлік модельдеу жүргізу қажет.

Түйінді сөздер: тоқпан жіліктің проксимальды бөлігінің сынығы, әзірленген құрылғы, биомеханикалық зерттеу, остеосинтез.

Библиографическая ссылка:

Мусабеков А.С., Жунусов Е.Т., Тлемисов А.С., Аубакирова С.К., Проказюк А.А., Болатұлы А., Азаматов Б.Н. Разработка устройства для хирургического лечения переломов проксимального отдела плечевой кости. Проведение биомеханического эксперимента // Наука и Здравоохранение. 2023. 6(Т.25). С. 71-76. doi 10.34689/SH.2023.25.6.008

Mussabekov A.S., Zhunussov Ye.T., Tlemisov A.S., Aubakirova S.K., Prokazyuk A.A., Bolatuly A., Azamatov B. Development of a device for the surgical treatment of the proximal humerus fractures. Conducting a biomechanical experiment // Nauka i Zdravookhranenie [Science & Healthcare]. 2023, (Vol.25) 6, pp. 71-76. doi 10.34689/SH.2023.25.6.008

Мусабеков А.С., Жунусов Е.Т., Тлемисов А.С., Аубакирова С.К., Проказюк А.А., Болатұлы А., Азаматов Б.Н. Тоқпан жіліктің проксимальды бөлігінің сынықтарын хирургиялық емдеуге арналған құрылғыны әзірлеу. Биомеханикалық эксперимент өткізу // Ғылым және Денсаулық сақтау. 2023. 6 (Т.25). Б.71-76. doi 10.34689/SH.2023.25.6.008

Введение.

Переломы проксимальной части плечевой кости, по данным зарубежных крупных исследований составляют 5 - 10% от всех переломов опорно-двигательной системы и 26% от всех переломов плечевой кости [1]. По своей структуре данные травмы делятся на переломы хирургической шейки, анатомической шейки, головки, большого и малого бугорка плечевой кости. Не всегда встречаются изолированные переломы вышеуказанных анатомических образований, чаще происходят смешанные переломы с разделением проксимального отдела плечевой кости на несколько фрагментов. Американский исследователь, травматолог-ортопед Charles S. Neer на основании изучения данных переломов изобрел свою 4-х фрагментную классификацию, которой до сих пор пользуются ортопеды со всего мира. Согласно его концепции, сломанные фрагменты связаны с сухожилиями мышц вращательной манжеты, и смещаются под воздействием последних в разных направлениях. По классификации Neer, отдельным фрагментом считается костный отломок, смещенный на расстояние больше 1 см или повернутый более 45 градусов [2].

Лечение переломов проксимального отдела плечевой кости можно провести как консервативными методами, так и оперативными. При переломах без смещения или с минимальным смещением костных отломков, консервативное лечение позволяет добиться хороших функциональных результатов [3]. Примерно 20% от всех переломов проксимального отдела плечевой кости являются многофрагментными и требуют хирургического лечения в соответствии с критериями классификации

Neer [4]. В мировой литературе описаны множество методов хирургического лечения вышеуказанных повреждений, но до сих пор не существует общепринятого стандарта [5]. Однако с изобретением блокируемой пластины, в которой винты с резьбовой головкой блокируются в отверстиях пластины и образуют жесткую механическую конструкцию, во всем мире возросло количество операции выполняемых данным методом [6,7]. Блокируемые пластины внесли существенный вклад в развитие хирургических методов лечения сложных переломов проксимального отдела плечевой кости [8]. Несмотря на это, частота осложнений после применения данного метода, по данным мировой научной литературы колеблется в пределах от 18% до 37% [9]. Наиболее часто встречающиеся осложнения: вторичное смещение костных отломков, перфорация винтов в полость сустава, субакромиальный импинджмент, асептический некроз головки плечевой кости [10]. Учитывая вышеуказанные осложнения, данный метод остеосинтеза переломов проксимального отдела плечевой кости все еще нуждается в дальнейшем усовершенствовании и разработке новых изобретений [11,12].

Цель исследования – разработать новое устройство для стабильно-функционального остеосинтеза переломов проксимального отдела плечевой кости.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи:**

1. Разработать 3D модель блокируемой пластины нового дизайна;
2. Изготовить разработанное устройство из титана на специальном ЧПУ-станке;

3. Провести биомеханическое исследование стабильности остеосинтеза перелома проксимального отдела плечевой кости разработанным устройством в системе «кость – фиксатор – кость».

Материалы и методы исследования.

Нами была разработана новая концепция «Hold ball» для хирургического лечения переломов проксимального отдела плечевой кости (свидетельство об авторском праве №13193 от 13.11.2020г.). Идея концепции заимствована из спортивных игр с мячом, где захват шара пальцами с обеих сторон делает удерживание более жестким, помогает выполнению точного броска. Как известно из курса нормальной анатомии, головка плечевой кости имеет шаровидную форму, а суставная поверхность головки соответствует приблизительно одной трети шара. На основе данной концепции разработано устройство для стабильно-функционального остеосинтеза переломов проксимального отдела плечевой кости.

Устройство состоит из пластинчатого элемента дугообразного поперечного сечения (1), с резьбовыми отверстиями для блокирующих винтов в проксимальной (2) и дистальной части (3), так же на пластине имеется паз с резьбовыми отверстиями малого диаметра (5) для установки двух гнущихся дугообразно мини-лепестков (6), блокирующие винты и винты для фиксации лепестков (рисунок 1).



Рисунок 1. Разработанное устройство для остеосинтеза переломов проксимального отдела плечевой кости.

(Figure 1. Developed device for proximal humerus fractures osteosynthesis).

В качестве прототипа изобретения была взята блокируемая пластина для проксимального отдела плечевой кости фирмы ChM. В начале были сделаны чертежи и 3D модель устройства с применением компьютерной программы AutoCAD. Далее на основании 3D модели, изготовлено само устройство на токарных станках DMU 50 с ЧПУ и CTX 510 esoline в центре компетенций «Smart engineering», расположенного на базе НАО «Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серикбаева», город Усть-Каменогорск. Материал изделия – медицинский титан ВТ6 (grade 5).

Главным отличием разработанной пластины от прототипа является то, что фиксация перелома осуществляется не только блокирующими винтами внутри кости, но и снаружи при помощи специальных маленьких «лепестков», которые дополнительно сжимают головку и костные фрагменты плечевой кости снаружи.

Для проверки стабильности остеосинтеза перелома проксимального отдела плечевой кости разработанным устройством было проведено биомеханическое исследование в системе «кость – фиксатор – кость». Исследование проводилось в аккредитованной экспериментально-прикладной и научно-исследовательской лаборатории «Technical Universal Verification», г. Анкара, Турецкая Республика. Для проведения эксперимента были использованы специальные композитные модели плечевой кости Humerus, 4th Gen., фирмы «Sawbones» с губчатым сердечником из твердого пенопласта 17 PCF для механических испытаний (SKU:3404).

На моделях плечевой кости был смоделирован поперечный перелом в области хирургической шейки, с оставлением пространства между отломками в 5 мм. Разработанная пластина уложена по латеральной поверхности проксимальной части модели плечевой кости, произведена фиксация перелома блокирующими винтами. Далее маленькие лепестки дугообразно изогнуты по диаметру головки и основанием установлены в специальный паз пластины с маленькими отверстиями. Произведено сжатие проксимального фрагмента, и лепестки фиксированы специальными винтами к пластине и латеральному кортикальному слою проксимальной части плечевой кости. Всего были использованы 4 штуки моделей плечевой кости. Каждая модель плечевой кости была жестко фиксирована специальным приспособлением испытательной машины (рисунок 2).

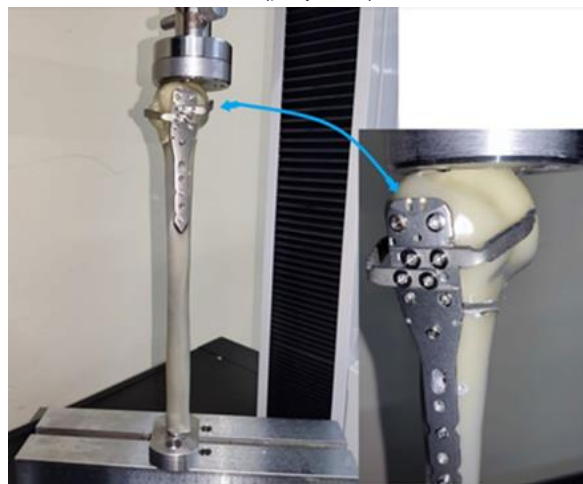


Рисунок 2. Биомеханическое исследование в системе «кость – фиксатор – кость».

(Figure 2. Biomechanical test in the «bone-implant-bone» system).

Были проведены биомеханические испытания в режиме статической нагрузки на сжатие со скоростью 5 мм/мин на двух моделях, и на скручивание со скоростью 5°/мин на двух моделях. Во время испытания композитная кость располагалась так, чтобы сила сжатия проходила через ось плечевой кости. Сжатие проводилось до тех пор, пока костные отломки не соприкоснулись друг с другом. Во время испытания на скручивание композитную кость жестко фиксировали на торсионном аппарате с помощью приспособлений, предназначенных для конкретного образца. Затем прикладывалась осевая скручивающая сила со скоростью 5°/мин и испытание продолжалось до поломки блокирующих винтов.

Результаты.

При проведении испытания на сжатие в режиме статической нагрузки со скоростью 5 мм/мин не было определено поломки металлоконструкции, тест проводился до контакта отломков друг с другом. При исследовании двух моделей плечевой кости в системе

«кость-фиксатор-кость» на сжатие, были получены схожие результаты. Средняя величина предельной нагрузки составила 1105,35 Ньютона, средняя величина смещения отломков при вышеуказанной нагрузке составило 1,61 мм. Полученные данные указаны в таблице 1.

Таблица 1.

Биомеханическое исследование на сжатие.

(Table 1. Biomechanical compression test).

Образец	Предельная нагрузка (Н)	ПД при предельной нагрузке (мм)	Жесткость(Н/мм)	Поломка образца
1	910,2	1,22	780,9	нет
2	1300,5	1,99	800,1	нет
Среднее	1105,35	1,61	790,50	-
СД	275,98	0,54	13,58	-

При проведении испытания на скручивание в режиме статической нагрузки со скоростью 5⁰/мин, тест проводился до срыва или поломки винтов, фиксирующих устройство к диафизу модели плечевой кости. При исследовании двух моделей плечевой кости

в системе «кость-фиксатор-кость» на скручивание средняя величина предельной нагрузки составила 16.22Нм, а средний угол смещения отломков при вышеуказанной нагрузке составил 48.97⁰. Полученные данные указаны в таблице 2.

Таблица 2.

Биомеханическое исследование на скручивание.

(Table 2. Biomechanical torsion test).

Образец	Максим. крутящий момент (НМ)	ДП предельной нагрузки при максимальном крутящем моменте (°)	Жесткость (Н°)	Поломка образца
1	17.87	52.46	0.46	Винт был вырван из кости
2	14.58	45.49	0.51	Винт был сорван и сломан
Среднее	16.22	48.97	0.48	-
СД	2.33	4.93	0.03	-

Обсуждение

Лечение сложных и нестабильных переломов проксимального отдела плечевой кости все еще остается сложной задачей. В мировой литературе сообщается о различных методах остеосинтеза, таких как внутрикостный со стержнями, наkostный пластинами, чрезкостный различными аппаратами внешней фиксации и эндопротезирование плечевого сустава [13]. Несмотря на это, в настоящее время не существует «золотого стандарта» хирургического лечения данных переломов [14]. Во всем мире продолжают работы по изобретению новых видов имплантов, различных способов для улучшения результатов хирургической реабилитации переломов проксимального отдела плечевой кости [15].

Учитывая вышеуказанную информацию, нами было разработано новое устройство на основе блокируемой пластины. Данное устройство позволяет произвести дополнительную фиксацию костных отломков снаружи при помощи мини-лепестков, которые удерживают головку плечевой кости шаровидной формы и придают стабильность остеосинтезу. Устройство было протестировано при помощи биомеханического эксперимента в системе «кость-фиксатор-кость».

Результаты проведенного исследования показали высокую стабильность фиксации перелома проксимального отдела плечевой кости разработанным устройством. При проведении тестов на сжатия по оси, были выдержаны максимально предельные нагрузки до 1105,35 Ньютона, не было обнаружено признаков нестабильности фиксации или вторичного смещения отломков. При проведении тестов на скручивание, во время приложения максимальных нагрузок поломались винты, фиксирующие пластину к диафизу плечевой кости. Это связано с тем, что пластина была фиксирована к диафизу плечевой кости всего двумя винтами, и для лучшей стабильности необходимо использовать все четыре отверстия. Ослабления сжатия головок мини лепестками или разболтанности винтов, фиксирующих данные приспособления, обнаружено не было. Полученные результаты совпадают с результатами аналогичных исследований из зарубежной научной литературы [16].

Слабыми сторонами исследования является то, что биомеханическое исследование было проведено всего на 4 моделях, не было контрольной группы с использованием прототипа изобретения. Сильные стороны исследования заключаются в том, что были

использованы композитные модели плечевой кости, специально предназначенные для проведения биомеханических тестов, исследование проводилось в зарубежной аккредитованной экспериментально-прикладной и научно-исследовательской лаборатории, полученные данные оказались схожими с результатами подобных исследований из зарубежной литературы.

Выводы

Разработано новое устройство для стабильно-функционального остеосинтеза переломов проксимального отдела плечевой кости. Чертежи и схемы были вбиты в компьютерную программу AutoCAD, при помощи которой создана 3D модель устройства нового дизайна. Устройство было изготовлено на специальных токарных станках с ЧПУ. Проведено биомеханическое исследование стабильности остеосинтеза перелома проксимального отдела плечевой кости разработанным устройством в системе «кость – фиксатор – кость». Полученные результаты подтверждают стабильность остеосинтеза, не отличаются от результатов похожих биомеханических экспериментов из зарубежной научной литературы. В связи с отсутствием контрольной группы, в будущем планируется провести компьютерное моделирование остеосинтеза перелома проксимального отдела плечевой кости разработанным устройством и стандартной наkostной блокируемой пластиной с использованием метода конечных элементов.

Конфликт интересов. Авторы не заявляют о конфликте интересов.

Вклад авторов.

Мусабеков А.С., Жунусов Е.Т. – разработка устройства и концепции, написание статьи.

Тлемисов А.С., Аубакирова С.К., Проказюк А.А. – проведение биомеханического эксперимента, анализ полученных результатов, систематический анализ.

Болатұлы А. – обзор зарубежной литературы, написание резюме, сбор информации.

Азаматов Б.Н. – помощь в разработке схем и чертежей устройства, интерпретация результатов биомеханического эксперимента.

Финансирование. Данное исследование выполнено в рамках проекта грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан: ИРН AP13067824 «Разработка и оптимизация методов диагностики и хирургической реабилитации травм с применением искусственного интеллекта и робототехники».

Сведения о публикации: Авторы заявляют, что ни один из блоков данной статьи не был опубликован в открытой печати и не находится на рассмотрении в других издательствах.

Литература.

1. Arumugam S., Arumugam V., Raviraman V. Surgical management of proximal humerus fracture treated with locking compression plate // *Int J Res Orthop.* 2017. 3(6):1165.
2. Beeres F.J.P., Hallensleben N.D.L., Rhemrev S.J., Goslings J.C., Oehme F., Meylaerts S.A.G. et al. Plate fixation

of the proximal humerus: an international multicentre comparative study of postoperative complications // *Arch Orthop Trauma Surg.* 2017. 137(12):1685–92.

3. Cappellari A., Trovarelli G., Andriolo M., Berizzi A., Ruggieri P. Reverse shoulder arthroplasty for treatment of proximal humerus complex fractures in elderly: A single institution experience // *Injury – International journal of the Care of the Injured.* Volume 53, supplement 1, S2-S7, March 2022.

4. Gregory T.M., Vandenbussche E., Augereau B. Surgical treatment of three and four-part proximal humeral fractures // *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013. 99(1): S197–207.

5. Haasters F., Siebenbürger G., Helfen T., Daferner M., Böcker W., Ockert B. Complications of locked plating for proximal humeral fractures - are we getting any better? // *J Shoulder Elb Surg.* 2016. 25(10): e295–303.

6. Jacob T.T., Nayak M. Functional outcome of patients treated with proximal humeral internal locking osteosynthesis plate in proximal humeral fractures // *International Journal of Research in Orthopaedics.* December 2020, Volume 6, Issue 6, pages 1182-1185.

7. Kim H., Chung Y.G., Jang J.S., Kim Y., Park S. Bin, Song H.S. Why locking plates for the proximal humerus do not fit well // *Arch Orthop Trauma Surg.* 10 November 2020, Volume 142, pages 219-226.

8. Padegimas E.M., Zmistowski B., Lawrence C., Palmquist A., Nicholson T.A., Namdari S. Defining optimal calcar screw positioning in proximal humerus fracture fixation // *J Shoulder Elb Surg.* 2017. 26(11):1931–7.

9. Passaretti D., Candela V., Sessa P., Gumina S. Epidemiology of proximal humeral fractures: a detailed survey of 711 patients in a metropolitan area // *J Shoulder Elb Surg.* 2017. 26(12):2117–24.

10. Paulo O.T., Vincenzo G., Eder S., Hugo A., João P. C., William B., Jose Ricardo L.M., Hilton A.K. Biomechanical behavior of three types of fixation in the two-part proximal humerus fracture without medial cortical support // *PLoS ONE.* 2019 Jul 30. doi: 10.1371/journal.pone.0220523.

11. Schumaier A., Grawe B. Proximal Humerus Fractures: Evaluation and Management in the Elderly Patient. 2018. 9:1–11.

12. Seetharam C.T., Jayaram M., Bachhappa S.H., Ramalingaiah Y., Hadi S.A. Study of surgical management of fracture of proximal humerus by PHILOS plate and screws // *Int J Res Orthop.* 2020. 6(3):462.

13. Subash Y., Dhamu I.M. An evaluation of functional outcome following surgical management of fractures of the proximal humerus with Neer's scoring system // *Int J Res Orthop.* 2017. 4(1):46.

14. Vachtsevanos L., Hayden L., Desai A.S., Dramis A. Management of proximal humerus fractures in adults. 2014. 5(5):685–93.

15. Venkat K., Blake B., Neil K. Complications Associated with Locking Plate of Proximal Humerus Fractures // *Indian J Orthop.* 2018. 2(5):108–116.

Контактная информация:

Мусабеков Арман С. – ассистент кафедры травматологии и детской хирургии НАО «Медицинский университет Семей», г. Семей, Республика Казахстан;

Почтовый адрес: Республика Казахстан, 071400, г. Семей, ул. Посмакова 96 – кв.59.

e-mail: arm_85_@mail.ru

Телефон: + 7 775 370 91 76