

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ УГЛА КЛИНОВИДНОЙ ОСТЕОТОМИИ ЛОКТЕВОГО ОТРОСТКА У БОЛЬНЫХ С ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИМИ СГИБАТЕЛЬНЫМИ КОНТРАКТУРАМИ ЛОКТЕВОГО СУСТАВА

Солдатов Ю.П., Гордеев А.В.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, Курган, e-mail: soldatov-up@mail.ru

Цель исследования: разработать алгоритм дооперационного расчета величины необходимого угла клиновидной остеотомии локтевого отростка у больных с посттравматическими сгибательными контрактурами локтевого сустава. У 46 больных от 17 до 58 лет (средний возраст соответствовал 38 ± 12 лет) с резким ограничением угла разгибания была выполнена клиновидная остеотомия локтевого отростка, остеосинтез локтевой кости аппаратом Илизарова. После клиновидной остеотомии локтевого отростка, резекции костного его клина и последующей угловой транспозиции происходило отклонение вершины локтевого отростка от костного образования, препятствующего разгибанию в локтевом суставе. Угол разгибания в локтевом суставе увеличен у 43 (93,5%) пациентов до 170-180 градусов (в среднем он составил 170 ± 8 градусов). У 3 (6,5%) больных с гетеротопической оссификацией локтевого сустава увеличения угла разгибания достигнуто не было в связи с ее прогрессированием. Математическим методом выявлено, что необходимыми измерениями для расчета величины угла клиновидной остеотомии локтевого отростка являются: дефицит разгибания в локтевом суставе, радиус блоковидной вырезки локтевой кости, расстояние от центра блоковидной вырезки локтевой кости до максимально удаленной точки анатомического образования, препятствующего полному разгибанию, расстояние между точкой на блоковидной (полулунной) вырезке локтевой кости, отстоящей на расчетном расстоянии от середины блоковидной вырезки, и крайней точкой анатомического образования, препятствующего полному разгибанию. Результаты расчетов для определения величины клиновидной остеотомии локтевого отростка с двумя распространенными параметрами дефицита угла разгибания (60 и 75 градусов) представлены в таблицах. Подготовленные таблицы удобны для практического применения врачами в предоперационном периоде, сокращают время предоперационного планирования.

Ключевые слова: локтевой сустав, локтевой отросток, контрактура, гетеротопическая оссификация, клиновидная остеотомия, аппарат Илизарова, математическая формула.

DETERMINATION OF THE ANGLE OF WEDGE-SHAPED OSTEOTOMY OF THE ULNAR PROCESS IN PATIENTS WITH POST-TRAUMATIC FLEXION CONTRACTURES OF THE ELBOW JOINT

Soldatov Yu.P., Gordeev A.V.

State budgetary institution "Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics named after Academician G.A. Ilizarov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Kurgan, e-mail: soldatov-up@mail.ru

The aim of the study: to develop an algorithm for preoperative calculation of the required angle of wedge osteotomy of the olecranon in patients with post-traumatic flexion contractures of the elbow joint. In 46 patients aged 17 to 58 years (mean age 38 ± 12 years) with severe limitation of the extension angle, wedge osteotomy was performed. olecranon process, osteosynthesis of the ulna using the Ilizarov apparatus. After wedge osteotomy of the olecranon, resection of its bone wedge and subsequent angular transposition, there was a deviation of the olecranon apex from the bone formation that prevented extension in the elbow joint. The elbow extension angle was increased in 43 (93.5%) patients to 170-180 degrees (on average, it was 170 ± 8 degrees). In 3 (6.5%) patients with heterotopic ossification of the elbow joint, an increase in the extension angle was not achieved due to its progression. It was found by mathematical methods that the necessary measurements for calculation of the angle of the wedge osteotomy of the olecranon are: elbow extension deficit, radius of the trochlear notch of the ulna, distance from the center of the trochlear notch of the ulna to the most distant point of the anatomical formation that prevents full extension, distance between the point on the trochlear (semilunar) notch of the ulna, located at the calculated distance from the middle of the trochlear notch, and the extreme point of the anatomical formation that prevents full extension. The tables presented the results of calculations for determining the value of wedge osteotomy of the olecranon with two common parameters of the extension angle

deficit (60 and 75 degrees) are presented in the tables. The prepared tables are convenient for practical use by doctors in the preoperative period, reduce the time of preoperative planning.

Keywords: elbow joint, elbow process, contracture, heterotopic ossification, wedge-shaped osteotomy, Ilizarov apparatus, mathematical formula.

Введение. Применение математических и компьютерных методов для диагностики заболеваний и выполнения оперативных пособий является одним из важных направлений в современной медицине. Для устранения выраженных угловых деформаций костей предплечья в травматологии и ортопедии используется пассивная компьютерная навигационная система «Орто-СУВ» [1]. Улучшение результатов лечения больных остеоартритом коленного сустава осуществляют посредством корригирующих остеотомий с компьютерной навигацией [2; 3]. Выполнение расчетов уровня и величины остеотомий перед оперативным лечением пациентов в реконструктивной травматологии и ортопедии для снижения ошибок и осложнений является целесообразным. Так, известна математическая модель тазобедренного сустава для численного расчета ротационной флекссионной остеотомии [4]. Многие хирурги отмечают, что только при использовании тщательного расчета степени коррекции при остеотомии можно ожидать положительные и долгосрочные результаты [5]. Однако исследования, посвященные функциональной морфометрии, единичные, данные их разрозненные и требуют уточнений и дальнейшей доработки [6].

Для улучшения функции локтевого сустава у больных со сгибательными и сгибательно-разгибательными артрогенными контрактурами (с костными конфликтами в дорзальном отделе сустава, обусловленными деформациями локтевого отростка, мышелка и блока плечевой кости, гетеротопической оссификацией) применяют клиновидную остеотомию локтевого отростка с остеосинтезом аппаратом Илизарова [7]. Данная операция за счет угловой транспозиции локтевого отростка приводит к устранению костного препятствия при разгибательных движениях в локтевом суставе, снижению осложнений в виде гетеротопической оссификации и рецидива костного конфликта.

Авторами статьи ранее была создана компьютерная программа Elbow reconstruction [8] для расчета величины угла клиновидной остеотомии локтевого отростка. При ее отсутствии необходимый угол клиновидной остеотомии можно определить по рентгенограммам. Сведения о необходимых анатомических измерениях и расчетах для определения величины угла клиновидной остеотомии локтевого отростка в открытых литературных источниках отсутствуют.

Цель исследования: разработать алгоритм дооперационного расчета величины необходимого угла клиновидной остеотомии локтевого отростка у больных с посттравматическими сгибательными контрактурами локтевого сустава.

Материал и методы исследования. Применены математический, клинико-рентгенологический методы исследований, а также проектирование устранения костных препятствий при разгибании в локтевом суставе. Обобщающая характеристика статистической совокупности в работе представлена в виде средних величин - средней арифметической и стандартного отклонения ($X_i \pm SD$).

В работе употреблены этические принципы, изложенные в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с соответствующими поправками. Имеются информированные согласия от пациентов на публикацию полученных данных исследования.

У 46 больных от 17 до 58 лет (средний возраст 38 ± 12 лет) с артрогенными сгибательными контрактурами локтевого сустава с костными конфликтами в дорзальном его отделе была выполнена клиновидная остеотомия локтевого отростка, остеосинтез локтевой кости аппаратом Илизарова (патент 2074666 «Способ устранения сгибательной контрактуры локтевого сустава», В.Д. Макушин, Ю.П. Солдатов) (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика поступивших на лечение больных

Признаки	Средние величины ($X_i \pm SD$)
Давность травмы (мес.)	23 ± 9
Величина угла разгибания (град.)	$130 \pm 12^\circ$
Дефицит угла разгибания (град.)	$65 \pm 15^\circ$

У 28 пациентов выявлена тяжелая степень сгибательной контрактуры локтевого сустава.

После клиновидной остеотомии локтевого отростка, резекции костного его клина и последующей угловой транспозиции происходило отклонение верхушки локтевого отростка от костного образования, препятствующего разгибанию в локтевом суставе. Клиновидную остеотомию выполняли после монтажа аппарата Илизарова с помощью долот или (и) вибропилы. Вершина клина располагалась на середине блоковидной вырезки локтевой кости (рис. 1).

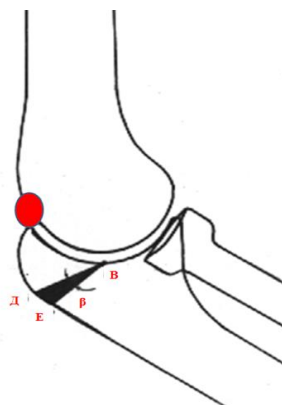


Рис. 1. Схема клиновидной остеотомии локтевого отростка: β - величина угла клиновидной остеотомии, В – вершина клина с расположением ее на середине блоковидной вырезки локтевой кости, ДЕ – основание клина

Результаты исследования и их обсуждение. Срок фиксации локтевого отростка у всех больных составил 60-80 дней (в среднем 65 ± 4 дня). Угол разгибания в локтевом суставе увеличен у 43 (93,5%) пациентов до 170-180 градусов (в среднем он составил 170 ± 8 градусов). У 3 (6,5%) больных с гетеротопической оссификацией локтевого сустава увеличения угла разгибания достигнуто не было в связи с ее прогрессированием.

С целью расчета величины угла клиновидной остеотомии локтевого отростка, посредством которой устранялось механическое препятствие разгибательным движениям в локтевом суставе, определили необходимые измерения и математическую формулу. С этой целью смоделировали форму блоковидной вырезки локтевой кости после его клиновидной остеотомии, удаления клина, угловой транспозиции локтевого отростка и полного разгибания в суставе (180°) (рис. 2).

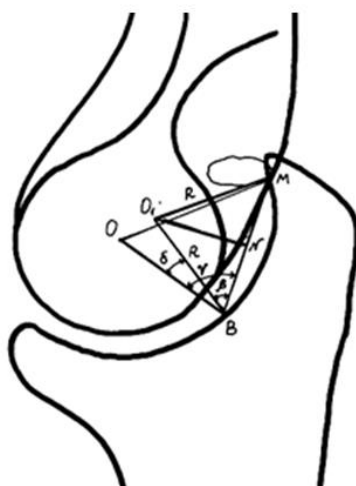


Рис. 2. Схема локтевого сустава в боковой проекции после клиновидной остеотомии локтевого отростка: $[BO]$, $[BO_1]$, $[MO_1]$ – радиусы кривизны блоковидной вырезки (R); $[BM]$ – расстояние между серединой блоковидной вырезки, которая будет находиться после полного разгибания в локтевом суставе (в результате моделирования угловой

транспозиции локтевого отростка после его клиновидной остеотомии), и крайней наиболее выступающей точкой анатомического образования, препятствующего полному разгибанию в локтевом суставе (n); $[OM]$ – расстояние от центра блоковидной вырезки до крайней наиболее выступающей точки анатомического образования, препятствующего полному разгибанию предплечья (m)

Из представленной схемы (рис. 2) видно: $|BN| = |BO1| \cos \beta$ ($\frac{1}{2}\pi = R \cos \beta$) и $\cos \beta = \pi/2 R$; $|OM|^2 = |OB|^2 + |BM|^2 - 2|OB||BM|\cos \gamma$ ($m^2 = R^2 + n^2 - 2Rn\cos \gamma$), $\cos \gamma = (R^2 + n^2 - m^2)/2Rn$. Размер углового перемещения локтевого отростка δ соответствовал разности углов γ и β : $\delta = \gamma - \beta$, $\delta = \arccos \frac{R^2 + n^2 - m^2}{L} - \arccos \frac{R^2 - m^2}{2Rn}$.

Для измерения показателя n определяли расстояние a от середины блоковидной (полулунной) вырезки локтевой кости на рентгенограмме локтевого сустава в боковой проекции до смоделированной ее середины после полного разгибания (рис. 3).

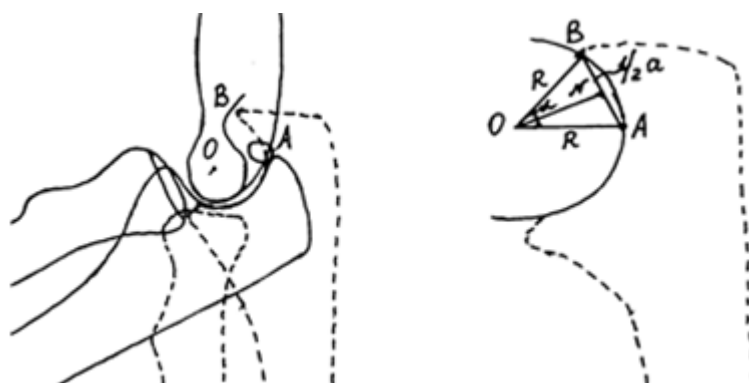


Рис. 3. Схема локтевого сустава в боковой проекции для определения расстояния a от середины блоковидной (полулунной) вырезки локтевой кости до смоделированной ее середины после полного разгибания

Из рисунка 3 следует, что при полном разгибании в локтевом суставе верхушка локтевого отростка (точка А) переходит в точку В. Треугольник АОВ равнобедренный. Величина угла АОВ равна величине угла дефицита разгибания в локтевом суставе - α . Треугольник АНО – прямоугольный: $|AN| = |AO| \sin \frac{\alpha}{2}$ ($1/2a = R \sin \alpha/2$), $a = 2R \sin \alpha/2$.

На рисунке 4 показаны измерения для определения величины клиновидной остеотомии локтевого отростка по предложенной формуле.

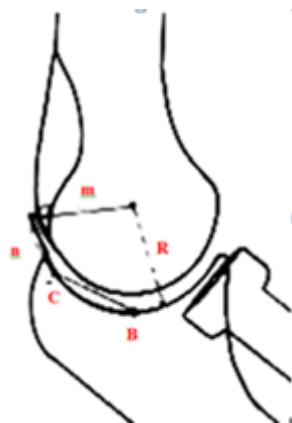


Рис. 4. Схема локтевого сустава для определения величины клиновидной остеотомии локтевого отростка: В – середина блоковидной вырезки, С – точка на блоковидной вырезке, отстоящая на $2R \times \sin \alpha/2$ от ее середины

В таблицах 2 и 3 представлены результаты расчетов по формуле для определения величины клиновидной остеотомии локтевого отростка, как пример - с двумя распространенными параметрами дефицита угла разгибания (60 и 75 градусов).

Таблица 2

Величина угла клиновидной остеотомии локтевого отростка
при дефиците угла разгибания 75 град.

m MM	R=10 mm						R=12 mm						R=15 mm					
	n, B mm																	
	10	11	12	13	14	15	10	11	12	13	14	15	10	11	12	13	14	15
11	7	6	6	6	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	14	13	12	12	12	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--	-	-
13	21	20	19	18	17	17	6	6	6	5	5	5	-	-	-	-	-	-
14	29	27	25	24	24	23	13	12	11	11	10	10	-	-	-	-	-	-
15	37	34	32	31	30	29	20	19	17	16	16	15	-	-	-	-	-	-
16	-	-	40	38	36	35	27	25	25	22	21	20	6	6	5	5	5	4
17	-	-	-	-	-	-	35	32	30	28	27	26	13	12	11	10	10	9
18	-	-	-	-	-	-	-	40	3	35	33	32	19	18	16	15	14	14
19	-	-	-	-	-	-		-	-	-	39	32	26	24	22	21	20	19
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	31	29	27	25	24
a	12						15						18					

Таблица 3

Величина угла клиновидной остеотомии локтевого отростка
при дефиците угла разгибания 60 град.

m MM	R=10 mm						R=12 mm						R=15 mm					
	п, B MM																	
	10	11	12	13	14	15	10	11	12	13	14	15	10	11	12	13	14	15
11	7	6	6	6	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	14	13	12	12	12	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	21	20	19	18	17	17	6	6	6	5	5	5	-	-	-	-	-	-
14	29	27	25	24	24	23	13	12	11	11	10		-	-	-	-	-	-
15	37	34	32	31	30	29	20	19	17	16	16	15	-	-	-	-	-	-
16	-	-	40	38	36	35	27	25	24	22	21	20	6	6	5	5	5	4
17	-	-	-	-	-	-	35	32	30	28	27	26	13	12	11	10	10	9
18	-	-	-	-	-	-	-	40	37	35	33	32	19	18	16	15	14	14
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	35	26	24	22	21	20	19
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	31	29	27	25	24
a	10						12						15					

Представляем клиническое наблюдение, демонстрирующее алгоритм определения величины угла клиновидной остеотомии локтевого отростка.

Пациентка 55 лет (рис. 5а) обратилась в клинику через один год после травмы с посттравматической артрогенной сгибательной контрактурой, остеоартритом левого локтевого сустава, металлической конструкцией (винтами) мыщелка плечевой кости. Недостаточность разгибания в локтевом суставе составила 90 градусов. Оперативное лечение по поводу закрытого перелома мыщелка левой плечевой кости со смещением костных отломков выполнено по месту жительства - погружной остеосинтез мыщелка плечевой кости винтами.

В клинике произведены артротомия локтевого сустава, артроскопическая артропластика. Угол разгибания был увеличен только на 15 градусов. Еще через один год после последней операции для устранения костного конфликта при разгибании локтевого сустава (имелись деформация ямки локтевого отростка, остеофиты, винты) запланирована операция - клиновидная остеотомия локтевого отростка, остеосинтез плеча, предплечья аппаратом Илизарова. При поступлении: жалобы на резкое ограничение разгибания в левом

локтевом суставе, боли при максимальном разгибании, затруднение самообслуживания. Дефицит разгибания - 75 градусов (максимальный угол разгибания 105 градусов).

На рентгенограмме локтевого сустава в боковой проекции в натуральную величину с максимально возможным разгибанием произвели необходимые измерения (рис. 5б): дефицит угла разгибания в локтевом суставе ($\alpha = 75$ градусов), радиус блоковидной (полулунной) вырезки ($R = 12$ мм), величина m - 17 мм, величина a - 15 мм, величина n - 15 мм. По таблице 1 определили величину клиновидной остеотомии локтевого отростка. Она соответствовала 26 градусам.

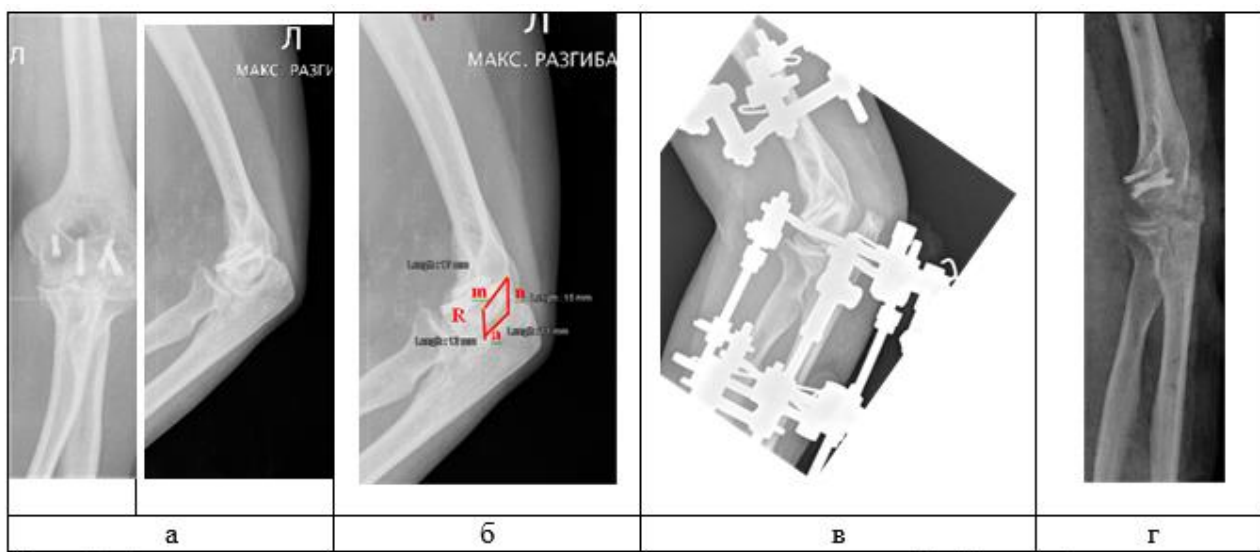


Рис. 5. Фото с рентгенограмм левого локтевого сустава пациентки Б. 55 лет: а) до лечения в передне-задней и боковой проекциях; б) с измерениями; в) в процессе лечения в боковой проекции после остеосинтеза аппаратом Илизарова и клиновидной остеотомии локтевого отростка; г) после демонтажа аппарата Илизарова в боковой проекции с максимальным разгибанием в локтевом суставе

Выполнены остеосинтез предплечья и плеча компоновкой аппарата Илизарова, клиновидная остеотомия локтевого отростка величиной 25 градусов (рис. 5в). Длительность лечения с аппаратом Илизарова составила 75 дней. Разгибание в локтевом суставе после демонтажа аппарата Илизарова - 170° (рис. 5г). В отдаленные сроки после лечения сгибание в локтевом суставе составило 50°, разгибание – 180°.

Применение непосредственных линейных и угловых измерений с рентгенограмм для планирования операций, по литературным данным [9], удовлетворяет хирургов, несмотря на то что они более подвержены погрешностям в связи с рентгеновским увеличением, а также возможным ошибкам измерения, которые могут повлиять на результат вмешательства. Поэтому рационально применять для измерений рентгенограммы с фокусным расстоянием 1

метр (масштаб 1:1), что повышает их точность. Данные измерения легко воспроизводимы другими хирургами, имеют высокую степень безопасности при предоперационном планировании, что является важным в хирургии [10].

Заключение. Таким образом, измерения для расчета величины угла клиновидной остеотомии локтевого отростка при артрогенных контрактурах локтевого сустава целесообразно осуществлять по рентгенограмме локтевого сустава в боковой проекции с максимально возможным разгибанием в натуральную величину (масштаб 1 : 1). Необходимыми измерениями являются: дефицит разгибания в локтевом суставе – α (в градусах), радиус блоковидной (полулунной) вырезки локтевой кости – R (в мм), расстояние от центра блоковидной (полулунной) вырезки локтевой кости до максимально удаленной точки анатомического образования, препятствующего полному разгибанию – m (в мм), расстояние между точкой на блоковидной (полулунной) вырезке локтевой кости, отстоящей на расстоянии a (в мм) (дополнительно определяется по формуле) от середины блоковидной (полулунной) вырезки, и крайней точкой анатомического образования, препятствующего полному разгибанию – n (в мм).

Применение математической формулы для расчета угла клиновидной остеотомии локтевого отростка позволяет рационально выполнить операцию, что приводит к гарантированному увеличению угла разгибания в локтевом суставе - до полного (180°). Подготовленные таблицы с распространенными параметрами дефицита угла разгибания удобны для практического применения врачами в предоперационном периоде, сокращают время предоперационного планирования.

Список литературы

1. Рыжиков Д.В., Белоусова Е.А., Поздеев А.П., Виссарионов С.В. Использование навигационной системы Орто-СУВ в лечении детей с деформациями предплечья // Травматология и ортопедия России. 2024. № 30(3). С. 44-54. DOI: 10.17816/2311-2905-17481.
2. Stanley J.C., Robinson K.G., Devitt B.M., Richmond A.K., Webster K.E., Whitehead T.S., Feller J.A. Computer assisted alignment of opening wedge high tibial osteotomy provides limited improvement of radiographic outcomes compared to fluoroscopic alignment // Knee. 2016. Vol. 23(2). P. 289-294. DOI: 10.1016/j.knee.2015.12.006.
3. Кочергин П.Г., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Воронкевич И.А., Землянская Е.А. Применение корригирующих остеотомий с компьютерной навигацией в лечении пациентов с деформирующим артрозом коленного сустава // Современные проблемы науки и

образования. 2019. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29191> (дата обращения: 04.02.2025). DOI: /10.17513/spno.29191.

4. Андреев П.С., Коноплев Ю.Г., Саченков О.А., Хасанов Р.Ф., Яшина И.В. Математическое моделирование ротационной флекссионной остеотомии // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 5. С. 18-21.

5. Зыкин А.А., Тенилин Н.А., Малышев Е.Е., Герасимов С.А. Корректирующие остеотомии в лечении гонартроза // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14032> (дата обращения 01.12.2024).

6. Затолокина М.А., Польской В.С., Зуева С.В., Ласкова А.В., Мезенцева Ю.И., Шеховцова А.С., Асеева С.А., Боева А.О., Сирдюк И.В., Сергеева В.Н., Орлова И.А., Пинжуро О.С. Математическое моделирование и прогнозирование – как методы научного познания в медицине и биологии (обзор литературы) // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 12-4. С. 539-543. URL: <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=9220> (дата обращения 20.12.2024).

7. Чибиров Г.М., Солдатов Ю.П. Оперативное лечение больных с последствиями травм локтевого сустава с применением аппарата Илизарова // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21798> (дата обращения 05.12.2024).

8. Чибиров Г.М., Солдатов Ю.П. Elbow reconstruction // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021615172 Российская Федерация: № 2021613871: заявл. 24.03.2021: опубл. 05.04.2021; заявитель ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава РФ. 2021.

9. Kahler S.H., Мандерс Е.К. Planned angle osteotomy // Plast. Reconstr. Surg. 1991. Vol. 87(5). P. 969-73. DOI: 10.1097/00006534-199105000-00028. PMID: 2017511.

10. Epitácio Leite Rolim Filho, Marcelo Raul Cavalcanti Torres, Mauriston Renan Martins Silva, Filipe Ramos Lima, José Lamartine de Andrade Aguiar. Simplified Calculation For Corrective Osteotomies. Of Long Bones // Acta ortop. Bras. 2016. Vol. 24(5). P 253-258. DOI: 10.1590/1413-785220162405160466.