

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ КЛЮВОВИДНО-КЛЮЧИЧНЫХ СВЯЗОК ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ АКРОМИАЛЬНО-КЛЮЧИЧНОГО СОЧЛЕНЕНИЯ

Во К.Т., Хоминец В.В., Аверкиев Д.В.*

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова»,
 Санкт-Петербург

DOI: 10.25881/20728255_2025_20_4_47

Резюме. Хроническая посттравматическая нестабильность акромиально-ключичного сочленения часто сопровождается болью и нарушением функции конечности. Известные способы хирургического лечения данной патологии имеют свои преимущества и недостатки. Сравнительно простым и доступным способом стабилизации акромиально-ключичного сочленения в застарелых случаях является реконструкция клювовидно-ключичных связок петлей, огибающей клювовидный отросток лопатки и ключицу, с использованием сухожильного трансплантата, армированного синтетической лентой. Данная методика хирургического лечения не предполагает формирования отверстий в костях, которые увеличивают риск патологических переломов в послеоперационном периоде.

Цель. Оценить горизонтальную и вертикальную стабильность акромиально-ключичного сочленения при фиксации его петлей из синтетической ленты, огибающей клювовидный отросток лопатки и ключицу, и полупетлей с двухпучковой трансоссальной фиксацией к ключице.

Материалы и методы. В биомеханическом эксперименте на 14 акромиально-ключичных сочленениях у 7 трупов определяли смещение акромиального конца ключицы в переднем, заднем и верхнем направлениях при нагрузке 70 Н. Измерения проводили последовательно: при интактном связочном аппарате, после пересечения акромиально-ключичной связки, после пересечения клювовидно-ключичных связок со стабилизацией акромиального конца ключицы исследуемой огибающей петлей, затем — полупетлей с трансоссальной фиксацией к ключице в местах прикрепления трапециевидной и конической связок. В качестве модели армированного сухожильного трансплантата использовали синтетическую ленту «FiberTape», сложенную вдвое.

Результаты. Пересечение акромиально-ключичной связки приводило к значимому увеличению смещения акромиального конца ключицы под нагрузкой сверху на 3,3 мм (61,4%), кзади — на 1,5 мм (24,5%) и кпереди — на 1,9 мм (24,6%). Стабилизация огибающей петлей, а также полупетлей с трансоссальной фиксацией к ключице восстанавливали переднюю и верхнюю стабильность АКС до исходного уровня. Остаточное заднее смещение превышало исходное на 0,5 мм (8,4%) и 0,4 мм (7,1%) соответственно. При сравнении способов фиксации между собой значимых различий в стабильности не выявлено.

Выводы. При полной несостоятельности связочного аппарата АКС изолированная реконструкция клювовидно-ключичных связок восстанавливает вертикальную и горизонтальную стабильность более чем на 90% от исходной. Реконструкция клювовидно-ключичных связок петлей, огибающей клювовидный отросток лопатки и акромиальный конец ключицы, не уступает по своей эффективности использованию полупетли с двухпучковой трансоссальной фиксацией к ключице.

Ключевые слова: акромиально-ключичное сочленение, хроническая нестабильность, вывих акромиального конца ключицы, хирургическое лечение.

Введение

Вывих акромиального конца ключицы является распространенной травмой у физически активных молодых людей. Его частота достигает 8% от вывихов во всех суставах и 12% — среди суставов верхней конечности [1]. Результатом травмы является полный разрыв связочного

EXPERIMENTAL JUSTIFICATION OF RECONSTRUCTION OF CORACOCALVICULAR LIGAMENTS IN CHRONIC INSTABILITY OF THE ACROMIOCLAVICULAR JOINT

Vo K.T., Khominets V.V., Averkiev D.V.*

S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg

Abstract. Chronic posttraumatic instability of the acromioclavicular joint is often accompanied by pain and dysfunction of the limb. Known methods of surgical treatment of this pathology have their advantages and disadvantages. A relatively simple and accessible method of stabilizing the acromioclavicular joint in chronic cases is the reconstruction of the coracoclavicular ligaments with a loop encircling the coracoid process of the scapula and the clavicle, using a tendon graft reinforced with a synthetic tape. This surgical treatment method does not involve the formation of holes in the bones, which increase the risk of pathological fractures in the postoperative period.

Aim. To assess the horizontal and vertical stability of the acromioclavicular joint when it is fixed with a loop of synthetic tape encircling the coracoid process of the scapula and the clavicle, and a half-loop with two-bundle transosseous fixation to the clavicle.

Materials and methods. In a biomechanical experiment on 14 acromioclavicular joints in 7 cadavers, the displacement of the acromial end of the clavicle in the anterior, posterior and superior directions was determined under a load of 70 N. The measurements were performed sequentially: with an intact ligamentous apparatus, after crossing the acromioclavicular ligament, after crossing the coracoclavicular ligaments with stabilization of the acromial end of the clavicle with the studied encircling loop, then with a half-loop with transosseous fixation to the clavicle at the attachment sites of the trapezoid and conoid ligaments. A synthetic tape "FiberTape" folded in two was used as a model of a reinforced tendon graft.

Results. The intersection of the acromioclavicular ligament resulted in a significant increase in the displacement of the acromial end of the clavicle under load superior by 3.3 mm (61.4%), posterior by 1.5 mm (24.5%) and anterior by 1.9 mm (24.6%). Stabilization with a encircling loop, as well as a half-loop with transosseous fixation to the clavicle restored the anterior and superior stability of the acromioclavicular joint to the initial level. The residual posterior displacement exceeded the initial one by 0.5 mm (8.4%) and 0.4 mm (7.1%), respectively. When comparing the fixation methods, no significant differences in stability were found.

Conclusions. In case of complete failure of the ligamentous apparatus of the acromioclavicular joint, isolated reconstruction of the coracoclavicular ligaments restores vertical and horizontal stability by more than 90% of the original. Reconstruction of the coracoclavicular ligaments with a loop encircling the coracoid process of the scapula and the acromial end of the clavicle is not inferior in its effectiveness to the use of a half-loop with a two-bundle transosseous fixation to the clavicle.

Keywords: acromioclavicular joint, chronic instability, dislocation of the acromial end of the clavicle, surgical treatment.

аппарата, стабилизирующего акромиально-ключичное сочленения (АКС) [2; 3].

Хирургическое вправление ключицы со стабилизацией АКС в остром периоде травмы приводит к самостоятельному восстановлению собственного связочного аппарата [4]. При отсутствии хирургического лечения в

* e-mail: averdm@mail.ru

течение 3-х недель вывих считают застарелым [3; 5; 6]. Застарелый вывих клинически проявляется деформацией надплечья, дискомфортом и болью при физической нагрузке. Со временем, в 20–40% случаев, развивается хроническая нестабильность АКС в вертикальной и горизонтальной плоскостях со стойким болевым синдромом, дискинезией лопатки, слабостью мышц плечевого пояса и нарушением функции верхней конечности [7; 8].

Особенностью застарелых повреждений является отсутствие репаративного потенциала дегенеративно измененных поврежденных связок [5] и невозможность их самостоятельного восстановления при использовании только фиксации сочленения. По данным современной литературы оптимальной тактикой лечения хронической посттравматической нестабильности АКС является реконструкция связочного аппарата в сочетании с постоянной или временной фиксацией сочленения [3; 9]. В качестве биологического материала используют различные сухожильные ауто- и аллотрансплантаты, армированные шовным материалом или в нативном виде, с трансоссальной фиксацией пуговицами или интраоссальной – интерферентными винтами. Для защиты аутоотрансплантата применяют различные способы клювовидно-ключичной или акромиально-ключичной фиксации. Современной тенденцией в хирургии АКС является применение анатомичных многопучковых способов комбинированной реконструкции клювовидно-ключичных и акромиально-ключичной связок с целью восстановить его как вертикальную, так и горизонтальную стабильность [10]. Данная хирургическая тактика базируется на мнении о преимущественной роли акромиально-ключичного связочного комплекса в обеспечении горизонтальной стабильности АКС, а клювовидно-ключичного – вертикальной [11]. В то же время, начиная с классического эксперимента К. Fukuda et al. (1986) [12], все последующие биомеханические исследования показали значимую роль обоих связочных комплексов в поддержании стабильности АКС во всех плоскостях, причем акромиально-ключичная связка противостоит преимущественно малым, а клювовидно-ключичные – более амплитудным смещениям [13; 14]. После разрыва акромиально-ключичной связки дальнейшему смещению акромиального конца ключицы кверху препятствует клювовидно-ключичный связочный комплекс в целом, а смещению кзади и кпереди – составляющие его трапецевидная и коническая связки соответственно [15]. Экспериментально [16; 17] и клинически [18] доказано, что изолированная реконструкция клювовидно-ключичных связок не обеспечивает полной (исходной) горизонтальной стабильности АКС, однако убедительных данных о преимуществе комбинированных способов лечения над изолированными с точки зрения функциональных результатов не получено [19; 20].

Одним из распространенных способов изолированной реконструкции клювовидно-ключичных связок является проведение сухожильного трансплантата под основанием клювовидного отростка в виде полупетли и

фиксация его к ключице трансоссально двумя пуговицами или соединением его концов, либо интраоссально интерферентными винтами приблизительно в местах прикрепления конической и трапецевидной клювовидно-ключичных связок [21]. Недостатком данной методики является необходимость формирования костных тоннелей, повышающих риск переломов в послеоперационном периоде [21]. Сравнительно более простым и доступным способом, является реконструкция клювовидно-ключичных связок петлей, огибающей клювовидный отросток лопатки и ключицу, с использованием сухожильного трансплантата, армированного синтетической лентой. Методика стабилизации не предполагает формирования отверстий в костях, которые увеличивают риск возникновения патологических переломов в послеоперационном периоде [22; 23]. Результаты биомеханических испытаний данного способа хирургического лечения нестабильности АКС в доступной литературе не представлены, а сведения о клиническом применении имеются в ограниченном количестве, что не позволяет сделать однозначные выводы о его эффективности.

Цель исследования

В биомеханическом эксперименте оценить горизонтальную и вертикальную стабильность АКС при реконструкции клювовидно-ключичных связок петлей, огибающей клювовидный отросток лопатки и акромиальный конец ключицы, и полупетлей с трансоссальной фиксацией к ключице.

Материал и методы

Эксперимент проводили на кафедре нормальной анатомии Военно-медицинской академии на 14 акромиально-ключичных сочленениях у 7 фиксированных трупов (5 мужчин и 2 женщины), умерших от соматических заболеваний, без признаков дегенеративно-дистрофической и посттравматической патологии акромиально-ключичного сочленения (протокол заседания независимого Этического комитета Военно-медицинской академии № 299 от 25 марта 2025 г.). Стабильность АКС исследовали непосредственно на трупе с помощью специально разработанного стенда, состоящего из рамы, электронных динамометров, измерителей линейных перемещений, закрепленных вдоль вертикальной и сагиттальной осей тела, и соединительных элементов (Рис. 1).

После препаровки тканей с обнажением ключицы, акромиально-ключичного сочленения, акромиального, клювовидного отростков на исследуемой стороне тела каждого объекта монтировали испытательный стенд и последовательно задавали условия для проведения 4-х групп экспериментов: I (контрольная группа) – при интактных связках; II – акромиально-ключичная связка пересечена; III – все связки пересечены, АКС стабилизировано петлей из синтетической ленты, огибающей клювовидный отросток лопатки и акромиальный конец ключицы; IV – все связки пересечены, АКС стабилизируют

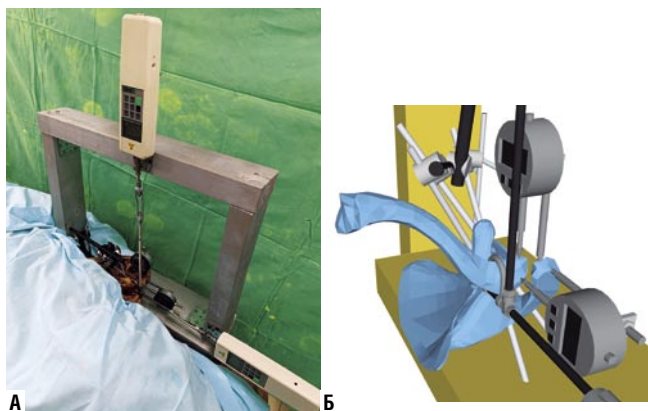


Рис. 1. Внешний вид экспериментального стенда для исследования стабильности АКС: общий вид стенда, смонтированного на трупe (А); 3D-схема измерительного узла стенда (Б).

вано полупетлей, огибающей клювовидный отросток, с трансоссальной фиксацией к ключице в местах прикрепления трапециевидной и конической связок (Рис. 2). Синтетическую ленту использовали в качестве модели реконструкции связок армированным сухожильным трансплантатом. Применяли материал «FiberTape», сложенный вдвое (Рис. 3).

С помощью винтовых тяг/толкателей к акромиальному концу ключицы прикладывали дозируемое динамометрами усилие 70 Н в нужном направлении и регистрировали его смещения кверху, кзади и кпереди относительно акромиального отростка с помощью индикаторов линейных перемещений.

Статистическую обработку результатов исследования осуществляли с помощью пакета программ Statistica 12.0. Распределение данных в совокупностях проверяли на нормальность с помощью W-критерия Шапиро-Уилка. Количественные величины представляли как среднее арифметическое $\pm$ стандартное отклонение. Парное сравнение совокупностей проводили с помощью t-критерия Стьюдента для двух зависимых выборок. Величину уровня значимости p принимали равной 0,05. При значении p меньше 0,001 его указывали в виде $p < 0,001$.

Результаты

Смещение акромиального конца ключицы в 4-х группах экспериментов представлены в Табл. 1 и графически на Рис. 4.

Пересечение акромиально-ключичной связки приводило к значимому увеличению смещения акромиального конца ключицы под нагрузкой 70 Н кверху в среднем на 3,3 мм (61,4%), кзади – на 1,5 мм (24,5%) и кпереди – на 1,9 мм (24,6%) от исходного состояния (Табл. 2).

Фиксация АКС петлей, огибающей клювовидный отросток лопатки и акромиальный конец ключицы, восстанавливала переднюю и верхнюю стабильность АКС до исходного уровня (Рис. 4, Табл. 3). Среднее смещение акромиального конца ключицы кзади несколько превышало исходное значение, в среднем на 0,5 мм (8,4%) ($p < 0,01$).

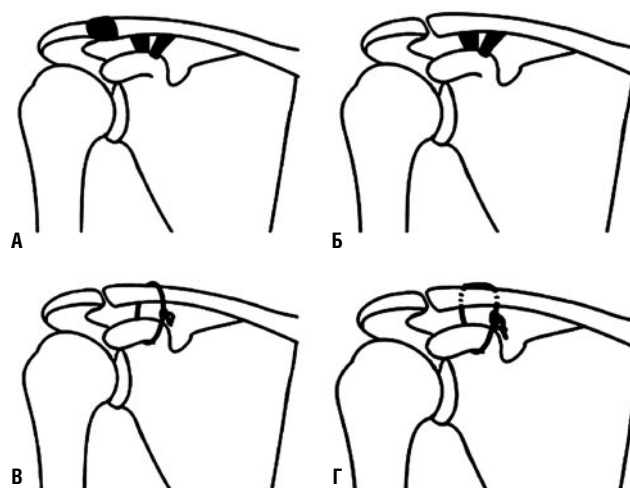


Рис. 2. Схема групп исследования стабильности АКС: группа I – неповрежденный связочный аппарат (А); группа II – акромиально-ключичная связка пересечена (Б); группа III – АКС стабилизировано огибающей петлей (В); г) группа IV – АКС стабилизировано полупетлей с трансоссальной фиксацией к ключице (Г).

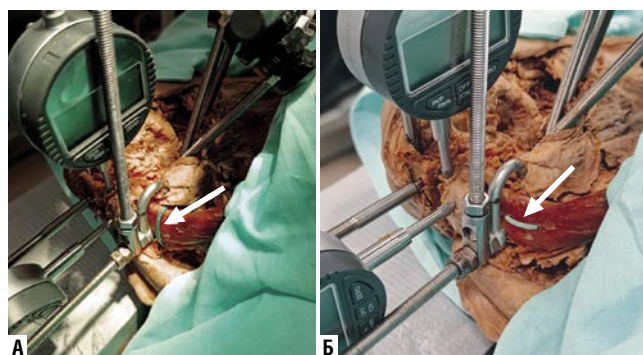


Рис. 3. Исследование стабильности акромиально-ключичного сустава после пересечения всех связок и клювовидно-ключичной фиксации: петлей, огибающей клювовидный отросток и ключицу – группа III (А); полупетлей, с трансоссальной фиксацией к ключице – группа IV (Б).

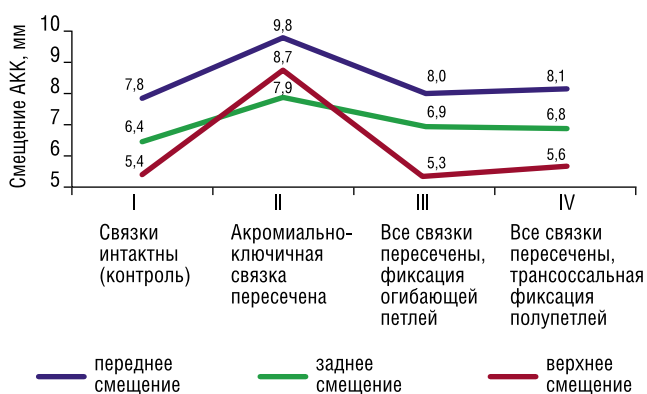
Табл. 1. Смещения акромиального конца ключицы относительно акромиального отростка под действием нагрузки 70 Н в группах экспериментов ($n = 14$), (среднее значение $\pm$ стандартное отклонение)

Смещение акромиального конца ключицы, мм	Группа I (контрольная, связки интактны)	Группа II (acroмиально-ключичная связка пересечена)	Группа III (все связки пересечены, фиксация огибающей петлей)	Группа IV (все связки пересечены, трансоссальная фиксация полупетлей)
кверху	5,4 $\pm$ 0,7	8,7 $\pm$ 0,9	5,3 $\pm$ 0,5	5,6 $\pm$ 0,7
кзади	6,4 $\pm$ 0,8	7,9 $\pm$ 0,6	6,9 $\pm$ 0,4	6,8 $\pm$ 0,5
кпереди	7,8 $\pm$ 0,2	9,8 $\pm$ 0,4	8,0 $\pm$ 0,6	8,1 $\pm$ 0,4

Стабилизация АКС полупетлей с трансоссальной фиксацией несколько уменьшало остаточное заднее смещение акромиального конца ключицы под нагрузкой – на 0,1 мм (Рис. 4, Табл. 3, 4). Однако при сравнении стабильности фиксации АКС исследуемыми способами между собой не выявлено статистически значимых различий (Табл. 5).

Табл. 2. Результаты сравнения величины смещения акромиального конца ключицы относительно акромиального отростка под действием нагрузки 70 Н до и после пересечения акромиально-ключичной связки (n = 14)

Смещение акромиального конца ключицы, мм	Группа I (контрольная, связки интактны)	Группа II (acroмиально-ключичная связка пересечена)	Средний прирост смещения	Уровень значимости
кверху	5,4±0,7	8,7±0,9	3,3 (61,4%)	p<0,001
кзади	6,4±0,8	7,9±0,6	1,5 (24,5%)	p<0,001
кпереди	7,8±0,2	9,8±0,4	1,9 (24,6%)	p<0,001

**Рис. 4.** Диаграмма смещения акромиального конца ключицы в переднем, заднем и верхнем направлениях в группах сравнения при нагрузке 70 Н.**Табл. 3.** Результаты сравнения смещения акромиального конца ключицы после пересечения связок со стабилизацией АКС огибающей петлей и в исходном состоянии (n = 14)

Смещение акромиального конца ключицы, мм	Группа I (контрольная, связки интактны)	Группа III (все связки пересечены, стабилизация огибающей петлей)	Прирост смещения, мм	Уровень значимости
кверху	5,4±0,7	5,3±0,5	-0,1 (0,1%)	p = 0,748
кзади	6,4±0,8	6,9±0,4	0,5 (8,4%)	p<0,001
кпереди	7,8±0,2	8,0±0,6	0,2 (2,3%)	p = 0,280

Табл. 4. Результаты сравнения смещения акромиального конца ключицы после пересечения связок с трансоссальной фиксацией АКС полупетлей и в исходном состоянии (n = 14)

Смещение акромиального конца ключицы, мм	Группа I (контрольная, связки интактны)	Группа IV (все связки пересечены, трансоссальная фиксация полупетлей)	Прирост смещения, мм	Уровень значимости
кверху	5,4±0,7	5,6±0,7	0,2 (6,0%)	p = 0,567
кзади	6,4±0,8	6,8±0,5	0,4 (7,1%)	p<0,001
кпереди	7,8±0,2	8,1±0,4	0,2 (2,9%)	p = 0,061

Табл. 5. Результаты сравнения смещения акромиального конца ключицы после пересечения связок со стабилизацией АКС огибающей петлей и трансоссальной фиксацией полупетлей (n = 14)

Смещение акромиального конца ключицы, мм	Группа III (все связки пересечены, фиксация огибающей петлей)	Группа IV (все связки пересечены, трансоссальная фиксация полупетлей)	Уровень значимости
кверху	5,3±0,5	5,6±0,7	p = 0,1839
кзади	6,9±0,4	6,8±0,5	p = 0,4671
кпереди	8,0±0,6	8,1±0,4	p = 0,7689

Обсуждение

Проведенный биомеханический эксперимент имел определенные допущения. Использование фиксированного трупного материала могло повлиять на результаты измерений, однако смещение акромиального конца ключицы до и после пересечения акромиально-ключичной связки было сопоставимым с данными литературы, полученными в экспериментах на свежих нефиксированных объектах при аналогичной нагрузке [14]. Снижению влияния состояния мягких тканей на результаты способствовало моделирование реконструкции синтетической лентой, обычно используемой для армирования сухожильного трансплантата в реальных условиях. Исследование стабильности фиксации проводили после полного пересечения связок. Погрешность, связанная с вариативностью монтажа измерительного оборудования, была компенсирована последовательным моделированием условий эксперимента на каждом из объектов без перемонтажа экспериментального стенда с последующим попарным сравнением полученных данных как зависимых совокупностей.

Результаты исследования показали, что при нагрузке, не превышающей пределы прочности клювовидно-ключичных связок, пересечение акромиально-ключичной связки снижало стабильность АКС во всех направлениях. При этом смещение акромиального конца ключицы под нагрузкой в горизонтальной плоскости увеличивалось не более чем на 2 мм.

После пересечения всех связочных комплексов изолированная реконструкция клювовидно-ключичных связок петлей, огибающей клювовидный отросток и ключицу (группа III), или полупетлей с трансоссальной двухпучковой фиксацией к ключице (группа IV) приводили к формированию остаточной горизонтальной (задней) нестабильности, однако она была в 3 раза меньше, чем в случае изолированного повреждения акромиально-ключичной связки (группа II) и всего на 0,4–0,5 мм отличалась от нормальных значений. Данный факт объясняет отсутствие в научной литературе убедительных данных о клинической значимости остаточной задней нестабильности АКС у пациентов, перенесших изолированную реконструкцию клювовидно-ключичного связочного комплекса.

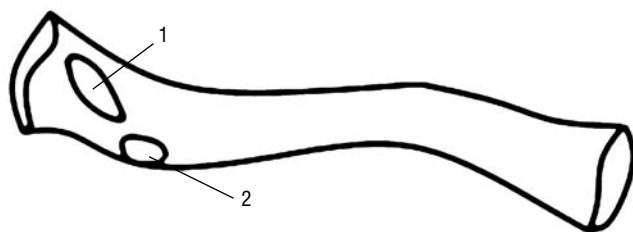


Рис. 5. Схема расположения мест прикрепления клювовидно-ключичных связок к нижней поверхности акромиального конца ключицы: трапециевидная связка (1), коническая связка (2).

Стабилизация АКС полупетлей с двухпучковой транс-оссальной фиксацией к ключице не выявил преимуществ по сравнению с петлеобразной фиксацией. Это можно объяснить с точки зрения анатомии. Место прикрепления трапециевидной связки находится снаружи и кпереди от конической (Рис. 5), и продольное расположение пучков полупетли, вероятно не имеет значимого преимущества перед поперечным у петли, огибающей ключицу.

Выводы

При полной несостоятельности связочного аппарата акромиально-ключичного сочленения изолированная реконструкция клювовидно-ключичных связок восстанавливает вертикальную и горизонтальную стабильность более чем на 90% от исходной. Реконструкция клювовидно-ключичных связок петлей, огибающей клювовидный отросток и акромиальный конец ключицы, не уступает по своей эффективности использованию полупетли с двухпучковой трансоссальной фиксацией к ключице.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Краснов А.Ф., Литвинов С.А., Цейтлин М.Д. Восстановительное лечение при травматических вывихах акромиального конца ключицы // Вестник травматологии и ортопедии. – 2003. – №3. – С.11-17. [Krasnov AF, Litvinov SA, Tseytlin MD. Restoration treatment of traumatic dislocation of clavicle acromion end. Vestnik travmatologii i ortopedii. 2003; 3: 11-17. (In Russ.)]
2. Tossy JD, Mead NC, Sigmond HM. Acromioclavicular separations: useful and practical classification for treatment. Clin Orthop Relat Res. 1963; 28: 111-119.
3. Tornetta III P, Ricci WM, Ostrum RF, et al. Acromioclavicular and Sternoclavicular Joint Injuries. In b. Rockwood and Green's Fractures in Adults. Philadelphia: J. P. Lippincott Company. 2025; 1(32): 959-1012.
4. Calvo E, López-Franco M, Arribas IM. Clinical and radiologic outcomes of surgical and conservative treatment of type III acromioclavicular joint injury. J Shoulder Elbow Surg. 2006; 15(3): 300-305. doi: 10.1016/j.jse.2005.10.006.
5. Jensen G, Kattahagen JC, Alvarado L, et al. Arthroscopically assisted stabilization of chronic AC-joint instabilities in GraftRope™ technique with an additive horizontal tendon augmentation. Arch Orthop Trauma Surg. 2013; 133(6): 841-851. doi: 10.1007/s00402-013-1745-2.
6. Салихов Р.З., Чекунов М.А., Теплов О.В., Галимов Д.Х., Соловьев В.В. Лечение хронической нестабильности акромиально-ключичного сустава // Практическая медицина. – 2023. – Т.21. – №3. – С.23-28. [Salikhov RZ, Chekunov MA, Teplov OV, Galimov DKh, Nightingale VV. Treating chronic instability of the acromioclavicular joint. Prakticheskaya meditsina. 2023; 21(3): 23-28. (In Russ.)] doi: 10.32000/2072-1757-2023-3-23-28.
7. Boileau P, Gastaud O, Wilson A, et al. All-Arthroscopic Reconstruction of Severe Chronic Acromioclavicular Joint Dislocations. Arthroscopy. 2019; 35(5): 1324-1335. doi: 10.1016/j.arthro.2018.11.058.
8. Sciascia A, Bois AJ, Kibler WB. Nonoperative Management of Traumatic Acromioclavicular Joint Injury: A Clinical Commentary with Clinical Practice Considerations. Int J Sports Phys Ther. 2022; 17(3): 519-540. doi: 10.26603/001c.32545.
9. Tuxun A, Keremu A, Aila P, et al. Combination of Clavicular Hook Plate with Coracoacromial Ligament Transposition in Treatment of Acromioclavicular Joint Dislocation. Orthop Surg. 2022; 14(3): 613-620. doi: 10.1111/os.13197.
10. Mori D, Nishiyama H, Haku S, et al. Coracoclavicular and acromioclavicular ligament reconstruction with a double-bundle semitendinosus autograft and cortical buttons for chronic acromioclavicular joint dislocations: clinical and imaging outcomes. J Shoulder Elbow Surg. 2024; 33(9): e507-e518. doi: 10.1016/j.jse.2024.01.019.
11. Berthold DP, Muench LN, Dyrna F, et al. Current concepts in acromioclavicular joint (AC) instability - a proposed treatment algorithm for acute and chronic AC-joint surgery. BMC Musculoskelet Disord. 2022; 23(1): 1078. doi: 10.1186/s12891-022-05935-0.
12. Fukuda K, Craig EV, An KN, et al. Biomechanical study of the ligamentous system of the acromioclavicular joint. J Bone Joint Surg Am. 1986; 68(3): 434-440.
13. Debski RE, Parsons IM 4th, Woo SL, Fu FH. Effect of capsular injury on acromioclavicular joint mechanics. J Bone Joint Surg Am. 2001; 83(9): 1344-1351. doi: 10.2106/00004623-200109000-00009.
14. Kurata S, Inoue K, Hasegawa H, et al. The Role of the Acromioclavicular Ligament in Acromioclavicular Joint Stability: A Cadaveric Biomechanical Study. Orthop J Sports Med. 2021; 9(2): 2325967120982947. doi: 10.1177/2325967120982947.
15. Minkus M, Wieners G, Maziak N, et al. The ligamentous injury pattern in acute acromioclavicular dislocations and its impact on clinical and radiographic parameters. J Shoulder Elbow Surg. 2021; 30(4): 795-805. doi: 10.1016/j.jse.2020.10.026.
16. Johnson SM, Esquivel AO, Lovse L, et al. Anatomic Acromioclavicular Joint Reconstruction with and without Acromioclavicular Ligament Reconstruction: A Comparative Biomechanical Study. Shoulder Elbow. 2023; 15(2): 166-172. doi: 10.1177/17585732211068322.
17. Verstraete O, Van Tongel A, De Wilde L, Peeters I. Acromioclavicular reconstruction techniques after acromioclavicular joint injuries: A systematic review of biomechanical studies. Clin Biomech (Bristol). 2023; 101: 1058-47. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2022.105847.
18. Hunter TJ, Abdus-Samee M, Balasubramanian S, et al. Medium- to long-term results of acromioclavicular joint stabilisation using the Ligament Augmentation Reconstruction System (LARS) ligament. Shoulder Elbow. 2020; 12(3): 163-169. doi: 10.1177/1758573219833697.
19. Kocaoglu B, Ulku TK, Gereli A, et al. Palmaris longus tendon graft versus modified Weaver-Dunn procedure via dynamic button system for acromioclavicular joint reconstruction in chronic cases. J Shoulder Elbow Surg. 2017; 26(9): 1546-1552. doi: 10.1016/j.jse.2017.01.024.
20. Sircana G, Saccomanno MF, Mocini F, et al. Anatomic reconstruction of the acromioclavicular joint provides the best functional outcomes in the treatment of chronic instability. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2021; 29(7): 2237-2248. doi: 10.1007/s00167-020-06059-5.
21. Muench LN, Berthold DP, Rupp MC, et al. Long-Term Functional Outcomes and Athletic Ability in Shoulder Sports After Anatomic Coracoclavicular Ligament Reconstruction for Chronic Type 3 and 5 Acromioclavicular Joint Injuries. Orthop J Sports Med. 2024; 12(2): 23259671241227224. doi: 10.1177/23259671241227224.
22. Салихов М.Р., Шулепов Д.А., Коган П.Г., Злобин О.В. Результаты малоинвазивного эндоскопического восстановления акромиально-ключичного сочленения // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – №6. – С.179. [Salikhov MR, Shulepov DA, Kogan PG, Zlobin OV. The results of minimally invasive individualisation recovery of the acromioclavicular joint. Contemporary problems of science and education. 2019; 6: 179. (In Russ.)] doi: 10.17513/spno.29468.
23. Lee YM, Yeo JD, Hwang ZO, et al. Reconstruction of the coracoclavicular ligament with palmaris longus tendon and Mersilene tape for acromioclavicular dislocations. BMC Musculoskelet Disord. 2022; 23(1): 648. doi: 10.1186/s12891-022-05589-y.