



doi: 10.25005/2074-0581-2026-28-1-238-251

## ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ СИНДРОМА ГРУДНОГО ВЫХОДА

Д.Д. СУЛТАНОВ<sup>1,2</sup>, А.Д. ГАИБОВ<sup>1</sup>, Д.А. РАХМОНОВ<sup>1</sup>, О. НЕЪМАТЗОДА<sup>1,2</sup>, Ф.М. МАХМАДАЛИЗОДА<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Республиканский научный центр сердечно-сосудистой хирургии, Душанбе, Республика Таджикистан

<sup>2</sup> Кафедра хирургических болезней № 2 им. академика Н.У. Усманова, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино, Душанбе, Республика Таджикистан

**Цель исследования:** оптимизировать тактику ведения и выбор методов оперативных вмешательств для улучшения результатов лечения больных с экстравазальными компрессиями сосудисто-нервных пучков (СНП) при синдроме грудного выхода (СГВ).

**Материал и методы:** изучены результаты комплексной диагностики и лечения 521 пациента (средний возраст 31,2±2,6 лет; мужчины – 27,1% (n=131); женщины – 74,9% (n=390) с разными формами СГВ. Косто-клавикулярный синдром (ККС) имелся у 51,8% (n=270) пациентов, добавочное шейное ребро (ДШР) – у 26,9% (n=140), рудиментарное шейное ребро (РШР) – у 12,8% (n=67), скаленус синдром (СС) – у 5,0% (n=26) и синдром малой грудной мышцы (СМГМ) – у 3,5% (n=18) обследованных. У 63,0% (n=328) пациентов также отмечался синдром Рейно с характерными клиническими проявлениями. Для диагностики СГВ и степени тяжести компрессии СНП применялись функциональные тесты, нитроглицериновая и холоддовая пробы, а также визуализирующие методы исследования – рентгенография, компьютерная томография (КТ), дуплексное сканирование с доплеровским картированием кровотока (УЗДС) и электронейромиография (ЭНМГ).

**Результаты:** клинические проявления СГВ зависели от компонента компрессии. При артериальной его форме наблюдались позиционная ишемия руки и тромбоз эмболия ладонной артериальной дуги. При превалировании компрессии нервов наблюдался болевой синдром в плечевом поясе, гипотрофия мышц кисти, а также быстрая утомляемость верхней конечности. Венозная форма характеризовалась гипертонией в системе подкожных вен, нередко с тромботической окклюзией подмышечно-подключичного сегмента. При всех формах СГВ выполнены декомпрессионные операции, которые в 339 случаев также были дополнены верхнегрудной симпатэктомией, а в 16 наблюдениях – артериальными реваскуляризирующими вмешательствами. Летальные исходы в госпитальном периоде не отмечались. Интраоперационные осложнения имели место у 2,5% (n=13) пациентов, в раннем послеоперационном периоде – в 7,7% (n=40) наблюдений. Хорошие результаты в отдаленном периоде были зарегистрированы у 91,9% пациентов с ККС, у 90,7% – с ДШР, в 83,6% случаев при РШР, и у 100,0% больных со СС и СМГМ.

**Заключение:** общими чертами для всех видов СГВ являлась компрессия СНП с соответствующими клиническими проявлениями в сочетании с 63,0% случаев с чередующимися приступами вазоспазма и вазоконстрикции. Оптимизированная тактика введения и способы хирургического лечения пациентов с СГВ позволили повысить качество оказания специализированной помощи данной категории пациентам. Высокая частота хороших результатов при всех формах СГВ свидетельствуют об эффективности декомпрессионных оперативных вмешательств.

**Ключевые слова:** синдром грудного выхода, синдром верхней грудной апертуры, диагностика, артериальные осложнения, резекция ребра, декомпрессия, шейно-грудная симпатэктомия.

**Для цитирования:** Султанов ДД, Гаиров АД, Рахмонов ДА, Неъматзода О, Махмадализода ФМ. Хирургическое лечение синдрома грудного выхода. Вестник Авиценны. 2026;28(1):238-51. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2026-28-1-238-251>

## SURGICAL TREATMENT OF THORACIC OUTLET SYNDROME

D.D. SULTANOV<sup>1,2</sup>, A.D. GAIBOV<sup>1</sup>, D.A. RAKHMUNOV<sup>1</sup>, O. NEMATZODA<sup>1,2</sup>, F.M. MAKHMADALIZODA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Republican Scientific Center for Cardiovascular Surgery, Dushanbe, Republic of Tajikistan

<sup>2</sup> Department of Surgical Diseases No. 2 named after Academician N.U. Usmanov, Avicenna Tajik State Medical University, Dushanbe, Republic of Tajikistan

**Objective:** The study aimed to optimize management tactics and the choice of surgical interventions to improve treatment outcomes for patients with extravascular compression of the neurovascular bundle (NVB) in thoracic outlet syndrome (TOS).

**Methods:** The results of complex diagnostics and treatment were studied in 521 patients (mean age 31.2±2.6 years; 27.1% (n=131) men and 74.9% (n=390) women) with various forms of TOS. Costoclavicular syndrome (CCS) was present in 51.8% (n=270) patients, complete accessory cervical rib (ACR) in 26.9% (n=140), rudimentary cervical rib (RCR) in 12.8% (n=67), scalene syndrome (SS) in 5.0% (n=26), and pectoralis minor syndrome (PMS) in 3.5% (n=18). Raynaud's phenomenon (RP) was also observed in 63.0% (n=328) patients. To diagnose TOS and the severity of NVB compression, functional tests, nitroglycerin and cold tests, and imaging methods – radiography, CT, duplex scanning with Doppler blood flow mapping, and electroneuromyography (ENMG) – were used.

**Results:** Clinical manifestations of TOS depended on the compression component. The arterial form presented with positional ischemia of the arm and thromboembolism of the palmar arterial arch. Cases with predominant nerve compression presented with shoulder girdle pain, hand muscle atrophy, and rapid upper limb fatigue. The venous form was characterized by hypertension in the subcutaneous venous system, often with thrombotic occlusion of the axillary-subclavian segment. Decompression surgeries were performed for all forms of TOS; in 339 cases, these were supplemented by upper thoracic sympathectomy, and in 16 cases by arterial revascularization. There were no fatalities during the hospital period. Intraoperative complications occurred in 2.5% (n=13) of patients, and early postoperative complications occurred in 7.7% (n=40). Long-term positive results were recorded in 91.9% of patients with CCS, 90.7% with ACR, 83.6% with RCR, and 100.0% with SS and PMS.

**Conclusion:** Common features across all types of TOS included NVB compression with corresponding clinical manifestations, combined with alternating bouts of vasospasm (63.0%). Optimized management tactics and surgical methods for TOS have improved the quality of specialized care. The high rate of successful outcomes across all forms of TOS demonstrates the effectiveness of decompression surgery.

**Keywords:** *Thoracic outlet syndrome, diagnosis, arterial complications, rib resection, decompression, cervicothoracic sympathectomy.*

**For citation:** Sultanov DD, Gaibov AD, Rakhmonov DA, Nematzoda O, Makhmalizoda FM. Khirurgicheskoe lechenie sindroma grudnogo vykhoda [Surgical treatment of thoracic outlet syndrome]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2026;28(1):238-51. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2026-28-1-238-251>

## ВВЕДЕНИЕ

Синдром грудного выхода (СГВ) представляет собой симптомокомплекс, возникший в результате механического сдавления извне первичных нервных стволов плечевого сплетения и подключичных сосудов при их выходе из верхней грудной апертуры в сторону шеи и верхних конечностей [1-5]. Анатомо-морфологическими исследованиями было показано, что область грудного выхода имеет сложную анатомическую структуру, состоящую из трёх последовательных узких пространств – выходов: верхнее пространство при выходе из грудной клетки, рёберно-лестничное пространство и рёберно-ключичный промежуток [6, 7].

В каждом из указанных промежутков фиброзные, мышечные и костные структуры плотно окружают сосудисто-нервный пучок, и, вследствие нарушения их взаимоотношения, развивается изолированная или сочетанная компрессия подключичной артерии и вены, а также нервов плечевого сплетения. В связи с этим, у пациентов наблюдаются артериальная, венозная и неврологическая формы СГВ [3, 5, 8].

Проведённые эпидемиологические данные показывают, что СГВ имеет довольно широкое распространение, и разные его варианты могут встречаться у 5% населения [1-4]. Показано, что три варианта СГВ встречаются неодинаково, и наиболее распространённым из них является неврологический вариант, среднюю позицию занимает венозная форма, и наиболее редко наблюдаются артериальные варианты с клиникой острой или хронической акральной ишемии [1].

Данные литературы также показывают неодинаковый характер частоты встречаемости различных нозологических форм СГВ, и среди них в большинстве случаев встречается синдром добавочного шейного ребра (ДШР) – в среднем у 0,5-4,9% всеобщей популяции [1-6]. Данный синдром, хотя и имеет широкую распространённость, но в более, чем 95% случаев не проявляется никакими клиническими признаками, так как размеры добавочных рёбер незначительны, что недостаточно для компрессии нейро-васкулярных структур [9]. Симптомными они становятся только тогда, когда имеется комбинация врождённых сухожильно-мышечных аномалий с длинным, плоским и толстым шейным ребром, приводящим к сдавлению нервно-сосудистых структур [8-10].

Ряд авторов впервые отнесли первое грудное ребро к причинному фактору СГВ при развитии тромбоза подключичной артерии [7]. В частности, Murray A Falconer & Graham Weddell в 1943 году впервые подробно описали клиническое течение рёберно-ключичной компрессии у троих пациентов, из-за чего в последующем данный синдром стал носить имя этих авторов [8]. Первое ребро является единственной костью в области грудного выхода, участвующей в образовании части стенки всех трёх анатомически узких пространств, и, из-за изменения её конфигурации и расположения, развивается нейро-васкулярная компрессия.

## INTRODUCTION

Thoracic outlet syndrome (TOS) is a symptom complex resulting from external mechanical compression of the primary nerve trunks of the brachial plexus and the subclavian vessels as they exit the superior thoracic aperture toward the neck and upper extremities [1-5]. Anatomical studies have shown that the thoracic outlet region consists of three successive narrow spaces: the interscalene triangle, the costoclavicular space, and the subcoracoid (pectoralis minor) space [6, 7].

Within each of these spaces, fibrous, muscular, and bony structures tightly surround the NVB. Disruption of these anatomical relationships leads to isolated or combined compression of the subclavian artery, subclavian vein, and the brachial plexus. Consequently, patients present with arterial, venous, or neurogenic forms of TOS [3, 5, 8].

Epidemiological data indicate that TOS is relatively widespread, with various forms found in up to 5% of the population [1-4]. The three variants manifest differently: the neurogenic variant is the most common, the venous form occurs with intermediate frequency, and arterial variants, presenting as acute or chronic acral ischemia, are the rarest [1].

The literature also indicates varying frequencies of specific causes of TOS. Among these, ACR is prominent, occurring in 0.5-4.9% of the general population [1-6]. Although widespread, this anatomical variation is asymptomatic in more than 95% of cases, as the accessory ribs are often too small to compress the neurovascular structures [9]. They become symptomatic only when congenital musculoskeletal anomalies combine with a long or thick cervical rib to cause compression [8-10].

Historically, several authors first identified the first thoracic rib as a causative factor in subclavian artery thrombosis [7]. In 1943, Falconer and Weddell described the clinical course of costoclavicular compression in detail, leading to the syndrome being named after them [8]. The first rib is the only bone in the thoracic outlet that contributes to the boundaries of all three narrow anatomical spaces; changes in its configuration or location frequently drive neurovascular compression.

The literature offers diverse perspectives on treating patients with TOS. Due to the variety of clinical manifestations, these patients are often misdiagnosed by neurologists, rheumatologists, or orthopedists and subjected to ineffective conservative therapy [9].

As has been noted, various forms of TOS carry a high risk of thromboembolic complications. Therefore, surgical treatment is generally recommended for symptomatic cases, while conservative therapy is reserved for patients with strict contraindications to surgery. Conservative and surgical methods are not alternatives but rather complementary approaches [10].

В литературе по-разному решается вопрос о выборе метода лечения больных с СГВ. Эти пациенты, из-за разнообразия клинических проявлений, часто обращаются и лечатся у невропатологов, ревматологов и травматологов под разными диагнозами, клинически проявляющимися болевым синдромом в плечевом поясе, и при этом подвергаются неполной или неэффективной консервативной терапии [9].

Как справедливо отмечено, разные формы СГВ представляют высокий риск развития тромбоэмболических осложнений, в связи с чем при симптомных его формах рекомендуется выполнять только хирургическое лечение, а к консервативной терапии необходимо прибегать только в случаях строгих противопоказаний к декомпрессионным вмешательствам. Поэтому становится очевидным, что эти два метода лечения СГВ – консервативное и хирургическое – не являются альтернативными, а дополняют друг друга [10].

Литературные данные свидетельствуют о недостаточно полном, а, в ряде случаев, противоречивом освещении некоторых вопросов этиопатогенеза СГВ, очень частого развития на его фоне синдрома Рейно (СР), а также методов лечения разных форм данной патологии [11-13], что диктует необходимость дальнейших научно-клинических исследований в этом направлении.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оптимизировать тактику ведения и выбор методов оперативных вмешательств для улучшения результатов лечения больных с экстравазальными компрессиями СНП при СГВ.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В рамках настоящего исследования проведён анализ результатов обследования и хирургического лечения 521 пациента с экстравазальными компрессиями СНП верхних конечностей у выхода из грудной клетки (все патологии объединены общим названием – СГВ). Все эти больные находились на лечении с 1990 по 2022 гг. в отделении хирургии сосудов Республиканского научного центра сердечно-сосудистой хирургии.

Распределение пациентов в зависимости от этиологического фактора компрессии СНП представлено в табл. 1.

Как видно из табл. 1, среди всех вариантов компрессии превалировал ККС, который имел место у чуть более половины пациентов и в два раза чаще у женщин по сравнению с мужчинами. Вторую позицию среди факторов компрессии СНП занимал синдром шейного ребра (СШР), который был представлен в двух вариантах – ДШР и РШР. Сравнительно меньше встречались СС и СМГМ – в совокупности менее, чем у 10% обследованных.

Возраст больных колебался в широких диапазонах при разных синдромах – от 14 до 60 лет, в среднем составив  $31,2 \pm 2,6$  лет. Основную массу пациентов составили лица молодого трудо-

Existing data regarding the etiopathogenesis of TOS, the frequent development of secondary Raynaud's phenomenon, and the optimal surgical strategies remain incomplete or contradictory [11-13]. This inconsistency highlights the need for further clinical research in this area.

## PURPOSE OF THE STUDY

To optimize management tactics and the selection of surgical interventions to improve outcomes for patients with extrinsic NVB compression in TOS.

## METHODS

This study analyzed the diagnostic and surgical results of 521 patients with extrinsic compression of the subclavian vessels and brachial plexus (collectively referred to as TOS). All patients were treated between 1990 and 2022 at the Vascular Surgery Department of the Republican Scientific Center for Cardiovascular Surgery in Dushanbe, Tajikistan.

The distribution of patients by etiological factors of NVB compression is presented in Table 1.

As Table 1 shows, CCS was the most common compression type, occurring in just over half of the patients and twice as often in women as in men. The second most common factor was cervical rib syndrome (CRS), which was presented in two forms: complete ACR and RCR. SS and PMS were comparatively less common, occurring in fewer than 10% of those examined.

The patients' age ranged from 14 to 60 years, with an average of  $31.2 \pm 2.6$  years. The majority were working-age individuals (67.2%), while school-age patients accounted for 15.2%. The duration of illness ranged from 1 to 20 years.

To identify signs of neurovascular compression, Adson, Halstead (Lange), and Wright tests were performed. Neurological impairment was further evaluated using specialized clinical examinations. In patients with secondary RP, blood flow in the palmar arterial arches and digital arteries was assessed using cold and nitroglycerin tests; these tests helped predict the effectiveness of selective cervicothoracic sympathectomy (SCTS).

In addition to standard clinical methods, ultrasound Dopplerography (USDG) and duplex scanning (USDS) were utilized. Radiography and CT were used to identify bone abnormalities, while electroneuromyography (ENMG) was used to quantify neurological disorders.

Radiographic examinations were the primary diagnostic methods for CCS and CRS. For other conditions, such as SS and PMS, imaging was primarily useful for differential diagnosis. Radiographs were performed on all patients, typically in two projections (anteroposterior and lateral).

Таблица 1 Этиологические факторы компрессии СНП (n=521)

Вариант компрессии СНП Compression type	n	%	Женщины/Women % (n)	Мужчины/Men % (n)
ККС/CCS	270	51.8	34.7 (181)	17.1 (89)
ДШР/ACR	140	26.9	22.6 (118)	4.2 (22)
РШР/RCR	67	12.9	11.9 (62)	1.0 (5)
СС/SS	26	5.0	3.3 (17)	1.7 (9)
СМГМ/PMS	18	3.5	2.3 (12)	1.1 (6)
Всего/Total	521	100.0	74.9 (390)	29.1 (131)

Table 1 Etiological factors for NVB compression in TOS (n=521)

способного возраста (67,2%). Больных школьного возраста было 15,2%. Длительность заболевания варьировала в широких пределах – от 1 года до 20 лет.

Для выявления признаков компрессии СНП проводились пробы Эдсона, Ланге и Райта. Неврологические нарушения проверялись неврологическими тестами. У больных с вторичным синдромом Рейно изучался кровоток в артериальных дугах кисти и пальцевых артериях с применением холодной и нитроглицериновой проб, которые позволяли прогнозировать эффект операции селективной шейно-грудной симпатэктомии (СШГС).

Кроме общеклинических методов исследования, были использованы ультразвуковая доплерография (УЗДГ) и дуплексное ангиосканирование (УЗДС), для выявления костных аномалий – рентгенография и КТ, а для определения неврологических нарушений – электронейромиография (ЭНМГ).

Рентгенологические исследования являлись основными методами в диагностике ККС и СШР. При других синдромах – СС и СМГМ – они имели значение лишь для дифференциальной диагностики. Рентгенологические исследования проводилась всем пациентам и, в большинстве случаев, в двух проекциях – прямой и боковой.

При ККС производился рентгеновский снимок, охватывающий шейные позвонки, ключицу и верхние четыре ребра. На рис. 1 представлено измерение угла отклонения и радиуса дуги первого ребра.

Ориентиром являлась горизонтальная ось ключицы, все расчёты производились по отношению к ней. Расположение первого ребра оценивалось следующим образом: высоким его стояние считалось, когда на прямом рентгеновском снимке выше ключицы проецировались задние части первых трёх, нередко, и четвёртого рёбер. Конфигурация дуги первого ребра оценивалась измерением длины радиуса дуги и угла отклонения дуги по отношению к оси ключицы, т.е. горизонтальной плоскости. В норме дуга первого ребра имеет эллипсоидную форму, и угол отклонения составляет менее 65°, при этом радиус дуги первого ребра длинный. При ККС характерно вертикальное расположение дуги по отношению к оси ключицы, и, за счёт этого, уменьшается длина радиуса дуги первого ребра, а угол отклонения дуги составляет от 60° до 90°.



**Рис. 1** Измерение радиуса дуги и угла отклонения дуги первого ребра при ККС

**Fig. 1** Measurement of the arc radius and the arc deviation angle of the first rib in CCS

For patients with CCS, X-rays covered the cervical vertebrae, the clavicle, and the upper four ribs. Fig. 1 illustrates the measurement of the deviation angle and the radius of the first rib arc.

The horizontal axis of the clavicle served as the reference point for all related calculations. The position of the first rib was assessed as follows: a high position was defined when the posterior portions of the first three (and often the fourth) ribs were projected above the clavicle on an anteroposterior X-ray. The configuration of the first rib arch was evaluated by measuring the arch radius and its angle of deviation relative to the horizontal plane of the clavicle. Normally, the first rib arch is ellipsoidal with a long radius and a deviation angle of less than 65°. In CCS, the arch is typically positioned more vertically relative to the clavicle, resulting in a shortened radius and a deviation angle of 60°-90°.

The second most common cause of NVB compression in the shoulder girdle was the presence of a cervical rib. As a congenital condition, it may remain asymptomatic throughout a patient's life. As previously noted, this syndrome presented in two forms: ACR and RCR. A cervical rib longer than 25 mm was classified as ACR, while those shorter than 25 mm were classified as RCR. These ribs originate from the transverse process of the 7th cervical vertebra (C7), often forming a joint with it. The distal end of the cervical rib is directed toward the first rib, where it may form an additional joint or fuse directly with it. The primary diagnostic methods for these forms are radiography and CT. Figure 2 illustrates the radiographic signs of a bilateral process (ACR + RCR).

In terms of its course and clinical manifestations, SS was milder than other forms of TOS. The age of patients in this group ranged from 20 to 40 years, the period of greatest physical activity when significant hypertrophy of the scalene muscles occurs. To diagnose SS, MRI was used alongside standard radiography to provide clear visualization of the soft-tissue components compressing the NVB. Initial radiography allowed for the differentiation of SS from ACR or CCS.

PMS, or hyperabduction syndrome, was relatively less common than other forms of TOS, making it difficult to establish a correct diagnosis.

Positional tests were crucial, particularly the Adson and Halstead (Lange) tests. Notably, all observed patients had secondary RP, a vascular manifestation of TOS.

**Ethics statement.** The study plan was discussed and approved by the local ethics committee of the Republican Scientific Center for Cardiovascular Surgery, Dushanbe, Republic of Tajikistan, on March 12, 2025 (Protocol No. 3).

**Statistical analysis.** All numerical data obtained during the study were entered into Microsoft Excel and processed statistically using Statistica 10.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Quantitative variables were reported as mean ± standard error, while qualitative variables were expressed as percentages (%). Pairwise comparisons of quantitative variables from independent samples were performed using the Mann-Whitney test, and comparisons of quantitative variables from dependent samples were performed using the Wilcoxon test. Pairwise comparisons of qualitative variables were conducted using the chi-square ( $\chi^2$ ) test. Differences were considered statistically significant at  $p < 0.05$ .

## RESULTS

The clinical presentation of TOS depended primarily on which anatomical structure was most compressed. Three forms

**Рис. 2** Рентгенограмма пациента с ДШР справа и РШР слева**Fig. 2** Radiograph of a patient with ACR on the right and RCR on the left

Второй по частоте причиной компрессии СНП в области плечевого пояса являлось шейное ребро. Являясь врождённой, у большинства людей эта патология может в течение всей жизни не проявляться. Как было отмечено выше, данный синдром был представлен 2 формами – ДШР и РШР. Когда длина шейного ребра составляла более 25 мм, то это обозначалось как ДШР, если менее – РШР. Шейные рёбра отходили от поперечного отростка VII шейного позвонка (СVII) и формировали с ним сустав. Свободный конец шейного ребра направлялся в сторону первого ребра, формируя с ним дополнительный сустав. Нередко оно срасталось с первым ребром без образования сустава. Основным методом диагностики этой формы являются рентгенография и КТ. На рис. 2 отражены рентгенологические признаки двухстороннего процесса (ДШР+РШР).

СС по течению и клиническим проявлениям характеризовался более лёгким среди других форм СВГА. Возраст пациентов данной группы колебался от 20 до 40 лет, т.е. в период наибольшей физической активности, когда имеет место значительная гипертрофия лестничных мышц. Для диагностики СС, наряду со стандартной рентгенографией, была использована МРТ, позволившая чётко визуализировать мягкотканый компонент компрессии СНП. Однако первичное выполнение рентгенографии позволило, в свою очередь, дифференцировать СС от ДШР или ККС.

СМГМ или гиперабдукционный синдром встречался относительно реже, чем другие формы СВГ. Поставить правильный диагноз было весьма трудно.

Позиционные тесты имели определяющее значение, в частности пробы Эдсона и Ланге. Следует отметить, что у всех наблюдавшихся нами больных отмечался вторичный СР, который относится к васкулярной форме СВГ.

**Этическое заявление.** План настоящего исследования был обсуждён на заседании локальной этической комиссии Республиканского научного центра сердечно-сосудистой хирургии и одобрен после внесения изменений и дополнений 12 марта 2025 года, протокол № 3.

**Статистический анализ.** Полученные в ходе исследования все цифровые данные были внесены в программу Excel и подвергнуты статистической обработке с использованием программы Statistica 10.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Количественные показатели описаны в виде среднего значения и стандартной ошибки, для качественных показателей вычислялись доли (%). Парные сравнения количественных показателей независимых вариационных рядов проведены по критерию Манна-Уитни, а количественные показатели зависимых вариационных рядов проведены по критерию Вилкоксона. Парные сравнения качественных показателей проведены по критерию  $\chi^2$ . Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Клиническая картина компрессии СНП при выходе из грудной клетки в основном зависела от превалирования компрессии извне той или иной анатомической структуры. В зависимости от этого были идентифицированы 3 формы – артериальная, венозная и неврологическая. Однако у пациентов чаще всего отмечалась их комбинация – неврологическая форма в сочетании с артериальной или с венозной формами СВГ.

У пациентов с артериальной формой СВГ отмечалась ишемия руки вследствие сдавления подключично-подмышечного сег-



were identified: arterial, venous, and neurogenic. However, patients most often presented with a combination of the neurogenic form and either arterial or venous compression.

Patients with the arterial form of TOS experienced arm ischemia due to compression of the subclavian-axillary segment and vasospasm of the arterial bed. At the same time, neurological symptoms were caused by compression of the brachial plexus. The venous form manifested as hypertension in the subcutaneous veins and, in some cases, acute thrombosis of the subclavian or axillary veins (Paget-Schroetter syndrome).

Falconer-Weddell costoclavicular compression clinically manifested through three categories: positional ischemia, upper extremity neurological symptoms, and, less commonly, venous insufficiency. Typically, arterial and neurological dysfunctions coexisted.

Among patients with CCS, 77.0% (208) exhibited both arterial and neurological components. Due to NVB compression and constant irritation of sympathetic fibers, 79.6% (215) of CCS patients had secondary RP. Vascular complications, such as distal arterial thromboembolism, occurred in 1.5% (4) of CCS patients, while venous complications (acute thrombosis or post-thrombotic syndrome) occurred in 4.8% (13).

Cervical ribs were the second most common cause of NVB compression. Thromboembolic complications were more frequent in this group than in others. Atrophy of the hand muscles (thenar and hypothenar) occurred in 25% of these patients. Positional ischemia was observed in all 140 patients. In 11 cases, thromboembolism led to persistent critical ischemia of the hand. In 10 patients, the process was bilateral. These patients were frequently misdiagnosed with cervical spondylosis by neurologists.

Sixty-seven patients with RCR were observed. Unlike ACR, only neurological impairment was typically observed in RCR patients, as the shorter rib length only affected the nerve trunks. The RCR is short but thickened, located between the primary trunks of the brachial plexus, and often fused with the surrounding muscle. A tendinous cord typically extends from the apex of the RCR to the first rib, causing compression within the tight space. RP was present in 44.8% (30) of this group.

ENMG was used to assess the functional state of the nerve trunks. In all cases, functional disorders were observed due to

мента и спазма всего артериального русла верхней конечности, а неврологическая симптоматика была обусловлена компрессией первичных или вторичных нервных стволов плечевого сплетения. Венозный вариант СГВ проявлялся не только гипертензией и напряжением подкожных вен верхних конечностей, но и тромбозом подключичной или подмышечной вен – синдромом Педжета-Шреттера.

ККС Фалконера-Ведделя клинически проявился тремя разными категориями симптомов: позиционной ишемией руки, неврологическими симптомами со стороны верхних конечностей и, реже, венозной недостаточностью. Как правило, артериальные и неврологические нарушения сочетались с превалированием одних из них.

Среди всех пациентов с ККС в 77,0% (208) наблюдений клинически выраженными были два компонента заболевания: артериальный и неврологический. В результате сдавления СНП и постоянного раздражения симпатических нервных волокон у 79,6% (215) больных из числа всех лиц с ККС отмечалась клиника вторичного СР. Сосудистые осложнения в виде тромбоза дистального русла артерий верхних конечностей были отмечены у 1,5% (4) больных с ККС, а осложнения со стороны магистральных вен с острым тромбозом подмышечной и подключичной вен, либо посттромботической болезнью (синдром Педжета-Шреттера) отмечались в 4,8% (13) случаев.

Второй по частоте причиной компрессии СНП являлось шейное ребро. У данной группы пациентов чаще отмечались тромбозоэмболические осложнения, при других формах СГВ. Гипотрофия мышц кисти (thenar и hypothenar) была характерным осложнением для этого синдрома и встречалась у четверти наблюдавшихся больных. Позиционная ишемия отмечалась у всех 140 пациентов. В 11 наблюдениях имела место постоянная критическая ишемия кисти и пальцев в результате тромбозоэмболических осложнений. Во всех случаях рентгенологически было подтверждено наличие ДШР, а у 10 пациентов процесс был двухсторонним. Эти пациенты чаще всего лечились у невропатологов по поводу остеохондроза шейного отдела позвоночника.

С РШР наблюдались 67 пациентов. В отличие от ДШР, при РШР отмечались только неврологические нарушения, так как из-за их меньшей длины компрессии были подвержены только нервных стволы. Следует отметить, что РШР – короткое, но утолщенное, и располагалась оно между тремя первичными стволами плечевого сплетения. РШР со всех сторон снаружи сращено с мышцами, и, как правило, всегда от верхушки РШР к первому ребру тянется струна сухожильного тяжа. Из-за тесноты пространства по периметру РШР и рубцового процесса происходит компрессия нервных стволов. У 44,8% (30) больных данной группы имела клиника СР.

ЭНМГ являлась объективным методом оценки функционального состояния нервных стволов верхних конечностей у больных с СШР. Во всех случаях отмечались функциональные расстройства нервов верхних конечностей в результате компрессии первичных стволов плечевого сплетения. Целью выполнения ЭНМГ явилось изучение тяжести компрессии нервных пучков плечевого сплетения и оценка нарушений проводимости по двигательным и чувствительным нервным волокнам срединного и локтевого нервов.

Данный метод применён у 24 пациентов с СШР и для сравнения у 20 здоровых человек. В табл. 2 и 3 приведены результаты ЭНМГ срединного и локтевого нервов.

Анализ полученных результатов ЭНМГ срединного нерва показал, что у пациентов с СШР наблюдается значительное снижение скорости проведения импульса по чувствительным волокнам, что указывает на выраженную сенсорную дисфункцию, связанную

brachial plexus compression. ENMG assessed the severity of compression and conduction disturbances in the motor and sensory fibers of the median and ulnar nerves. This assessment was applied to 24 patients with CRS compared to 20 healthy controls (Tables 2 and 3).

Analysis of the ENMG results for the median nerve revealed that patients with CRS exhibit a significant reduction in SNCV. This finding indicates severe sensory dysfunction associated with brachial plexus compression. However, a significant reduction in MNCV was detected only on the left side, suggesting localized compression or asymmetric limb involvement.

Patients also exhibited a significant reduction in the number of active motor units, indicating neurogenic degeneration caused by chronic compression of the primary trunks of the brachial plexus. Furthermore, a significant prolongation in the latency period was observed, which may be associated with changes in the excitation threshold or disruption of the normal impulse-conduction pathway.

The statistically significant difference in maximum amplitude between the healthy cohort and patients with CRS indicates decreased motor neuron functional activity. This decrease may be due to degenerative processes or partial denervation of the upper limb.

In conclusion, ENMG reveals reliable signs of neurophysiological changes in patients with CRS. The most pronounced abnormalities are observed in sensory parameters, latency, and motor unit count, confirming the compressive nature of the lesion. These data emphasize the importance of early diagnosis and monitoring of the peripheral nervous system in this patient population. Similar results were obtained during ENMG of the ulnar nerve, as presented in Table 3.

As shown in Table 3, ENMG of the ulnar nerve in patients with brachial plexus compression showed a statistically significant decrease in conduction velocity in both sensory and motor fibers. Additionally, a reduction in the number of active motor units and a prolongation of the latent period were observed in the affected limb.

The primary goal of surgical treatment for all forms of TOS is to eliminate the anatomical causes of NVB compression. All patients underwent decompression procedures tailored to the underlying cause, including 15 patients who underwent staged bilateral decompression.

The most challenging surgical cases were those involving CCS, where indications for surgery were categorized as either relative or absolute. In the absence of complications or significant arterial and neurological symptoms, and where conservative therapy proved effective, surgery was deferred.

Patients in this subgroup underwent first rib resection via transaxillary or supraclavicular approaches (Table 4). Transaxillary first-rib resection was the primary procedure for CCS, with 241 procedures performed in 199 patients. In 194 cases, rib resection was combined with SCTS in patients presenting with secondary RP.

In three cases of thromboembolic and arterial complications, first rib resection was supplemented by brachial/axillary artery thrombectomy to restore distal blood flow. In two cases involving subclavian artery aneurysms, the aneurysms were resected and reconstructed using either end-to-end anastomosis or interposition grafting using an allograft.

**Таблица 2** Показатели ЭНМГ срединного нерва при СШР и в норме**Table 2** ENMG parameters of the median nerve in patients with CRS and healthy controls

Показатели ЭНМГ ENMG indicators	Конечность Limb	СШР CRS (n=24)	Здоровые Healthy (n=20)	p
Скорость проведения импульса по афферентным волокнам (СПИ афф.), м/с Sensory NCV (SNCV), m/s	правая/right	38.5±10.1	61.0±2.6	<0.001
	левая/left	38.4±11.3*	60.8±2.4*	<0.001
Скорость проведения импульса по эфферентным волокнам (СПИ эфф.), м/с Motor NCV (MNCV), m/s	правая/right	55.5±15.4	57.5±2.2	>0.05
	левая/left	52.4±10.9*	57.7±2.3*	<0.05
Число функционирующих двигательных единиц, ДЕ Number of Motor Units (MUNE)	правая/right	234.0±82.2	307.0±39.2	<0.001
	левая/left	219.0±63.1*	305.2±38.4*	<0.001
Латентный период, мс Distal latency, ms	правая/right	13.5±2.0	4.3±2.2	<0.001
	левая/left	13.4±2.0*	4.4±1.39*	<0.001
Максимальная амплитуда, мкВ Maximum amplitude, µV	правая/right	8.6±6.4	13.3±1.9	<0.05
	левая/left	8.3±4.2*	13.6±2.0*	<0.001

**Примечание:** p – статистическая значимость различия показателей между группами (по критерию Манна-Уитни); \* – отсутствие статистически значимых различий показателей между левой и правой верхними конечностями (по критерию Вилкоксона)

**Note:** p – indicates the statistical significance of differences between groups (according to the Mann-Whitney test); \* – indicates the absence of statistically significant differences between the left and right upper limbs (according to the Wilcoxon test)

с компрессией нервных сплетений. Однако, значимое снижение скорости импульса по двигательным волокнам было выявлено только слева, что может свидетельствовать о локализованной компрессии или асимметричном поражении конечностей.

Было выявлено, что у пациентов также наблюдалось значительное снижение количества активных двигательных единиц, что свидетельствовало о нейрогенной дегенерации, обусловленной хронической компрессией первичных нервных стволов плечевого сплетения. Кроме того, также было отмечено существенное удлинение латентного периода, что было связано с изменением порога возбуждения или нарушением нормального пути проведения импульса.

Статистически значимое различие показателей максимальной амплитуды у здоровой когорты и у пациентов с СШР также свидетельствовало о снижении функциональной активности моторных нейронов, что, возможно, было следствием дегенеративных процессов или частичной денервации верхней конечности.

В данной связи можно сделать вывод о том, что у пациентов с СШР при ЭНМГ выявляются достоверные признаки нейрофизиологических изменений. При этом наиболее выраженные отклонения наблюдаются в сенсорных показателях, латентном периоде и числе двигательных единиц, что подтверждает компрессионный характер поражения. Эти данные подчёркивают важность ранней диагностики и мониторинга состояния периферической нервной системы у данной категории пациентов.

Аналогичные показатели были получены при ЭНМГ локтевого нерва у обследованных пациентов, результаты которой представлены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, на фоне компрессии первичных нервных стволов плечевого сплетения при ЭНМГ локтевого нерва выявляется статистически значимое снижение скорости проводимости по чувствительным (СПИ афф.) и двигательным волокнам, а также отмечается снижение количества двигательных единиц и удлинение латентного периода в поражённой конечности.

Основной задачей хирургического лечения при всех формах СГВ является устранение причин компрессии СНП. Всем пациентам в зависимости от фактора сдавления были выполнены различные декомпрессионные операции, в том числе 15 больным – с двух сторон в разные сроки.

To improve outcomes for first rib resection, we developed a modified technique (Republic of Tajikistan Patent No. TJ 605, March 18, 2014) that addresses limitations in traditional methods. Conventionally, many surgeons perform subperiosteal rib resection by stripping the periosteum along the entire length of the rib and leaving it in situ. However, this approach has several disadvantages: complete periosteal detachment is technically challenging, especially in older patients, and the remaining periosteum can serve as a scaffold for scar tissue formation or bony callus regrowth, which may lead to recurrent compression. Furthermore, this approach results in prolonged operative time. The proposed technique involves resecting the rib along with its periosteum. This approach aims to simplify the surgical procedure and facilitate a more extensive resection of the posterior rib segment near the vertebral transverse process. Given the proximity of this segment to nerve trunks, thorough removal is often considered a critical step in addressing compression.

When the rib and periosteum are resected together, the resulting anterior stump may have sharp edges. To mitigate the risk of injury to the subclavian vein or the pleura, and to reduce the potential for pleuritic pain during respiration, the technique suggests covering the anterior stump by suturing the periosteal edges, as illustrated in Fig. 3-5. The posterior stump typically does not require similar coverage, as it is generally protected by the surrounding musculature.

All patients with CRS underwent resection of the anomalous ribs; in 68 cases, this was performed in combination with SCTs. To minimize complications, we refined the technique for ACR removal, as illustrated in Fig. 6-8. A supraclavicular approach with an incision length of 10-15 cm was used. Following the incision of the skin and subcutaneous tissue, the anterior scalene muscle and the overlying phrenic nerve were mobilized, secured with a vessel loop, and gently retracted. A scalenotomy was then performed.

The next surgical stage involved mobilizing and thoroughly neurolyzing all three primary trunks of the brachial plexus, which are closely associated with the cervical rib. The subclavian artery was retracted to clear the surgical field. The proximal segment of the cervical rib was then mobilized and resected. Subsequently,

Таблица 3 Показатели ЭНМГ локтевого нерва при СШР и в норме

Table 3 ENMG parameters of the ulnar nerve in patients with CRS and healthy controls

Показатели ЭНМГ ENMG indicators	Конечность Limb	СШР CRS (n=24)	Здоровые Healthy (n=20)	p
Скорость проведения импульса по афферентным волокнам (СПИ афф.), м/с Sensory NCV (SNCV), m/s	правая right	41.7±13.9	62.5±2.6	<0.05
	левая left	40.0±14.1*	62.4±2.3*	<0.05
Скорость проведения импульса по эфферентным волокнам (СПИ эфф.), м/с Motor NCV (MNCV), m/s	правая right	51.4±13.4	62.5±3.0	<0.05
	левая left	54.0±12.1*	62.3±2.9*	>0.05
Число функционирующих двигательных единиц, ДЕ Number of Motor Units (MUNE)	правая right	252.3±68.0	330.2±25.7	<0.05
	левая left	263.4±78.4*	331.3±25.8*	<0.05
Латентный период, м/с Distal latency, ms	правая right	26.2±2.0	5.6±1.2	<0.05
	левая left	26.1±2.0*	5.7±2.0*	<0.05
Максимальная амплитуда, мкВ Maximum amplitude, µV	правая right	8.0±3.7	13.5±1.2	>0.05
	левая left	8.1±3.7*	13.4±1.1*	>0.05

Примечание: p – статистическая значимость различия показателей между группами (по критерию Манна-Уитни); \* – отсутствие статистически значимых различий показателей между левой и правой верхними конечностями (по критерию Вилкоксона)

Note: p – indicates the statistical significance of differences between groups (according to the Mann-Whitney test); \* – indicates the absence of statistically significant differences between the left and right upper limbs (according to the Wilcoxon test)

Наиболее сложным в отношении хирургической тактики являлся ККС, показания к хирургическому лечению которого были относительными, либо абсолютными. В тех ситуациях, когда нет осложнений, нет выраженных симптомов, как артериальных, так и неврологических, при эффективности консервативной терапии можно отсрочить хирургическое вмешательство.

Пациентам этой подгруппы выполнялась резекция первого ребра трансаксиллярным и надключичным доступами (табл. 4). Следует отметить, что трансаксиллярная резекция первого ребра являлась основным видом операции при ККС: 199 пациентам была выполнена 241 операция резекции ребра. Последняя в 194 случаях при наличии у пациентов СР сочеталась с СШГС.

При тромбоэмболических и артериальных осложнениях в 3 случаях, кроме резекции первого ребра, была произведена тромбэктомия из артерий верхних конечностей с прямым восстановлением кровотока. В двух наблюдениях при аневризме подключичной артерии были произведены резекции аневризмы с анастомозом конец в конец, или же аллопротезированием.

С целью улучшения результатов резекции первого ребра нами предложен способ, который отличается некоторыми техническими особенностями от применяемых другими авторами методик (патент Республики Таджикистан № ТЖ 605 от 18.03.2014 г.). В частности, другими специалистами резекция ребра осуществляется отслоением надкостницы, по возможности, на всём протяжении и оставлением её впоследствии, что имеет некоторые недостатки. В частности, отслоение надкостницы на всём протяжении ребра, особенно у лиц старшего возраста является трудным и, зачастую, невозможным. Кроме того, на месте оставленной надкостницы может разрастаться рубцовый процесс, костная мозоль, и, кроме того, удлиняется продолжительность операции. Сущность предложенного нами

the rib was mobilized down to its point of fusion with the first rib. After clearing the space between the accessory and first ribs, the anomalous rib was separated using rib rongeurs and removed.

In patients presenting with RP, the procedure was followed by SCTS using the previously described technique. This intervention was performed in 57 patients with RP and in 11 cases involving other arterial complications.

Sixty-seven patients with RCR were observed. Our clinic developed and proposed a surgical treatment method for RCR resection to prevent damage to the primary trunks of the brachial plexus caused by sharp rib ends after resection (Patent of the Republic of Tajikistan No. TJ265).

The types of operations performed in the RCR group are presented in Table 6. Specifically, 55.2% (37) of patients underwent decompression interventions alone, while the remainder underwent decompression in combination with SCTS.

SS was observed in 26 patients, all of whom also exhibited clinical manifestations of RP. All patients underwent scalenotomy and SCTS under general endotracheal anesthesia via a supraclavicular approach, with excellent immediate results.

Eighteen patients underwent SMGM surgery. Since the NVB was primarily compressed by trigger points in the pectoralis minor, the procedure focused on transecting the muscle's tendon to relieve the compression.

The average operating time and key parameters such as intra- and postoperative complications are presented in Table 7.

A review of surgical outcomes during the hospital period showed no mortality. Postoperative complications were managed promptly and did not affect the final clinical results. The hemodynamic effect of SCTS in patients with RP was evident shortly

**Таблица 4** Виды выполненных операций при ККС (n=270)**Table 4** Types of surgical interventions performed for CCS (n=270)

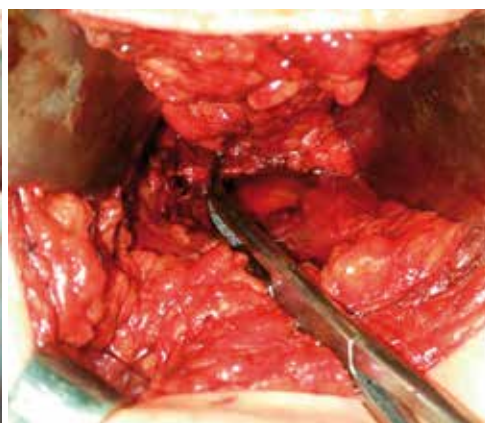
Виды операций Types of operations	n	%
<b>Трансаксиллярная резекция первого ребра</b> <b>Transaxillary first rib resection</b>	241*	89.3
без СШГС isolated resection (without SCTs)	47	17.4
в сочетании с СШГС combined with SCTs	194	71.9
с тромбэктомией из дистального артериального русла combined with distal arterial thrombectomy	3	1.1
с резекцией аневризмы подключичной артерии с анастомозом конец в конец (1) и аллопротезированием (1) combined with subclavian artery aneurysm resection and reconstruction (1 end-to-end, 1 interposition graft)	2	0.7
Резекция первого ребра надключичным доступом Supraclavicular first rib resection	9	3.3
<b>Скаленотомия</b> <b>Scalenotomy</b>	20**	7.4
в сочетании с СШГС combined with SCTs	20	7.4
<b>Всего</b> <b>Total</b>	270	100.0

**Примечание:** \* – в том числе 42 больных оперированы с другой стороны; \*\* – в том числе 7 больным была произведена одномоментная двухсторонняя скаленотомия и СШГС

**Note:** \* – includes 42 patients who underwent contralateral surgery; \*\* – includes 7 patients who underwent simultaneous bilateral scalenotomy and SCTs

способа заключается в резекции ребра вместе с надкостницей, что значительно упрощает технику выполнения операции, позволяет максимально ближе к поперечному отростку позвонка резецировать заднюю часть ребра. Задняя часть близко расположена к нервным стволам и непосредственно участвует в компрессии последних.

При резекции ребра вместе с надкостницей передняя культя резецированного ребра становится острой и оголенной, что нежелательно по причине возможности повреждения подключичной вены и плевры острыми её краями. Это может вызвать также боли в результате раздражения плевры во время вдоха. По этой причине мы рекомендуем укрытие передней культы подшиванием надкостницы (рис. 3-5). Задняя же культя ребра оставляется без укрытия надкостницей, ввиду того что она при адекватной резекции ребра прикрывается окружающими мышцами, и никаких нежелательных последствий не имеет.

**Рис. 3** Рассечение надкостницы**Fig. 3** Incision of the periosteum**Рис. 4** Резецирована передняя часть I ребра**Fig. 4** Resection of the anterior segment of the first rib**Рис. 5** Передняя культя ребра укрыта подшиванием надкостницы**Fig. 5** Coverage of the anterior rib stump by suturing the periosteum

При синдроме шейного ребра всем пациентам была выполнена резекция аномальных рёбер, в том числе в 68 случаях в комбинации с СШГС. С целью профилактики ряда осложнений нами усовершенствован способ удаления ДШР. Этапы операции представлены на рис. 6-8. Для резекции шейного ребра использовался надключичный доступ с длиной разреза 10-15 см. После рассечения кожи и подкожной клетчатки в последующем проводилась мобилизация лестничной мышцы и расположенного на ней диафрагмального нерва, который брался на мягкую держалку и отводился в сторону. После этого выполнялась скаленотомия.

## DISCUSSION

The present study focused on primary pathologies involving extravascular compression of the thoracic outlet, collectively known in international literature as Thoracic Outlet Syndrome (TOS) [7, 9, 11, 12]. The choice of treatment for TOS remains a subject of debate. Patients often consult multiple specialists, including neurologists and orthopedists, before seeing a vascular surgeon, frequently receiving prolonged or ineffective conservative treatment.

**Рис. 6** Надключичный доступ шейному ребру, выделение нервных стволов

**Fig. 6** Supraclavicular exposure of the cervical rib and isolation of the brachial plexus trunks

**Рис. 7** Мобилизованы шейное ребро и нервные стволы плечевого сплетения

**Fig. 7** Mobilization of the cervical rib and brachial plexus trunks

**Рис. 8** Резецирован проксимальный сегмент ребра, затем дистальный конец

**Fig. 8** Sequential resection of the proximal and distal segments of the cervical rib



**Таблица 5** Виды выполненных операций у больных с ДШР (n=140)

**Table 5** Surgical interventions in patients with ACR (n=140)

Виды операций Types of operations	n	%
<b>Резекция ДШР (всего) Resection of ACR (Total)</b>	140	100.0
с СШГС combined with SCTS	68	48.6
с СШГС и тромбэктомией из дистального артериального русла* combined with SCTS and distal arterial thrombectomy*	8	5.7
с СШГС, тромбэктомией из дистального артериального русла и резекцией аневризмы подключичной артерии с аллопротезированием combined with SCTS, thrombectomy, and subclavian aneurysm resection with interposition grafting	1	0.7
с СШГС, тромбэктомией из дистального артериального русла и резекцией аневризмы подключичной артерии с анастомозом конец в конец combined with SCTS, thrombectomy, and subclavian aneurysm resection with end-to-end anastomosis	1	0.7
с СШГС, тромбэктомией из дистального артериального русла и подключично-плечевым шунтированием** combined with SCTS, thrombectomy, and subclavian-brachial bypass**	1	0.7

Примечания: \* – у 2 больных наложена АВ-фистула между плечевой артерией и веной; \*\* – рассечение сухожильной части малой грудной мышцы

Notes: \* – in 2 patients, an arteriovenous (AV) fistula was created between the brachial artery and vein; \*\* – this case included the release (tenotomy) of the pectoralis minor muscle tendon

**Таблица 6** Виды выполненных операций у больных с РШР (n=67)

**Table 6** Surgical interventions in patients with RCR (n=67)

Виды операций Types of operations	n	%
Высокая скаленотомия, невролиз, артериолиз и резекция рудиментарного ребра* Superior scalenectomy with neurolysis, arteriolytic, and RCR resection*	37	55.2
Высокая скаленотомия, невролиз, артериолиз, резекция рудиментарного ребра в сочетании с СШГС Superior scalenectomy with neurolysis, arteriolytic, and RCR resection combined with SCTS	30	44.8
Всего Total	67	100.0

Примечание: \* – у 5 больных операция была с двух сторон

Note: \* – includes 5 patients who underwent bilateral surgery

**Таблица 7** Течение интра- и послеоперационного периода в зависимости от формы СГВ

Вид СГВ Type of TOS	n	Продолжительность операции, мин Operating time, min Me [Q1; Q3]	Осложнения Complications % (n)		Длительность госпитализации, сутки Hospital stay, days Me [Q1; Q3]
			во время операции intraoperative	после операции postoperative	
ККС/CCS	270	92.5 [83.7; 108.7]	2.6 (7)	5.6 (15)	8.5 [6.0; 10.7]
ДШР/ASR	140	87.5 [80.5; 95.0]	4.3 (6)	12.9 (18)	7.5 [6.0; 9.7]
РШР/RSR	67	85.0 [77.5; 97.5]	0	10.5 (7)	7.5 [6.75; 8.7]
СС/SS	26	60.0 [55.0; 65.0]	0	0	5.0 [4.75; 4.7]
СМГМ/PMS	18	65.0 [60.0; 80.0]	0	0	5.0 [4.75; 5.7]
Всего/Total	521	80.0 [65.0; 90.0]	2.5 (13)	7.7 (40)	6.0 [5.0; 8.0]

**Table 7** Intra- and postoperative parameters across clinical forms of TOS (n=521)

Следующим этапом операции являлись мобилизация и тщательный невролиз всех трёх первичных стволов плечевого сплетения, которые расположены близко к шейному ребру с разных сторон. Подключичная артерия отводилась вверх и, тем самым, освобождалась от ребра. В последующем мобилизовывался проксимальный сегмент ребра и резецировался. Далее проводилась его мобилизация до места сращения с первым ребром. После освобождения пространства между добавочным и первым рёбрами, с помощью рёберных кусачек, аномальное ребро отделялось от первого ребра и удалялось.

В случае, когда имел место СР, следующим этапом выполнялась СШГС по вышеописанной нами методике. Подобная операция была выполнена 57 больным с СР, а также в 11 случаях при других артериальных осложнениях.

В табл. 5 приведены операции, выполненных при ДШР у всех 140 больных.

РШР имело место у 67 наблюдавшихся больных. В нашей клинике был разработан и предложен способ хирургического лечения РШР, который направлен на предупреждение повреждения первичных нервных стволов плечевого сплетения острыми его концами после резекции (патент Республики Таджикистан № ТЈ265).

Виды выполненных операций в группе больных с РШР представлены в табл. 6. В частности, 55,2% (37) пациентам выполнены только декомпрессионные вмешательства, а остальным – декомпрессионные операции в сочетании с СШГС.

СС наблюдался у 26 пациентов, у которых также имели место клинические проявления СР. Всем пациентам под общим эндотрахеальным наркозом из надключичного доступа были выполнены скаленотомия и СШГС с хорошими непосредственными результатами.

С СМГМ были оперированы 18 больных. Так как основным элементом, сдавливающим сосудисто-нервный пучок являются триггерные точки изменённой малой грудной мышцы, сущность

In recent years, the number of patients diagnosed with various forms of shoulder girdle compression syndromes has increased significantly in the Republic of Tajikistan [13], likely due to improved diagnostics and clinical awareness. This trend mirrors international data [14, 15].

In this context, a ten-year study from the USA noted an increase in patient volume from 1,568 to 3,740, with an average of 2,524 decompression surgeries performed annually for various forms of TOS. Of these, 96.7% were neurogenic, 2.8% were venous, and 0.5% were arterial. These surgeries were performed by vascular surgeons (52.8%), thoracic surgeons (19.7%), neurosurgeons (7.2%), and orthopedic surgeons (6.1%) [14].

## CONCLUSION

The common feature across all TOS types was NVB compression, with secondary RP in 63.0% of cases. The high rate of satisfactory long-term results – 91.9% for CCS, 100% for SS and PMS, 90.7% for ACR, and 83.6% for RCR – demonstrates the effectiveness of our surgical strategies and tactical decisions.

**Таблица 7** Динамика показателей УЗДГ до и после операции СШГС у больных с вторичным СР (n=473)

Исследуемые артерии Artery under study	ЛСК, см/с LBFV, cm/s		p
	до операции preoperative	после операции postoperative	
Локтевая Ulnar	17.5±2.45	27.2±3.11	<0.05
Лучевая Radial	15.8±2.13	22.3±2.43	<0.05
Пальцевые Digital	9.7±2.15	14.3±1.22	<0.05

**Table 8** LBFV before and after SCTS in patients with secondary RP (n=473)

операции являлась в пересечении сухожильной части этой мышцы, тем самым устранялась компрессия.

Средняя продолжительность оперативных вмешательств и некоторые интра- и послеоперационные показатели представлены в табл. 7.

Изучение результатов проведённых операций в течение периода госпитализации показало, что ни в одном случае летальный исход не был отмечен. Осложнения в ближайшем периоде были устранены, и на конечные результаты не повлияли. Гемодинамический эффект СШГС у больных с СР вскоре после операции был очевидным, отмечался прирост линейной скорости кровотока (ЛСК) на УЗДГ, в несколько раз превышающей исходные показатели. В табл. 8 приведены результаты УЗДГ до и после СШГС.

Как видно из табл. 8, во всех исследуемых артериях наблюдалось статистически значимое увеличение средней ЛСК после операции. Наиболее выраженное улучшение отмечено в локтевой артерии, где прирост составил почти 10 см/сек. Это свидетельствует об устранении тотального вазоспазма и увеличение диаметра всех дистальных артерий, что привело к улучшению гемодинамики. Увеличение кровотока в лучевой и пальцевых артериях также подтверждает эффективность вмешательства.

Положительные результаты хирургического лечения в отдалённом периоде по группам выглядели следующим образом: при ККС – 91,9%, СС – 100%, СМГМ – 100%, ДШР – 90,7%, РШР – 83,6%.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее исследование были включены те патологии, которые существуют самостоятельно и не являются последствиями или сопутствующими проявлениями основного заболевания. Этими патологиями являлись экстравазальные компрессии СНП у вы-

хода из грудной клетки или, по-другому, получившее название в литературе «синдром грудного выхода» [7, 9]. В англоязычной литературе эти состояния обозначаются термином “Thoracic Outlet Syndrome” [11, 12]. Спорным остаётся вопрос о выборе способа лечения больных с СГВ. Больные с СГВ до обращения к сосудистому хирургу часто консультируются у различных специалистов, получая мало- или неэффективное лечение.

В последние годы в нашей республике, вероятно, по причине улучшения диагностики и информированности врачей разных специальностей количество выявляемых больных разными формами компрессионных синдромов плечевого пояса заметно увеличилось [13], и эта тенденция отслеживается и по данным других авторов [14, 15].

В этом контексте интересным является исследование, по данным которого в период десятилетнего наблюдения в США отмечено увеличение количества пациентов с 1568 до 3740, и в среднем ежегодно выполняются 2524 декомпрессионные операции по поводу различных форм СГВ. При этом у 96,7% пациентов имелась неврологическая, у 2,8% – венозная и в 0,5% наблюдениях – артериальная формы СГВ. Как отмечают авторы, в 52,8% случаев операции были выполнены сосудистыми, в 19,7% – торакальными хирургами, в 7,2% – нейрохирургами и в 6,1% – ортопедами [14].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общими чертами для всех видов СГВ являлась компрессия СНП в различных вариациях с сочетанием в 63% случаев с вторичным СР. Удовлетворительные результаты (при ККС – 91,9%, СС – 100%, СМГМ – 100%, ДШР – 90,7% и РШР – 83,6%) в отдалённых сроках наблюдения свидетельствуют об эффективности тактических решений и хирургического лечения.

## ЛИТЕРАТУРА

- DiLosa KL, Humphries MD. Epidemiology of thoracic outlet syndrome. *Semin Vasc Surg.* 2021;34(1):65-70. <https://doi.org/10.1053/j.semvascsurg.2021.02.008>
- Shalan A, El-Basty A, Al-Saadi N, Popplewell M, Wall M, Hobbs S, et al. Thoracic outlet syndrome, United Kingdom: A retrospective review of practice. *Ann Vasc Surg.* 2025;114:74-82. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2025.01.031>
- Ziapour B, Ranjbar K, Tian T, Thompson RW, Salehi P. A systematic review and meta-analysis of surgical approaches for venous thoracic outlet syndrome. *J Surg Res.* 2025;306:306-16. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2024.12.027>
- Issa TZ, Lin JS, Herrera F, Mailey B. Trends in the surgical management of thoracic outlet syndrome. *Hand (NY).* 2024;19(3):367-73. <https://doi.org/10.1177/15589447221141479>
- Altoijry A, AlGhofili H, Iqbal K, Altuwaijri TA, Alsheikh S, AlHamzah M, et al. Vascular thoracic outlet syndrome: Registry of 30-years of patient's outcomes at King Saud University Medical City, Riyadh, Saudi Arabia. *Saudi Med J.* 2022;43(7):743-50. <https://doi.org/10.15537/smj.2022.43.7.20220336>
- Boglione M, Ortíz R, Teplisky D, Giuseppucci C, Korman L, Reusmann A, Barrenechea M. Surgical treatment of thoracic outlet syndrome in pediatrics. *J Pediatr Surg.* 2022;57(9):29-33. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2021.08.017>
- Султанов ДД, Тухтаев ФМ, Курбанов НР, Садриев ОН. Синдром верхней грудной апертуры. *Вестник Авиценны.* 2014;360:121-7.

## REFERENCES

- DiLosa KL, Humphries MD. Epidemiology of thoracic outlet syndrome. *Semin Vasc Surg.* 2021;34(1):65-70. <https://doi.org/10.1053/j.semvascsurg.2021.02.008>
- Shalan A, El-Basty A, Al-Saadi N, Popplewell M, Wall M, Hobbs S, et al. Thoracic outlet syndrome, United Kingdom: A retrospective review of practice. *Ann Vasc Surg.* 2025;114:74-82. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2025.01.031>
- Ziapour B, Ranjbar K, Tian T, Thompson RW, Salehi P. A systematic review and meta-analysis of surgical approaches for venous thoracic outlet syndrome. *J Surg Res.* 2025;306:306-16. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2024.12.027>
- Issa TZ, Lin JS, Herrera F, Mailey B. Trends in the surgical management of thoracic outlet syndrome. *Hand (NY).* 2024;19(3):367-73. <https://doi.org/10.1177/15589447221141479>
- Altoijry A, AlGhofili H, Iqbal K, Altuwaijri TA, Alsheikh S, AlHamzah M, et al. Vascular thoracic outlet syndrome: Registry of 30-years of patient's outcomes at King Saud University Medical City, Riyadh, Saudi Arabia. *Saudi Med J.* 2022;43(7):743-50. <https://doi.org/10.15537/smj.2022.43.7.20220336>
- Boglione M, Ortíz R, Teplisky D, Giuseppucci C, Korman L, Reusmann A, Barrenechea M. Surgical treatment of thoracic outlet syndrome in pediatrics. *J Pediatr Surg.* 2022;57(9):29-33. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2021.08.017>
- Sultanov DD, Tukhtaev FM, Kurbanov NR, Sadriev ON. Sindrom verkhney grudnoy apertury [Syndrome of upper thoracic aperture]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin].* 2014;3:121-7.

8. Falkoner MA, Weddel G. Costoclavicular compression of the subclavian artery and vein. *Lancet*. 1943;2:539-43. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)72668-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)72668-7)
9. Jones MR, Prabhakar A, Viswanath O, Urits I, Green JB, Kendrick JB, et al. Thoracic outlet syndrome: A comprehensive review of pathophysiology, diagnosis, and treatment. *Pain Ther*. 2019;8(1):5-18. <https://doi.org/10.1007/s40122-019-0124-2>
10. Савельев ВС, Затевахин ИИ, Прокубовский ВИ. Шейное ребро как причина эмболии артерий верхней конечности. *Хирургия*. 1975;3:16-21.
11. Maqbool T, Novak CB, Jackson T, Baltzer HL. Thirty-day outcomes following surgical decompression of thoracic outlet syndrome. *Hand (NY)*. 2019;14(1):107-13. <https://doi.org/10.1177/1558944718798834>
12. Ransom EF, Minton HL, Young BL, He JK, Ponce BA, McGwin G, et al. Intermediate and long-term outcomes following surgical decompression of neurogenic thoracic outlet syndrome in an adolescent patient population. *Hand (NY)*. 2022;17(1):43-9. <https://doi.org/10.1177/1558944719901319>
13. Гаибов АД, Кахоров АЗ, Садриев ОН, Юнусов ХА. Хирургическое лечение синдрома верхней грудной апертуры. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. 2015;174(1):78-83.
14. Lee JT, Dua MM, Chandra V, Hernandez-Boussard TM, Illig KA. Surgery for thoracic outlet syndrome: a nationwide perspective. *J Vasc Surg*. 2011;53(6):1005-1015. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2011.03.195>
15. Ahmed AS, Lafosse T, Graf AR, Karzon AL, Gottschalk MB, Wagner ER. Modern treatment of neurogenic thoracic outlet syndrome: Pathoanatomy, diagnosis, and arthroscopic surgical technique. *J Hand Surg Glob Online*. 2023;5(4):561-76. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2022.07.004>
8. Falkoner MA, Weddel G. Costoclavicular compression of the subclavian artery and vein. *Lancet*. 1943;2:539-43. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)72668-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)72668-7)
9. Jones MR, Prabhakar A, Viswanath O, Urits I, Green JB, Kendrick JB, et al. Thoracic outlet syndrome: A comprehensive review of pathophysiology, diagnosis, and treatment. *Pain Ther*. 2019;8(1):5-18. <https://doi.org/10.1007/s40122-019-0124-2>
10. Savelyev VS, Zatevakhin II, Prokuboskiy VI. Sheynoe rebro kak prichina emboli arteriy verkhney konechnosti [Cervical rib as a cause of embolies of the upper extremity]. *Khirurgiya*. 1975;3:16-21.
11. Maqbool T, Novak CB, Jackson T, Baltzer HL. Thirty-day outcomes following surgical decompression of thoracic outlet syndrome. *Hand (NY)*. 2019;14(1):107-13. <https://doi.org/10.1177/1558944718798834>
12. Ransom EF, Minton HL, Young BL, He JK, Ponce BA, McGwin G, et al. Intermediate and long-term outcomes following surgical decompression of neurogenic thoracic outlet syndrome in an adolescent patient population. *Hand (NY)*. 2022;17(1):43-9. <https://doi.org/10.1177/1558944719901319>
13. Gaibov AD, Kakhorov AZ, Sadriev ON, Yunusov KhA. Khirurgicheskoe lechenie sindroma verkhney grudnoy aperturi [Surgical treatment of thoracic outlet syndrome]. *Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova*. 2015;174(1):78-83.
14. Lee JT, Dua MM, Chandra V, Hernandez-Boussard TM, Illig KA. Surgery for thoracic outlet syndrome: a nationwide perspective. *J Vasc Surg*. 2011;53(6):1005-1015. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2011.03.195>
15. Ahmed AS, Lafosse T, Graf AR, Karzon AL, Gottschalk MB, Wagner ER. Modern treatment of neurogenic thoracic outlet syndrome: Pathoanatomy, diagnosis, and arthroscopic surgical technique. *J Hand Surg Glob Online*. 2023;5(4):561-76. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2022.07.004>

## 📄 СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Султанов Джавли Давронович**, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора Республиканского научного центра сердечно-сосудистой хирургии по науке; профессор кафедры хирургических болезней № 2 им. академика Н.У. Усманова, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино

Researcher ID: AAC-7784-2019

Scopus ID: 36922139600

ORCID ID: 0000-0001-7935-7763

SPIN-код: 9762-8395

Author ID: 445360

E-mail: sultanov57@mail.ru

**Гаибов Алиджон Джурраевич**, член-корр. Национальной академии наук Таджикистана, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры хирургических болезней № 2 им. академика Н.У. Усманова, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино

Researcher ID: AAC-9879-2020

Scopus ID: 6602514987

ORCID ID: 0000-0002-3889-368X

SPIN-код: 5152-0785

Author ID: 293421

E-mail: gaibov\_a.d@mail.ru

**Рахмонов Джамахон Ахмадович**, кандидат медицинских наук, директор, Республиканский научный центр сердечно-сосудистой хирургии

Researcher ID: AAT-2441-2020

ORCID ID: 0000-0002-4427-0155

SPIN-код: 4201-0747

Author ID: 1077348

E-mail: jarrohii.dilu.ragho@gmail.com

**Неъматзода Окилджон**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры хирургических болезней № 2 им. академика Н.У. Усманова, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино; ведущий научный сотрудник, Республиканский научный центр сердечно-сосудистой хирургии

## 📄 AUTHORS' INFORMATION

**Sultanov Dzhavli Davronovich**, Doctor of Medical Sciences, Full Professor, Deputy Director for Science, Republican Scientific Center for Cardiovascular Surgery; Professor of the Department of Surgical Diseases No. 2 named after Academician N.U. Usmanov, Avicenna Tajik State Medical University

Researcher ID: AAC-7784-2019

Scopus ID: 36922139600

ORCID ID: 0000-0001-7935-7763

SPIN: 9762-8395

Author ID: 445360

E-mail: sultanov57@mail.ru

**Gaibov Alidzhon Dzhuraevich**, Corresponding Member of National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of Medical Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Surgical Diseases No. 2 named after Academician N.U. Usmanov, Avicenna Tajik State Medical University

Researcher ID: AAC-9879-2020

Scopus ID: 6602514987

ORCID ID: 0000-0002-3889-368X

SPIN: 5152-0785

Author ID: 293421

E-mail: gaibov\_a.d@mail.ru

**Rakhmonov Dzhamaikhon Akhmadovich**, Candidate of Medical Sciences, Director, Republican Scientific Center for Cardiovascular Surgery

Researcher ID: AAT-2441-2020

ORCID ID: 0000-0002-4427-0155

SPIN: 4201-0747

Author ID: 1077348

E-mail: jama-7878@mail.ru

**Nematzoda Okildzhon**, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Surgical Diseases No. 2 named after Academician N.U. Usmanov, Avicenna Tajik State Medical University; Leading Researcher, Republican Scientific Center for Cardiovascular Surgery

Researcher ID: F-8729-2018  
Scopus ID: 56469644700  
ORCID ID: 0000-0001-7602-7611  
SPIN-код: 2408-9107  
Author ID: 929575  
E-mail: sadriev\_o\_n@mail.ru

**Махмадализода Файзиддин Махмадали**, кандидат медицинских наук, соискатель, Республиканский научный центр сердечно-сосудистой хирургии

ORCID ID: 0000-0001-5954-9522  
SPIN-код: 7517-0607  
Author ID: 916-624  
E-mail: dr.Fayzidin@mail.ru

**Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов**

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали

**Конфликт интересов:** отсутствует

✉ АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

**Султанов Джавли Давронович**

доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора Республиканского научного центра сердечно-сосудистой хирургии по науке; профессор кафедры хирургических болезней № 2 им. академика Н.У. Усманова, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино

734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Санои, 33  
Тел.: +992 (918) 334115  
E-mail: sultanov57@mail.ru

**ВКЛАД АВТОРОВ**

Разработка концепции и дизайна исследования: СДД, ГАД, РДА  
Сбор материала: НО, МФМ  
Статистическая обработка данных: НО, МФМ  
Анализ полученных данных: РДА, НО, МФМ  
Подготовка текста: НО, МФМ  
Редактирование: СДД, ГАД  
Общая ответственность: СДД, ГАД, РДА

Поступила 23.06.25  
Принята в печать 26.02.26

Researcher ID: F-8729-2018  
Scopus ID: 56469644700  
ORCID ID: 0000-0001-7602-7611  
SPIN: 2408-9107  
Author ID: 929575  
E-mail: sadriev\_o\_n@mail.ru

**Makhmalizoda Fayziddin Makhmadali**, Candidate of Medical Sciences, Applicant, Republican Scientific Center for Cardiovascular Surgery

ORCID ID: 0000-0001-5954-9522  
SPIN: 7517-0607  
Author ID: 916-624  
E-mail: dr.Fayzidin@mail.ru

**Information about support in the form of grants, equipment, medications**

The authors did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

**Conflicts of interest:** The authors have no conflicts of interest

✉ ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

**Sultanov Dzhavli Davronovich**

Doctor of Medical Sciences, Full Professor, Deputy Director for Science, Republican Scientific Center for Cardiovascular Surgery; Professor of the Department of Surgical Diseases No. 2 named after Academician N.U. Usmanov, Avicenna Tajik State Medical University

734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Sanoi str., 33  
Tel.: +992 (918) 334115  
E-mail: sultanov57@mail.ru

**AUTHOR CONTRIBUTIONS**

Conception and design: SDD, GAD, RDA  
Data collection: NO, MFM  
Statistical analysis: NO, MFM  
Analysis and interpretation: RDA, NO, MFM  
Writing the article: NO, MFM  
Critical revision of the article: SDD, GAD  
Overall responsibility: SDD, GAD, RDA

Submitted 23.06.25  
Accepted 26.02.26