

Н.Г. Сибатуллин, И.Р. Ягафаров,  
И.Р. Закиров, А.С. Каримов, В.В. Трофимов  
**О РОЛИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШОВНОГО МАТЕРИАЛА  
В ПРОФИЛАКТИКЕ ПОСТСТЕРНОТОМНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ  
ПРИ ЛИГАТУРНОМ ОСТЕОСИНТЕЗЕ ГРУДИНЫ**

ГАУЗ «Альметьевская межрайонная многопрофильная больница», г. Альметьевск

*Цель* – изучить влияние механических свойств шовного материала на частоту постстернотомных осложнений при лигатурном остеосинтезе грудины в кардиохирургической практике.

*Материал и методы.* В период с 2008 по 2022 годы при операциях на сердце в условиях искусственного кровообращения в 1-й группе больных (n=1487) продольно рассеченная грудина ушивалась традиционно 7-8 узловыми швами стальной проволокой, модуль упругости которой на порядок превышает таковой для кости. Во 2-й группе (n=758) – непрерывным швом двумя капроновыми нитями полиамидной природы, обладающими близким к кости модулем упругости. Каждой из нитей выполнялись 3-5 стежков.

*Результаты.* После остеосинтеза грудины стальной проволокой наблюдались 34 (2,3%) случая нестабильности грудины (НГ), в том числе у 16 (1,1%) – пациентов с присоединением глубокой стеральной инфекции (ГСИ). При остеосинтезе грудины непрерывным швом капроновой нитью случаев НГ не отмечено; наблюдался один случай ГСИ (0,1%).

*Заключение.* Результаты исследования свидетельствуют о положительном влиянии механических свойств шовного материала на костную ткань в профилактике постстернотомных осложнений при лигатурном остеосинтезе грудины.

*Ключевые слова:* остеосинтез грудины, стальная проволока, капроновая нить, гармонизация, модуль упругости, постстернотомные осложнения.

N.G. Sibagatullin, I.R. Yagafarov,  
I.R. Zakirov, A.S. Karimov, V.V. Trofimov  
**ON THE ROLE OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF SUTURE MATERIAL  
IN THE PREVENTION OF POSTSTERNOTOMIC COMPLICATIONS  
IN LIGATURE OSTEOSYNTHESIS OF THE STERNUM**

*The objective* is to study the effect of the mechanical properties of the suture material on the poststernotomic complications in the ligature osteosynthesis of the sternum in cardiac surgery practice.

*Material and methods.* In the period from 2008 to 2022, during heart operations under cardiopulmonary bypass, the longitudinally dissected sternum in the 1st group of patients (n= 1487) was sutured traditionally with 7-8 interrupted stitches using steel wire, the modulus of elasticity of which is much higher than that for the bone. In the 2<sup>nd</sup> group (n=758) sternum was sutured with a continuous suture with two nylon threads of polyamide nature, having a modulus of elasticity close to that of the bone. Each of them made 3-5 stitches.

*Results.* In the steel wire osteosynthesis group, 34 (2.3%) cases of sternal instability were observed, including 16 (1.1%) cases with the addition of deep sternal infection (DSI). After osteosynthesis of the sternum with a nylon thread with a continuous suture technique, there were no cases of instability of the sternum; 1 (0.1%) case of DSI was observed.

*Conclusion.* The results of the study indicate the positive effect of the mechanical properties of the suture material on the bone tissue in the prevention of poststernotomic complications during ligature osteosynthesis of the sternum.

*Key words:* osteosynthesis of the sternum, steel wire, nylon thread, harmonization, elastic modulus, poststernotomic complications.

Прошло более полувека после внедрения продольной стернотомии при операциях на сердце [1]. Однако до последнего времени с определенным постоянством продолжают наблюдаться случаи тяжелых постстернотомных осложнений в виде нестабильности грудины (НГ) и глубокой стеральной инфекции (ГСИ), сопровождающиеся летальностью до 47% [2-7].

Нередко причиной возникновения НГ оказывается прорезывание грудины связующей стальной проволокой, обладающей высокой твердостью по сравнению с костью [2]. Исходя из этого, существенный дисбаланс жесткостных характеристик кости и шовного материала можно рассматривать как фактор риска развития НГ при лигатурном остеосинтезе грудины.

Примером успешного решения проблемы дисбаланса механических свойств соединяемых материалов в медицинской практике является опыт гармонизации жесткостных

различий кости и металлического протеза в ортопедии за счет снижения жесткостных характеристик металла и увеличения пористости в зоне контакта с костью [8].

Для гармонизации лигатурного остеосинтеза грудины в качестве связующей была исследована близкая по модулю упругости к кости полиамидная капроновая нить, а для синхронизации натяжений между стежками апробирован непрерывный шов грудины [9].

Предварительные исследования по использованию гармонизированной лигатурной фиксации грудины в клинической практике показали улучшение результатов остеосинтеза и заметное снижение частоты осложнений [10]. Настоящее исследование направлено на обобщение многолетнего опыта остеосинтеза грудины в данной модификации в сравнении с традиционной фиксацией стальной проволокой.

Цель – изучить влияние механических свойств шовного материала на частоту пост-

стернотомных осложнений при лигатурном остеосинтезе грудины в кардиохирургической практике.

#### Материал и методы

В период с декабря 2008 по декабрь 2022 года через продольную стернотомию выполнено 2903 операции на сердце. В ретроспективное одноцентровое исследование включены 2245 больных, оперированных на сердце через продольную стернотомию в условиях искусственного кровообращения (ИК); исключены 603 пациента, оперированных на работающем миокарде, 55 – умерших от причин, не связанных с осложнениями стернотомной раны.

В зависимости от варианта остеосинтеза грудины больные были разделены на две группы. У больных 1-й группы (n=1487) грудина фиксировалась 7-8 чрескостными узловыми швами стальной проволокой (Ethicon «Johnson&Johnson» США, №7), модуль упругости которой на порядок превышает таковой для кости. Во 2-й группе (n=758) в качестве лигатуры применялась капроновая нить из полиамида (МедКапрон, USP6, MP8, длина 75 см) с близким к кости модулем упругости. Грудину ушивали непрерывно-обвивным швом через межреберья двумя нитями, выполняя каждой по 3-5 стежков. Для увеличения площади контакта нити с костью, особенно в нижней части грудины нередко стежки накладывались чаще. Далее потягиванием за парные нити сводились края грудины. При этом следили за синхронностью межстежковых натяжений. Завершающее плотное сведение фрагментов грудины с компрессией достигалось дотягиванием нитей на скользящем узле.

В раннем послеоперационном периоде стабильность фиксации грудины оценивали при кашле больного. Ощущение монолитности грудины при этом свидетельствовало о стабильной фиксации.

Тип мозолеобразования грудины в зависимости от варианта фиксации определили у 11 больных при обращении их для повторных вмешательств в отдаленные сроки. Восемь случаев после фиксации капроновой нитью, 3 – стальной проволокой.

Усилие, необходимое для сведения краев грудины капроновой нитью (МедКапрон, USP6, MP8), определяли в эксперименте на трупах (n=12) с помощью динамометра, прочность на разрыв капроновой нити – на разрывной машине «РЭМ 200».

При статистической обработке результатов исследования пользовались программой Microsoft Excel 2010. Количественные

показатели представлены в виде  $M \pm 2\delta$  (M – среднее значение,  $\delta$  – стандартное отклонение), данные имели нормальное распределение, применялся критерий Стьюдента. Качественные показатели представлены процентами с использованием критерия Хи-квадрат.

#### Результаты

В 1-й группе больные преимущественно с хронической ишемической болезнью сердца (ИБС), во 2-й – с пороками клапанов сердца, сочетаниями с ИБС и другими болезнями сердца (см. рисунок).

По возрасту больные в группах существенно не отличались, в то же время в 1-й группе преобладали больные мужского пола (87,3% против 53,8). Факторы риска развития постстернотомных осложнений до операции были выявлены у 82,8% больных 2-й и у 50,0% 1-й групп.

Данные периоперационных исследований представлены в таблице.

Величина усилия, необходимая для плотного сведения краев грудины натягиванием капроновой нити в эксперименте (n=12) составила от 7 до 10 кг, в среднем  $8,9 \pm 0,63$  кг. Для разрыва капроновой нити (МедКапрон, USP6, MP8) на разрывной машине понадобилась сила от 14,1 до 17,8 кг, в среднем  $16,2 \pm 1,4$  кг.

Постстернотомные осложнения наблюдались у 155 (10,4%) больных 1-й группы, у 22 (2,9%) – 2-й. Среди них поверхностные раневые инфекции отмечены у 121 (8,1%) пациентов 1-й группы, у 20 (2,6%) – 2-й. Нестабильность грудины в 1-й группе наблюдалась у 34 (2,3%), во 2-й у 1 (0,1%). Присоединение ГСИ в 1-й группе отмечено у 16 (1,1%) больных, во 2-й – у одного (0,1%).

Во 2-й группе случай НГ (0,1%) был обусловлен переломом узко оставленного при распиле участка грудины. Случай присоединения ГСИ (0,1%) наблюдался у больной после операции протезирования митрального клапана и рестернотомии по поводу кровотечения. В обоих случаях больные были оперированы повторно и выписаны с выздоровлением.

Повторно были прооперированы 16 больных 1-й группы с развитием НГ с ГСИ. На операции обнаруживались прорезывания, фрагментация грудины стальной проволокой, нередко с обрывами. После хирургической санации выздоровление наступило у 15 (93,7%); умер один пациент (6,3%).

Больные 1-й группы с НГ без присоединения инфекции (n=18) после стабилизации общего состояния были выписаны; семеро с признаками умеренной флотации нижней половины, одиннадцать – в нижней трети грудины.



Рис. Распределение больных в группах с учетом проведенных операций

Таблица

Показатели периоперационных исследований			
Показатели	1-я группа (n=1487)	2-я группа (n=758)	P
Продолжительность операции, мин.	228,3±106,3	235,2±161,4	<0,05
Время пережатия аорты, мин.	50,11±37,50	91,0±76,2	<0,001
Время вентиляции легких, час	16,02±60,80	16,62±23,80	>0,1
Время фиксации грудины, мин.	17,5±5,3	10,5±3,4	<0,001
Потребность в инотропной поддержке после операции, %	22,5	46,6	<0,001
Поступление по дренажам, мл	403,6±345,4	320,6±241,0	<0,001

У больных 2-й группы при выписке случаев НГ не отмечено. В то же время в отдаленные сроки на фоне упорного кашля наблюдались два случая НГ (0,2%). В одном случае у женщины 57 лет, страдающей ожирением (ИМТ 41,3 кг/м<sup>2</sup>), хронической болезнью почек 5-й стадии (программный гемодиализ), хроническим бронхитом с частыми обострениями, через месяц после сочетанной операции аортокоронарного шунтирования и протезирования аортального клапана; в другом, у 73-летнего мужчины после операции протезирования митрального и пластики трикуспидального клапанов вследствие присоединения через 4 месяца после выписки острой двухсторонней внебольничной пневмонии.

В первом случае повторное вмешательство было отложено из-за некупирующегося бронхита; во втором – выполнен реостеосинтез грудины с благоприятным результатом.

Типы формирования костных мозолей грудины в зависимости от варианта ее фиксации были прослежены при повторных вмешательствах на сердце. После фиксации стальной проволокой спустя 12,18 и 48 месяцев обнаруживался экзостальный тип, указывающий на заживление кости в присутствии подвижности фрагментов [11]. После фиксации грудины капроновым швом (n=8) через 6-54 месяцев во всех случаях выявлен интракостальный тип мозолеобразования, свидетельствующий о стабильности фиксации грудины в периоде заживления [11].

Следует отметить успешное применение в работе эффекта пружинения капроновой

нити для обеспечения дополнительной межфрагментарной компрессии грудины.

### Обсуждение

Как известно, сталь обладает высокой твердостью и на порядок превосходит кость по модулю упругости, что нередко становится причиной прорезывания грудины после остеосинтеза стальной проволокой [2,10].

Для снижения упругодеформативных различий связующей и костной ткани при лигатурном остеосинтезе грудины в данной работе представлен опыт гармонизации. В качестве связующего материала, гармонирующего по модулю упругости с костной тканью, для фиксации грудины использовали капроновую нить полиамидной природы, для обеспечения синхронности натяжения между стежками апробирован непрерывный шов грудины.

Согласно полученным результатам, послеоперационные осложнения наблюдались значительно реже у пациентов 2-й группы. Возможно, это связано с меньшей травматизацией тканей операционной раны, использованием меньшего числа узлов для фиксации грудины (два против 7-8), отсутствием необходимости чрескостного прошивания грудины и сокращением времени остеосинтеза.

В 1-ой группе (n=1487) вследствие прорезывания грудины стальной проволокой наблюдалось 34 (2,3%) случая НГ. Из них в 18 случаях НГ носила асептический и локальный характер, в 16 (1,1%) – тотальный, с диастазом грудины на всем протяжении и присоединением ГСИ.

Исследования показали, что капроновая нить, в отличие от стальной проволоки, удоб-

на в работе. Эластичность и легкое скольжение в тканях капроновой нити, в отличие от стальной проволоки, обеспечивают плотное сопоставление фрагментов грудины по всей поверхности распила [10].

### Выводы

1. Гармонизация механических свойств связующей и кости с использованием капроновой нити и техники непрерывного шва при лигатурном остеосинтезе грудины обеспечи-

вает надежное межфрагментарное соединение, требуемое для преодоления динамических нагрузок в периоде заживления и предупреждения постстернотомных осложнений.

2. При лигатурном остеосинтезе грудины с гармонизацией механических свойств шовного материала и костной ткани наблюдалось кратное снижение частоты ГСИ, не отмечено случаев прорезывания грудины и обрывов капроновой нити.

### Сведения об авторах статьи:

**Сибгатуллин Нур Гасымович** – д.м.н., профессор, зав. кардиохирургическим отделением ГАУЗ АММБ. Адрес: 423458, г. Альметьевск, ул. Радищева, 67. E-mail: nurSib@yandex.ru.

**Ягафаров Ильдус Римович** – к.м.н., сердечно-сосудистый хирург, заместитель главного врача по ВМП ГАУЗ АММБ. Адрес: 423458, г. Альметьевск, ул. Радищева, 67.

**Закиров Илшат Рифович** – к.м.н., сердечно-сосудистый хирург ГАУЗ АММБ. 423458, г. Альметьевск, ул. Радищева, 67.

**Каримов Альберт Салимович** – врач анестезиолог-реаниматолог ГАУЗ АММБ. Адрес: 423458, г. Альметьевск, ул. Радищева, 67.

**Трофимов Виктор Владимирович** – врач-перфузиолог ГАУЗ АММБ. Адрес: 423458, г. Альметьевск, ул. Радищева, 67.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Dalton, M. L. Julian's Reintroduction of Milton's Operation / M. L. Dalton, S. R. Connally, W.C.Sealy // The Annals of thoracic surgery. – 1992. – V. 53. – № 3. – P. 532-533.
2. McGregor, W.E. Mechanical analysis of midline sternotomy wound closure. W.E. McGregor, D.R. Trumble, J.A. Magovern//Thorac Cardiovasc Surg. – 1999. – V. 117. – № 6. – P. 1144-1150.
3. Проспективное рандомизированное исследование сравнения различных методов фиксации грудины после кардиохирургических операций / Э.Р. Чарчян [и др.] // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 31-37.
4. Randomized, multicenter trial comparing sternotomy closure with rigid plate fixation to wire cerclage / B. A. Keith [et al.]// The Journal of thoracic and cardiovascular surgery. – 2017. – V. 153. – № 4. – P. 888-896. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2016.10.093
5. An Innovative Approach for Sternal Closure / L. S. Levin [et al.] // The Annals of thoracic surgery. – 2010. – V. 89. – № 6. – P. 1995-1999. doi: 10.1016/j.athoracsur.2010.01.089
6. Дюжиков, А.А. Сравнительная эффективность различных методов остеосинтеза грудины после аортокоронарного шунтирования у больных ишемической болезнью сердца на фоне избыточной массы тела / А.А. Дюжиков, А.А. Карташов // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2013. – Т. 6, № 5. – С. 38-41.
7. Остеосинтез грудины после аортокоронарного шунтирования / В.В. Кудряшов [и др.]// Медицинский вестник Башкортостана. – 2013. – Т. 8, № 6. – С. 65-67.
8. Khanoki, S. A. Multiscale Design and Multiobjective Optimization of Orthopaedic Hip Implants with Functionally Graded Cellular Microstructure // S. A Khanoki, D. Pasini //ASME. Journal of Biomechanical Engineering. – 2012. – V. 134. – № 3. – P. 1-10. doi: 10.1115/1.4006115
9. Способ восстановления целостности грудины после стернотомии многостежковым швом: пат. № 2598969 Рос. Федерация; заяв.: 04.08.2015; опубл.: 10.10.2016. Бюл. №28. 9 с.
10. Лигатурная фиксация грудины в кардиохирургической практике: выбор материала и техники шва / Н.Г. Сибгатуллин [и др.] // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2021. – Т. 14, № 3. – С. 206-212. doi: 10.17116/kardio202114031206
11. Руководство по внутреннему остеосинтезу / М.Е. Мюллер [и др.]. – М.: Изд-во AdMarginem, 1996. – 750 с.

### REFERENCES

1. Dalton M. L., Connally S. R., Sealy W.C. Julian's Reintroduction of Milton's Operation. The Annals of thoracic surgery. 1992; 53(3):532-533. (in Engl)
2. McGregor W.E., Trumble D.R., Magovern J.A. Mechanical analysis of midline sternotomy wound closure. Thorac Cardiovasc Surg. 1999; 117(6):1144-1150. (in Engl)
3. Charchian ER, Stepanenko AB, Gens AP, Khovrin VV, Kudryashov AM, Galeev NA, Belov IuV. Prospective randomized trial to compare various sternal closure techniques after cardiac surgery. Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya. 2017;10(3):31-37. (In Russ.) https://doi.org/10.17116/kardio201710331-37
4. Keith B. A. [et al.] Randomized, multicenter trial comparing sternotomy closure with rigid plate fixation to wire cerclage. The Journal of thoracic and cardiovascular surgery. 2017;153(4):888-896. (in Engl) doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.10.093
5. Levin L. S. [et al.] An Innovative Approach for Sternal Closure. The Annals of thoracic surgery. 2010;89(6):1995-1999. (in Engl) doi: 10.1016/j.athoracsur.2010.01.089
6. Dyuzhikov AA, Kartashov AA. Comparative efficacy of different sternum osteosynthesis techniques in obese patients with coronary heart disease after coronary artery bypass grafting. Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya. 2013;6(5):38-41. (In Russ.)
7. Kudryashov V.V. [et al.] Osteosintez grudiny posle aortokoronarnogo shuntirovaniya (Osteosynthesis of the sternum after coronary artery bypass grafting). Bashkortostan medical journal. 2013; 8(6):65-67. (In Russ.)
8. Khanoki S. A., Pasini D. Multiscale Design and Multiobjective Optimization of Orthopaedic Hip Implants with Functionally Graded Cellular Microstructure. ASME. Journal of Biomechanical Engineering. 2012; 134(3):1-10. (in Engl) doi: 10.1115/1.4006115
9. Sposob vosstanovleniya tselostnosti grudiny posle sternotomii mnogostezhkovym shvom (A method for restoring the integrity of the sternum after sternotomy with a multi-stitch suture). pat. № 2598969 Ros. Federacija; zajav.: 04.08.2015; opubl.: 10.10.2016. Bjul. №28. 9 s.
10. Sibgatullin NG, Bikchantaev AA, Shamsheeva GA, Yagafarov IR, Gusmanov DS, Faskhutdinov NG, Zaripov BA, Sharafutdinov AR. Sternal fixation in cardiac surgery: the choice of material and suturing technique. Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya. 2021;14(3):206-212. (In Russ.) https://doi.org/10.17116/kardio202114031206
11. Myuller M.E. [et al.] Rukovodstvo po vnutrennemu osteosintezu (Manual on internal osteosynthesis). Izdatel'stvo AdMarginem, Moskva. 1996:750. (In Russ.)