

УДК 616.7 DOI 10.31210/visnyk2018.03.26

УДК 624.074.5

© 2018

Панасенко С. І., кандидат медичних наук

Вищий державний навчальний заклад України «Українська медична стоматологічна академія»

Бурлака О. А., кандидат технічних наук,

Яхін С. В., кандидат технічних наук

Полтавська державна аграрна академія

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ДЛЯ АПАРАТУ ЗОВНІШНЬОЇ ФІКСАЦІЇ ФЛОТУЮЧИХ ПЕРЕЛОМІВ ГРУДНОЇ КЛІТИНИ

Рецензент – доктор технічних наук, професор В. П. Дмитриков

Висвітлено результати досліджень в межах договору №2 від 22.12.2015 р. між Полтавською державною аграрною академією (ПДАА) та Вищим державним навчальним закладом України «Українська медична стоматологічна академія» (ВДНЗУ УМСА) про розширення співробітництва та зміцнення зв'язків у сфері науки, новітніх технологій та інновацій, а також сприяння академічній мобільності з питань, які представляють спільний науковий та суспільний інтерес.

Розглянуто питання щодо практичного застосування різних способів складання та кріплення стрижневої системи балко-стрижневого апарату зовнішньої фіксації під час лікування флотуючих переломів грудної клітини людини. Описано випадки доцільності застосування балково-стрижневого апарату з зовнішніми опорними шпильками для фіксації декількох суміжних ребер виламаного фрагменту грудно-ребрового каркасу за схемою зовнішнього прямокутника, за схемою з частково зведеними стрижнями, а також за комбінованою схемою.

Ключові слова: апарат зовнішньої фіксації, флотуючий перелом, грудна клітина, спосіб фіксації, конструктивна схема.

Постановка проблеми. За даними відомих наукових досліджень [1–4], значна кількість травм грудної клітини супроводжується флотуючими переломами грудно-ребрового каркасу. Одним із найбільш тяжких та небезпечних видів закритої травми грудної клітини є множинні фрагментарні переломи ребер та грудини, які поєднуються із забоем легень і супроводжуються явищем флотації грудної стінки [1, 5].

Аналіз основних досліджень і публікацій з даної проблеми. Як показують відомі дослідження вітчизняних та закордонних вчених, наприклад Бурлака В. В., Nirula R., Mauberry J., летальність у випадку флотуючої грудної клітини сягає понад 20 % [1, 5].

З урахуванням того, що в Україні проводяться військові дії, кількість травм із флотацією грудної

клітини, на жаль, суттєво збільшується, оскільки розповсюджені випадки флотаційних переломів грудної клітини, спричинених потраплянням автоматної кулі в бронежилет військового. Тому дослідження спрямовані на удосконалення методів та засобів лікування флотуючих переломів грудно-ребрового каркасу є надзвичайно актуальними і важливими.

Мета: розробка заходів та рекомендацій щодо можливого зменшення оперативного втручання при встановленні балково-стрижневого апарату зовнішньої фіксації флотаційних переломів фрагментів ребер грудно-ребрового каркасу.

Завдання: обґрунтування способів складання та кріплення системи балко-стрижневого апарату зовнішньої фіксації під час лікування флотуючих переломів грудної клітини людини.

Матеріали і методи досліджень. При проведенні даних досліджень використано методи спостереження та порівняння результатів застосування балково-стрижневого апарату зовнішньої фіксації флотаційних переломів фрагментів ребер грудно-ребрового каркасу у хірургічній практиці гуманної медицини.

Результати досліджень. Флотаційні явища травмованої грудної клітини людини виникають як наслідок фрагментарних переломів трьох та більше ребер, що призводить до місцевого порушення несучої здатності грудно-ребрового каркасу. Флотація проявляється у вигляді «протифазного» руху грудної стінки, коли на акті вдиху пошкоджена ділянка фрагменту ребер западає всередину, а на акті видиху, навпаки – витинається назовні. При цьому м'язова активність грудно-ребрового каркасу значно зменшується за рахунок больового синдрому. Це призводить до утворення додаткової порожнини у грудній клітці, через яку порушується нормальний перепад тисків і погіршується процес повітрообміну в легенях.

Сучасними відомими методами лікування флотуючих переломів грудної клітини є внутрішній та

зовнішній остеосинтез із застосуванням різних способів фіксації. Різні методи фіксації мають як переваги, так і недоліки, однак практика застосування доводить, що зовнішній металоостеосинтез флотуючих переломів грудино-ребрового каркасу суттєво, у порівнянні із внутрішнім, має кращі клінічні наслідки лікування і дозволяє зменшити час лікування [1, 4].

У той же час, не зважаючи на доволі значну кількість різних способів зовнішньої фіксації, над проблемою створення оптимальної конструкції засобів зовнішньої фіксації постійно працюють як вітчизняні, так і закордонні науковці, але така проблема потребує подальших наукових досліджень. На наш погляд, пошук шляхів вирішення даної проблеми має ґрунтуватись також на базових положеннях та законах технічної механіки та теорії машин та механізмів.

З точки зору технічної механіки, грудино-реберний каркас є несучою просторовою конструкцією у вигляді ферми, яка сприймає навантаження від атмосферного тиску, сил тяжіння та зусиль від скорочення м'язів. Свої функції в організмі грудна клітина виконує за рахунок власної міцності та жорсткості, що дозволяє їй забезпечити захист внутрішніх органів та можливість штучного створення у легенях тиску вище та нижче атмосферного під час виконання актів дихання.

З тієї ж позиції, флотаційний перелом грудної клітини є випадком часткової втрати міцності несучої конструкції – грудино-ребрового каркасу, за якого умовно статичні елементи конструкції грудино-реберного каркасу перетворюються у механізм із обмежено рухомими ланками. При цьому системи зовнішнього остеосинтезу виступають у ролі «систем підсилення», які дозволяють повністю або частково відновити несучу здатність пошкодженої конструкції грудино-ребрового карка-

су. Остеосинтез грудино-ребрового каркасу направлений на відновлення жорсткості та міцності пошкодженої грудної клітини.

Позитивні результати лікування та повну статичну фіксацію ступенів вільності, що виникають при флотаційних рухах, дає балково-стрижневий апарат (рис.1). Основними елементами такого апарату є травматологічні спиці 7 (рис. 1), вертикальні опорні стрижні 1 (рис. 1) та зовнішні опорні шпильки 5 (рис. 1).

Розроблений нами спосіб кріплення балково-стрижневого апарату зовнішньої фіксації на грудино-реберному каркасі полягає в проведенні спиць через грудину або ребра і встановленні на них опорних елементів зовнішніх лікувальних металоконструкцій (рис. 2) [2–4].

Опорні елементи подібних апаратів зовнішньої фіксації повинні містити, як мінімум, два контактні вузли: один – для взаємодії із спицями, другий – для взаємодії з іншими опорними елементами (рис. 2).

Техніка проведення спиць полягає в наступному. Поперечно до ребра через кортикальні шари нижньої та верхньої поверхонь підшкірно екстраплеврально проводять спицю. Спицю обов'язково проводять знизу вгору по відношенню до ребра, так, щоб при зісковзуванні кінчика спиці з нижнього краю ребра відводився міжреберний судинно-нервовий пучок без його пошкодження. Відразу після проходження верхнього кортикального шару ребра пальпаторно через шкіру визначають кінчик спиці і в його проекції роблять розтин шкіри довжиною 2–3 мм, що достатній для проведення через нього опорного елемента. Опорний елемент фіксують на спиці, занурюючи його у розтин. Спицю проводять далі, направляючи її рух за допомогою опорного елемента. У спосіб, описаний вище, проводять інші спиці та фіксують на них достатню кількість опорних елементів.

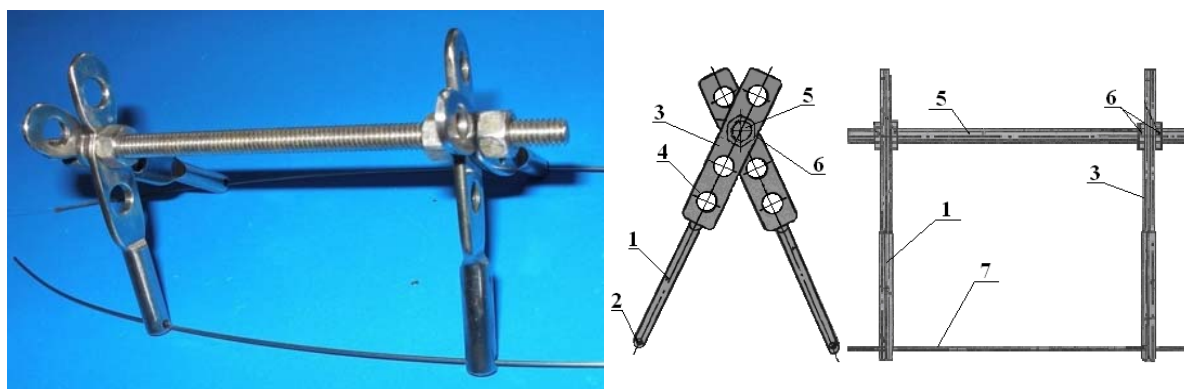


Рис. 1. Зовнішній вигляд та схема апарату зовнішньої фіксації:

- 1 – кругла частина опорного стрижня; 2 – головка з отвором для спиці опорного стрижня; 3 – пласка верхня частина з отворами опорного стрижня; 4 – отвір для фіксації; 5 – зовнішня опорна шпилька; 6 – фіксуючі гайки; 7 – травматологічна спиця.**

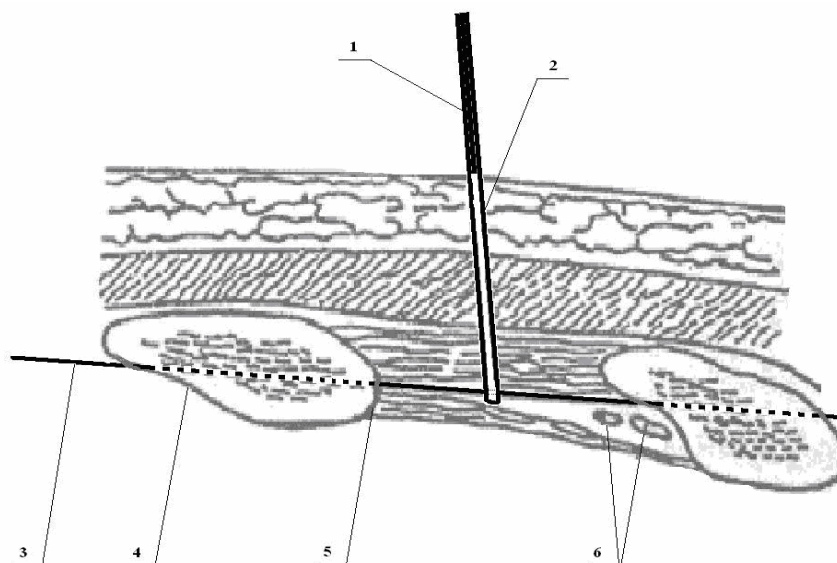


Рис. 2. Схематичне зображення способу проведення травматологічної спиці та встановлення опорного вертикального стрижня:
 1, 2 – вузли взаємодії опорного вертикального стрижня; 3 – травматологічна спиця; 4, 5 – нижній і верхній кортикальні шари ребра; 6 – міжреберний судинно-нервовий пучок.



Рис. 3. Використання балково-стрижневого апарату із зовнішніми опорними шпильками для фіксації декількох суміжних ребер виламаною фрагменту грудино-ребрового каркасу за схемою зовнішнього прямокутника.

Після проведення спиць і встановлення на них опорних елементів, за допомогою останніх моделюють балково-стрижневий апарат зовнішньої фіксації.

Для усунення реберного клапану, де переламано троє і більше ребер, та флотуючий клапан має значні розміри, доцільно використовувати просторову конструкцію з чотирма зовнішніми опорними шпильками (рис. 3). Просторова конструкція з використанням елементів такого апарату повністю фіксує небажані ступені вільності, що виникають при флотажному переломі грудино-ребрового каркасу (рис. 3).

Також одним зі способів фіксації фрагментарних переломів ребер є зовнішній остеосинтез із частково зведеними вузлами [2, 3] (рис. 4). Необхідність використання потрійних зведених стрижнів зумовлена усуненням прогину виламаної частини в місцях, де встановлення додаткових кріпильних шпильок викликає незручності або є неможливим з урахуванням анатомії хворого.

Така система кріплення дає змогу фіксувати фрагментарні переломи грудино-ребрового каркасу в більш локальній зоні. При цьому опорними елементами фіксації стають неушкоджені

частини грудної клітини, що безпосередньо розташовані поблизу зони перелому.

Якщо у хворого виявлено декілька окремих фрагментарних переломів, що мають розгалужену дислокацію та віддалені одне від одного на значні відстані, то в такому випадку поєднання стрижнів чотирма і більше опорними шпильками не зручне і не завжди можливе з точки зору практичного виконання. Також ускладнюються профілактичні дії щодо обробки хірургічних ран, підвищується ймовірність больового відчуття хворого за рахунок ненавмисної фізичної дії на елементи конструкції апарату зовнішньої фіксації, додаються і складності рухів хворого.

У більш складних випадках можливо комбінувати використання зведених вузлів та зовнішніх опорних шпильок (рис. 5).

Така технологія встановлення апарату зовнішньої фіксації є компромісом щодо поновлення жорсткості та міцності грудино-ребрового каркасу з мінімально можливою кількістю фіксуючих елементів при складних множинних фраг-

ментарних переломах грудної клітини, що супроводжуються флотацією.

Висновок. Таким чином, застосування підходу, спрямованого на усунення ступенів вільності, що виникають при флотаційних переломах, із використанням положень теоретичної механіки, теорії машин та механізмів, деталей машин, вакуумних технологій дає змогу проаналізувати поведінку грудної клітини за різних випадків її пошкодження, які супроводжуються явищем флотації, та виявити основні риси дизайну оптимальної конструкції апарату зовнішньої фіксації, обґрунтувати мінімальну кількість елементів його конструкції та проаналізувати варіанти виконання остеосинтезу.

Результати проведеного дослідження складають основу для подальшої конструкторської розробки оптимального апарату зовнішньої фіксації та виконання проектних розрахунків його елементів і вузлів.



Рис. 4. Використання балково-стрижневого апарату для локальної фіксації декількох суміжних ребер виламаного фрагменту грудино-ребрового каркасу за схемою з частково зведеними стрижнями



Рис. 5. Використання апарату зовнішньої фіксації зі зведеними вузлами та зовнішніми шпильками при лікуванні складних множинних переламів за комбінованою схемою (травма грудної клітини, що спричинена наїздом на людину колеса трактора)

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Бурлука В. В. Оцінка тяжкості і вибір хірургічного лікування пошкоджень гудино-реберного каркасу у постраждалих з поєднаною закритою травмою грудей : автореф. дис. к. м. н. : спец. 14.01.03 «Хірургія». – Київ, 1996. – 21 с.
2. Nirula R., Diaz J., Trunkey D., Mayberry J. Rib fracture repair: Indications, technical issues, and future directions // *World J. Surg.* – 2009. – 33(1). – P. 14–22.
3. Панасенко С. І. Удосконалення просторових конструкцій для лікування флотуючих пере-

- ломів грудини та ребер» / С. І. Панасенко, О. А. Бурлака // *Динаміка та міцність енергетичних і сільськогосподарських машин та біотехнічних систем* – Полтава : Сімон, 2015. – С. 22–24.
4. Панасенко С. І. Лікувально-опорний апарат // *Клінічна хірургія.* – 2006. – №8. – С. 58.
5. Панасенко С. І. Спосіб кріплення лікувального апарата на гудино-ребровому каркасі // *Клінічна хірургія.* – 2007. – №1. – С. 57.

ANNOTATION

Panasenko S. I., Burlaka A. A., Yakhin S. V. Justification of the choice of the constructive scheme for the device of external fixing of the floating thorax fracture.

According to the known scientific research [1–4 in bibliography] a significant amount of injuries of a thorax is followed by the floated changes of a sternum-rib framework.

As the known researches of domestic and foreign scientists show, for example, Burlak V. V., Nirula R., Mayberry J., lethality in case of the floated fracture of edges of a thorax is more than 20 % [1, 5].

Unfortunately, in Ukraine military operations and quantity of injuries with floatation of a thorax significantly are conducted increases as the cases of floatation fractures of thorax caused by hit of an automatic bullet in the military bullet-proof vest meet. Therefore, researches are directed to improvement of methods and remedies for floatation changes of a sternum-rib framework are extremely relevant and important.

Purpose and research problems – development of actions and recommendations about possible reduction of extent of surgery by the choice of the optimum constructive scheme of the device of external fixing of fragments of edges at a floatation change of a sternum-rib framework.

When carrying out these researches methods of observation and comparison of results of use of the frame-rod device of external fixing of floatation changes of fragments of edges of a sternum-rib framework in surgical practice of humane medicine are used.

The floatation phenomena in injured a thorax of the person arise as a result of fragmentary fractures of three and more edges that leads to local disturbance of the bearing ability of a sternum-rib framework. Flotation is shown in the form of «antiphase» the movements of a chest wall when on the act of a

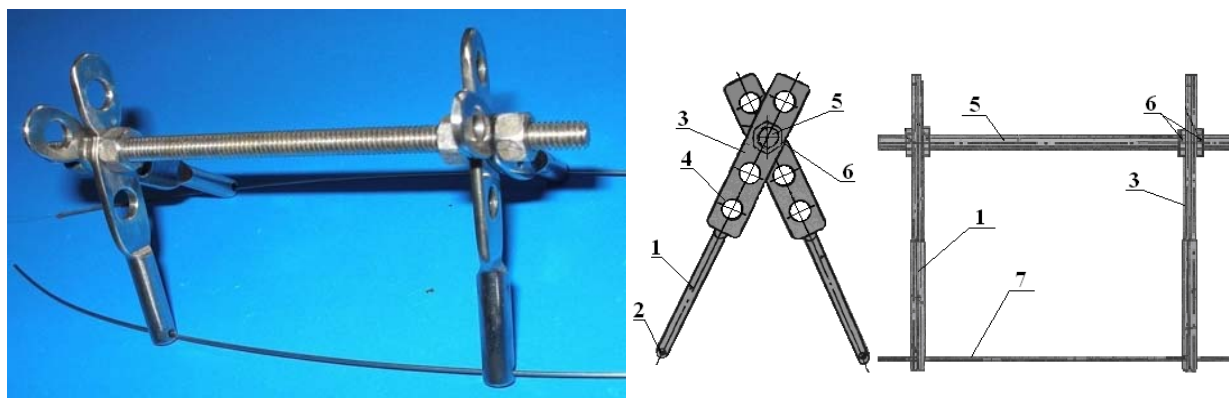
breath the damaged site of a fragment of edges sinks down inside, and on the act of an exhalation, on the contrary – is curved outside. At the same time the muscular activity of a sternum-rib framework considerably decreases at the expense of a pain syndrome. It leads to formation of an additional cavity in a thorax behind which the normal difference of pressure is broken and process of air exchange in lungs worsens.

Modern known methods of treatment of floatation fractures of thorax are the internal and external osteosynthesis using various means of fixing. Various methods of fixing have both advantages, and shortcomings. However, practice of use shows what external threw – an osteosynthesis of the floated change of a sternum-rib framework possesses significantly the best clinical effects of treatment and allows to reduce treatment time in comparison with internal [4, 5].

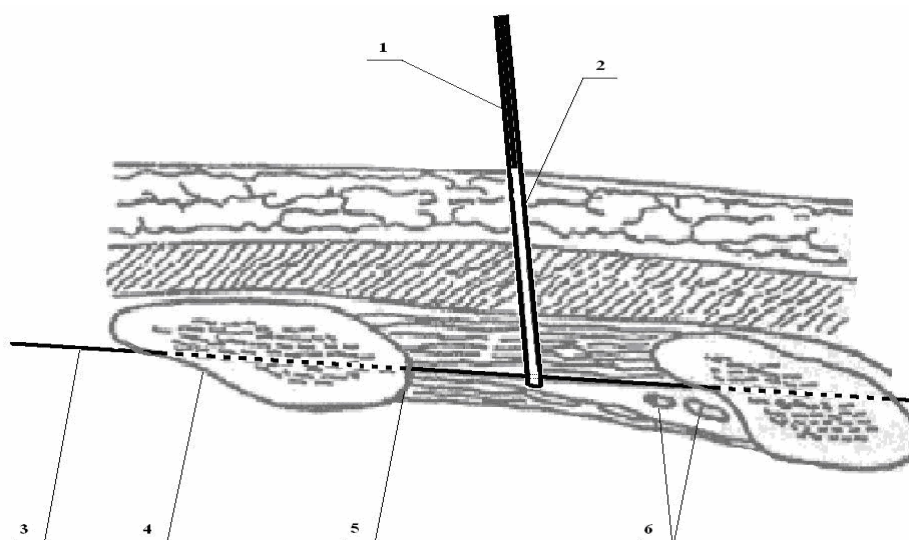
From the point of view of technical mechanics, the sternum-rib framework is the bearing space rod design which perceives loadings from a difference of internal and external pressure and also from the efforts caused by reduction of muscles. The thorax performs the functions in an organism at the expense of own durability and rigidity that allows it to provide protection of internals and a possibility of artificial creation in lungs of pressure is higher and lower than breath, atmospheric during implementation of acts.

The floatation fracture of a thorax is a case of partial loss of durability of the bearing design of a sternum-rib framework at which conditionally static elements of a design of a sternum-rib framework turn into the mechanism with is limited by mobile links. The osteosynthesis of a sternum-rib framework is directed to recovery of rigidity and durability of the injured thorax.

The frame-rod device (pic. 1) gives the positive takes of treatment and full static fixing of degrees of freedom arising at the floatation movements.



Pic. 1. Outward and scheme of the device of external fixing: 1 – round part of a basic core; 2 – a head with an opening for a needle of a basic core; 3 – a flat upper part with openings of a basic core; 4 – fixture for fixing; 5 – external basic hairpin; 6 – the fixing nuts; 7 – traumatologic needle.



Pic. 2. Schematic image of a way of carrying out traumatologic needle and installation of a basic vertical core. 1, 2 – nodes of interaction of a basic vertical core; 3 – traumatologic needle; 4, 5 – the lower and upper cortical layers of an edge; 6 – intercostal neurovascular bunch.

Basic elements of such device (pic. 1) is traumatologic needles 7, vertical basic cores 1 and external basic hairpins 5.

The way of fixing of edges developed by us the device of external fixing consists in carrying out needles through a breast and edges and installation on them basic elements of an external medical metalwork (pic. 2) [4, 5].

Basic elements of the device of external fixing have to contain, at least, two contact nodes – one for interaction with needles, the second for interaction with other basic elements (pic. 2).

The needle 3 is carried surely out from below – up the relation to an edge so that when sliding a tip of a needle from bottom edge of an edge the intercostal neurovascular bunch without its damage was taken away. Right after passing upper a cortical

layer of an edge manually through skin define a tip of a needle and in its projection do a section of skin 2–3 mm, sufficient for carrying out through it a basic element. The basic element is fixed on a needle immersing it in a section. The needle is carried out further, directing its movement by means of a basic element. Carry out by a similar way other needles and fix on them enough basic elements.

After carrying out needles and installation on them basic elements, by means of the last model a design of the beam-rod device of external fixing.

For elimination of the costal valve where three and more edges are broken and in case the floated valve has the considerable sizes, it is reasonable to use a space design with four external basic hairpins (pic. 3). The space design with use of elements of such device completely fixes the undesirable de-

degrees of freedom arising at a floatation change of a sternum-rib framework (pic. 3).

Also one of ways of fixing of fragmentary fractures of edges is the external osteosynthesis with partially removed nodes [2, 3, 4] (pic. 4). Need of use of triple combined nodes caused by elimination of a deflection of the broken-out part in places where installation of additional fixing hairpins causes inconveniences or is impossible taking into account anatomy of the patient.

Such system of fastening allows to fix fragmentary changes of a sternum-rib framework in more local zone. At the same time the unimpaired parts of a thorax which are directly located close change zones become basic elements of fixing.

If at the patient it is revealed several separate

fragmentary changes having branched out dislocations and are removed from each other on considerable distances, then in that case a combination of cores with four and more basic hairpins inconvenient and it is not always possible from the point of view of practical execution. Also preventive actions for processing of surgical wounds become complicated, the probability of pain of the patient at the expense of inadvertent physical impact on elements of a design of the device of external fixing increases, also difficulties of movements of the patient are added.

In more difficult cases it is possible to combine use of summary nodes and external basic hairpins (pic. 5).



Pic. 3. Use of the frame-rod device with external basic hairpins for fixing of several adjacent edges of the broken-out fragment of a sternum-rib framework according to the scheme of an external rectangle



Pic. 4. Use of the frame-rod device for local fixing of several adjacent edges of broken out fragment of a sternum-rib framework according to the scheme with partially built cores



Pic. 5. Use of the device of external fixing with summary nodes and external hairpins at treatment of difficult multiple fractures on the combined scheme

Such technology of installation of the device of external fixing is a compromise on recovery of rigidity and durability of a sternum-rib framework with minimum possible quantity of the fixing elements at difficult multiple fragmentary fractures of a thorax, followed by floatation.

Thus, use of the approach directed to elimination of the degrees of freedom arising at floatation changes with use of provisions of engineering mechanics and the theory of machines and mechanisms allows to analyze behavior of a thorax, in different cases of its damage, the floatations which are fol-

lowed by the phenomenon and to reveal the main lines of design of an optimum design of the device of external fixing, to prove the minimum quantity of elements of its design and to analyze options of performance of an osteosynthesis.

Results of the conducted research are a basis for further development of an optimum design of the device of external fixing and performance of design calculations of its elements and nodes.

Key words: *external fixation device, floating fracture, chest, method of fixation, constructive scheme.*