

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
Державна установа
«Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України»

*Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису*

НЕХЛОПОЧИН ОЛЕКСІЙ СЕРГІЙОВИЧ

УДК 616.711.1-089.843

ДИСЕРТАЦІЯ

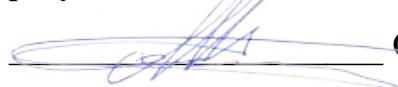
**ХІРУРГІЧНЕ ЛІКУВАННЯ ХВОРИХ З ХРЕБЕТНО-
СПИННОМОЗКОВОЮ ТРАВМОЮ НА СУБАКСІАЛЬНОМУ РІВНІ**

22 «Охорона здоров'я»

222 «Медицина»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



О.С. Нехлопочин

Науковий керівник:
Слинько Євгеній Ігорович
доктор медичних наук,
професор

Київ — 2020

АНОТАЦІЯ

Нехлопочин О.С. «Хірургічне лікування хворих з хребетно-спинномозковою травмою на субаксіальному рівні». – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктор філософії з галузі знань 22 «Охорона здоров'я» за спеціальністю 222 «Медицина». – Державна установа «Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України», м. Київ, 2020.

Дисертація присвячена підвищенню ефективності методів хірургічного лікування постраждалих з хребетно-спинномозковою травмою на субаксіальному рівні шийного відділу хребта вентральним доступом, зменшенню кількості післяопераційних ускладнень та поліпшенню якості життя пацієнтів.

Дисертаційне дослідження ґрунтується на аналізі результатів діагностики та лікування 140 пацієнтів, оперованих у відділенні патології спинного мозку Державної установи «Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України» в період з 2008 по 2018 рр. з приводу травматичного ушкодження шийного відділу хребта на субаксіальному рівні.

Осіб чоловічої статі було 115 (82,14%), жіночої – 25 (17,86%). Вік хворих коливався від 18 до 69 років. Середній вік пацієнтів склав $43,2 \pm 15,1$ року.

У доопераційному періоді всім постраждалим було проведено: МРТ і СКТ ШВХ, рентгенографію в 2-х стандартних проекціях. На підставі клініко-інструментальних обстежень виконувалася оцінка: неврологічного статусу з розподілом пацієнтів за функціональними класами шкали ASIA і детальна характеристика з використанням системи ISNCSCI; стан загального шийного лордозу і сегментарного кіфозу травмованого ХРС; характеру ушкодження ХРС із застосуванням класифікації AOSpine, ступеня ушкодження ХРС із застосуванням Cervical Spine Injury Severity Score (CSISS), розміру фактору компресії; ступеня тяжкості ушкодження СМ із застосуванням The Brain and

Spinal Injury Center score (BASIC score). Анамнестично визначалися обставини отримання травми, оцінювався час з моменту отримання травми до хірургічного втручання.

На підставі даних обстежень доопераційного періоду проведена оцінка взаємозв'язку аналізованих значень, виявлені залежності та визначено найбільш критичні для розвитку неврологічних розладів параметри травми ШВХ на субаксіальному рівні. Статистичний аналіз дозволив побудувати лінійну регресійну модель прогнозування рівня неврологічних розладів в доопераційному періоді з урахуванням показників характеру, ступеня ушкодження ХРС і розмірів фактору компресії.

Комплексна клініко-радіологічна характеристика травматичного ушкодження ШВХ на субаксіальному рівні дозволила сформулювати поетапний алгоритм оцінки потерпілого з метою визначення показань і оптимального типу хірургічного втручання.

Теоретичним базисом клінічної складової цієї роботи стали результати дослідження напружено-деформованого стану кінцево-елементної моделі шийного відділу хребта при різних варіантах декомпресивно-стабілізуючих хірургічних втручань. Побудовані моделі імітували шийний відділ хребта людини на ділянці від хребця С3 до хребця С7, включаючи міжхребцеві диски і фасеткові суглоби з міжсуглобовим хрящем. Хребець С5 був заміщений трьома різними конструкціями: Mesh ізольовано, Mesh з додатковою фіксацією вентральною пластиною і ТЗІ конструктивно аналогічний використаному нами. Величина навантаження на моделі становила 100 Н. Вивчалось навантаження на стиск, флексію, екстензію і ротацію. Критерієм оцінки напружено-деформованого стану моделей вибрано напругу по Мизесу.

Отримані дані показують, що використання Mesh в поєднанні з вентральною пластиною і ТЗІ формують різні патерни навантаження як опорних структур оперованого шийного відділу хребта, так і елементів тілозамінно-стабілізуючої системи, при чому ТЗІ в більшості випадків забезпечує більш рівномірний розподіл навантаження. Це визначає різний характер і ступінь

післяопераційних змін травмованого ШВХ і відповідно безпосередньо впливає на клінічно найбільш важливі характеристики ХСМТ: регрес неврологічних розладів, інтенсивність больових відчуттів і якість життя постраждалих. Застосування Mesh ізольовано без додаткової фіксації вентральною пластиною за нашими даними не доцільно, оскільки кінцево-елементний аналіз демонструє високі пікові напруження в зоні контакту системи із замикальними пластинами хребців, суміжних з резектованим, що свідчить про високий ризик пролабування конструкції в тіла хребців з наступною втратою інтраопераційно сформованої ангуляції ШВХ.

Всім пацієнтам виконувалося вентральне декомпресивно-стабілізуюче хірургічне втручання з резекцією тіла компресованого хребця і заміщенням його різними типами тілозамінно-стабілізуючих систем: Mesh в комбінації з вентральною ригідною пластиною (1 клінічна група – 72 пацієнта) і телескопічний тілозамінний імплант, що конструктивно передбачає фіксацію до тіл хребців, суміжних з резектованим (2 клінічна група – 68 пацієнтів). За всіма конфаундерами, що аналізовано, групи статистично не відрізнялися.

В післяопераційному періоді оцінювалися: динаміка регресу неврологічних розладів, стан сегментарного кіфозу оперованого сегмента і загального шийного лордозу, інтенсивність больових відчуттів (із застосуванням шкали NRS). Показники розраховувалися на підставі даних обстежень, виконаних в термінах 6 днів, 2, 6 та 12 місяців після проведеного хірургічного втручання. На фінальному терміні спостереження у пацієнтів первинно віднесених до функціональних класів ASIA D і E виконувалася оцінка якості життя з використанням опитувальника SF-36.

Отримані дані демонструють різну динаміку зміни всіх аналізованих показників. Так, показник сегментарного кіфозу оперованого сегмента в першій клінічній групі до фінального терміну спостереження становить $-1,65^\circ$ ($-2,63 \div 0,99$), в той час як у другій: $-3,39^\circ$ ($-3,82 \div -3,14$), різниця статистично достовірна ($p < 0,005$). При цьому зазначено, що втрата інтраопераційно досягнутої корекції практично повністю припиняється до 6 місяців

післяопераційного періоду, в той час як при використанні комбінованої системи динаміка значима аж до фінального терміну спостереження.

При аналізі стану загального шийного лордозу відзначено, що в ранньому післяопераційному періоді відзначається втрата фізіологічної кривизни ШВХ практично у всіх пацієнтів, при цьому ступінь сплюснення залежить переважно від глибини неврологічних розладів ($r^2=0,566$, $p<0,001$). Через 2 місяці після хірургічного втручання і на більш пізніх термінах реєструється вплив показника сегментарного кіфозу і типу системи стабілізації, з більш ефективним відновленням природної кривизни ШВХ в другій клінічній групі ($r^2=0,605$, $p<0,001$). Таким чином, до фінального терміну показник ЗШЛ в першій групі склав $10,76^\circ$ ($6,33\div 13,95$) а в другій $16,7^\circ$ ($12,4\div 21,27$), різниця статистично значуща: $p<0,001$.

У ранньому післяопераційному періоді відзначена позитивна неврологічна динаміка, переважно при вихідних незначних функціональних порушеннях. Реєструється виражений взаємозв'язок між динамікою регресу з доопераційними показниками за шкалою ISNCSCI, віком постраждалих, часом, що пройшов від моменту травми до виконання декомпресивно-стабілізуючого втручання і розміром фактору компресії ($r^2=0,7336$, $p<0,001$). Починаючи з двох місяців післяопераційного періоду і на всьому протязі дослідження відзначено статистично значущу перевагу застосування ТЗІ за рахунок достовірно більш вираженого приросту загальної суми балів за шкалою ISNCSCI у пацієнтів, віднесених до ASIA C (1 група: $50,6\pm 9,17$; 2 група $76,9\pm 21,7$; $p<0,001$) і ASIA D (1 група: $73,2\pm 10,8$; друга група: $99,2\pm 16,1$; $p<0,001$). Крім того, відзначено, що збільшення кіфозу в стабілізованих сегментах супроводжується уповільненням регресу неврологічних порушень ($p=0,01$).

При аналізі інтенсивності больових відчуттів у ранньому післяопераційному періоді в другій клінічній групі реєструються статистично значимо більш низькі показники в порівнянні з пацієнтами, у яких використовувалася комбінована тілозамінно-стабілізуюча система ($p<0,001$). До двох місяців післяопераційного періоду статистично нижчі показники шкали

NRS в другій клінічній групі відзначені у пацієнтів з ASIA B ($p=0,038$), ASIA D ($p=0,037$) та ASIA E ($p=0,016$). Схожа тенденція спостерігається і через 6 місяців після хірургічного втручання. До фінального терміну спостереження інтенсивність больових відчуттів значно регресує і значущі відмінності реєструються у пацієнтів з функціональним класом ASIA E ($p=0,006$).

При аналізі якості життя із застосуванням SF-36 на фінальному терміні спостереження відзначені статистично значущі відмінності за наступними шкалами: Фізичне функціонування (1 група: $36,72\pm 0,94\%$; друга група: $41,88\pm 1,08\%$, $p=0,001$), Рольове фізичне функціонування (1 група: $31,9\pm 2,11\%$; 2 група: $40,63\pm 2,52\%$; $p=0,029$), Шкала болю (1 група: $44,21\pm 1,75\%$; друга група: $52,21\pm 1,54\%$; $p=0,0013$) і Рольове емоційне функціонування (1 група: $48,27\pm 2,24\%$; 2 група: $61,11\pm 3,84\%$, $p=0,011$).

ВИСНОВКИ

У дисертації представлено теоретичне узагальнення і здійснено вирішення наукової і практичної проблеми покращення результатів хірургічного лікування травматичних ушкоджень шийного відділу хребта на субаксіальному рівні на основі аналізу ефективності різних типів тілозамінно-стабілізуючих систем.

1. Аналіз літературних даних методів хірургічного лікування травматичних ушкоджень шийного відділу хребта на субаксіальному рівні свідчить про два типи тілозамінно-стабілізуючих систем, що найчастіше використовуються. А саме: комбінація Mesh із вентральною пластиною та телескопічний тілозамінний імплант. Разом з тим, в літературі відсутні дані щодо впливу типу системи на клінічні та радіологічні показники перебігу післяопераційного періоду та результати лікування.

2. Аналіз і статистична обробка результатів обстежень пацієнтів в доопераційному періоді ХСМТ на субаксіальному рівні ШВХ дозволила виявити певні закономірності і взаємозв'язки параметрів, що характеризують

ушкодження osteo-лігаментозного апарату і ступінь ушкодження невральних структур. До радіологічних характеристик травмованого ШВХ, що має найбільше значення у визначенні клінічної картини у постраждалих віднесені: ступінь локальної кіфотичної деформації, розмір фактору компресії, характер і ступінь ушкодження ХРС (коефіцієнт детермінації 67,4% при $p < 0,01$).

3. Аналіз напружено-деформованого стану моделі шийного відділу хребта із застосуванням різних тілозамінних систем виявив перевагу ТЗІ в порівнянні з широко використовуваною комбінацією «Mesh + ригідна вентральна пластина», що проявляється зниженням еквівалентних напружень за Мизесом в зоні контакту конструкції з кістковою тканиною (6,01 МПа та 5,18 МПа відповідно для комбінованої системи та ТЗІ) та зниженням навантаження на кріпильні елементи системи (8,76 МПа та 4,9 МПа для гвинтів вентральної пластини комбінованої системи та ТЗІ відповідно).

4. Визначено абсолютні показання до виконання вентральних декомпресивно-стабілізуючих хірургічних втручань при травматичному пошкодженні ШВХ на субаксіальному рівні; а саме: ушкодження типу А4, В2, В3 і С за класифікацією AOSpine, ступінь osteo-лігаментозного ушкодження – 7 балів і більше, сегментарна кіфотична деформація 5° і більше; розмір фактору компресії більше 5 мм; звуження вентрального лікворного простору при рівні травми на 50% і більше; будь-яке погіршення неврологічного статусу пацієнта в динаміці.

5. Аналіз інтенсивності больового синдрому у пацієнтів, які перенесли вентральний цервікоспондилодез демонструє статистично нижчі показники при застосуванні ТЗІ в порівнянні з комбінованою системою. Переконлива різниця рівня больових відчуттів реєструється на всьому протязі післяопераційного періоду спостереження та поступово регресує. До фінального терміну достовірні відмінності зберігаються у пацієнтів без будь-яких неврологічних розладів ($1,81 \pm 0,86$ та $1,04 \pm 0,85$ балів відповідно для першої та другої клінічної групи при $p = 0,001$).

6. Оцінка динаміки регресу неврологічних розладів демонструє перевагу використання ТЗІ у пацієнтів, віднесених в доопераційному періоді за шкалою ASIA до функціонального класу В ($50,62 \pm 9,17$ та $76,94 \pm 21,68$ бал за шкалою ISNCSCI для першої та другої групи відповідно при $p < 0,001$) і С ($73,17 \pm 10,82$ та $99,21 \pm 16,11$ балів при $p < 0,001$). У пацієнтів з мінімальними неврологічними розладами (ASIA D) статистично значущих відмінностей не зареєстровано ($p = 0,347$). При оцінці ймовірності виникнення позитивної неврологічної динаміки у пацієнтів з тяжкою ХСМТ (ASIA A) найбільш критичними і статистично значущими параметрами є ступінь ушкодження СМ, визначений за результатами МРТ ($p=0,013$), і терміни виконання хірургічного втручання ($p=0,023$).

7. Оцінка якості життя у пацієнтів з функціональними класами ASIA D і E на фінальному терміні спостереження із застосуванням опитувальника SF-36 дозволила виявити статистично значущу перевагу використання ТЗІ за шкалами: Фізичне функціонування ($36,72 \pm 0,94\%$ та $41,88 \pm 1,08\%$ для першої та другої клінічної групи відповідно при $p=0,001$), Рольове фізичне функціонування ($31,9 \pm 2,1\%$ і $40,63 \pm 2,5\%$ при $p=0,029$), Шкала болю ($44,21 \pm 1,75\%$ та $52,21 \pm 1,54\%$ при $p=0,001$) і Рольове емоційне функціонування ($48,27 \pm 2,24\%$ і $61,11 \pm 3,84\%$ при $p=0,011$).

8. Дані спондилометричних показників демонструють переваги застосування ТЗІ за рахунок більш ранньої стабілізації оперованого ХРС, меншої втрати сегментарного лордозу, сформованого під час хірургічного втручання ($3,70 \pm 0,80$ та $1,60 \pm 0,20$ для першої та другої клінічної групи відповідно при $p < 0,001$) і більш повного відновлення фізіологічної кривизни ШВХ ($10,30 \pm 5,30$ та $16,80 \pm 5,40$ відповідно при застосуванні комбінованої системи та ТЗІ, $p < 0,001$).

Ключові слова: шийний відділ хребта, травматичне ушкодження, вентральне декомпресивно-стабілізуюче втручання, хірургічна тактика, регрес неврологічних розладів, больовий синдром, якість життя.

SUMMARY

Nekhlopochn OS. «Surgical treatment of patients with spinal cord injury at the subaxial level». – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for scientific degree the Doctor of Philosophy, branch of knowledge – 22 «Health care», specialty 222 «Medicine». – The State Institution «Romodanov Neurosurgery Institute NAMS of Ukraine», Kyiv, 2020.

The dissertation is devoted to increasing the efficiency of surgical treatment of patients with subaxial cervical spine and spinal cord injury when using anterior surgical approach, by reducing the number of postoperative complications and improving the quality of life.

The research is based on results analysis of diagnosis and treatment of 140 patients operated in the Department of Spinal Cord Pathology of The State Institution «Romodanov Neurosurgery Institute NAMS of Ukraine» in the period from 2008 to 2018 due to traumatic injuries of subaxial cervical spine (CS).

The patients were 115 males (82.14%) and 25 females (17.86%). The age of patients ranged from 18 to 69 years. The mean age was 43.2 ± 15.1 years.

All patients underwent MRI and CT of cervical spine, radiography in 2 standard projections in the preoperative period. Basing of clinical and instrumental examinations, the following parameters was assessed: neurological status with the distribution of patients by functional classes of the ASIA scale and detailed characteristics using the ISNCSCI system, the state of general cervical lordosis and segmental kyphosis of injured CS; the nature of CS damage using the AOSpine classification, the level of CS damage using the Cervical Spine Injury Severity Score (CSISS), the size of the compressive factor; severity of spinal cord (SC) damage using The Brain and Spinal Injury Center score (BASIC score). The circumstances of the injury were determined anamnestically, the time from the moment of injury to surgery was estimated.

Based on the data of preoperative examinations, the relationship between the analyzed values was assessed, the dependences were identified and the most critical

for the development of neurological disorders parameters of subaxial CS injury were determined. Statistical analysis allowed to build a linear regression model for predicting the level of neurological disorders in the preoperative period, taking into account the nature, level of CS damage and the size of the compressive factor.

The complex clinical and radiological characteristics of subaxial CS traumatic injury allowed to formulate a step-by-step algorithm for assessing the patients in order to determine the indications and the optimal type of surgery.

The theoretical basis of the clinical component of this work were the results of the study of the stress-strain state of finite element model of the cervical spine with different types of decompressive and fusion surgery. The models simulated the cervical spine in the area from the C3 vertebra to the C7 vertebra, including intervertebral discs and facet joints with interarticular cartilage. The C5 vertebra was replaced by three different designs: Mesh isolated, Mesh with additional ventral plate fixation and telescopic vertebral body replacing implant (TVBRI), that structurally was similar to ours. The magnitude of the load on the model was 100 N. The loads of compression, flexion, extension and rotation were studied. Mises stress was chosen to be a criterion for estimating the stress-strain state of the models.

The obtained data shows that the usage of Mesh in combination with the anterior plate and TVBRI form different load patterns of both the supporting structures of the operated cervical spine and elements of the fusion systems. TVBRI in most cases provides a more even load distribution. This fact determines the different nature and level of postoperative changes of the injured CS and, accordingly, directly affects the clinically most important characteristics of CS: regression of neurological disorders, the intensity of pain and quality of life of patients. The usage of Mesh isolated without additional fixation according to our data is not appropriate, as the finite element analysis shows high peak stresses in the contact area of endplates of the vertebrae adjacent to the resected, indicating a high risk of penetration into the vertebral body and loss of intraoperatively formed angulation of CS fractured segment.

All patients underwent anterior decompression-fusion surgery with resection of the compressed vertebra body and its replacement with different types of body

replacing systems: Mesh in combination with anterior rigid plate (1st clinical group – 72 patients) and TVBRI with fixation to vertebrae adjacent to the resected one (2nd clinical group – 68 patients). The groups were statistically equal for all analyzed confounders.

In the postoperative period, the following parameters were assessed: the dynamics of neurological disorders regression, the state of segmental kyphosis of the operated segment and general cervical lordosis, the intensity of pain (using the NRS scale). Indicators were calculated on the basis of survey data performed within 6 days, 2, 6 and 12 months after surgery. At the end of follow-up, patients that initially were classified as ASIA D and E functional classes were assessed for quality of life using the SF-36 questionnaire.

The obtained data show different dynamics of change of all analyzed indicators. Thus, the rate of segmental kyphosis of the operated segment in the first clinical group up to the final observation period is $-1,65^{\circ}$ ($-2.63 \div 0.99$), while in the second: $-3,39^{\circ}$ ($-3.82 \div -3.14$), the difference is statistically significant ($p < 0.005$). It is noted that the loss of intraoperatively achieved correction is almost completely stopped by 6 months of the postoperative period, while when using a combined system, the dynamics is significant until the final observation period.

When analyzing the state of general cervical lordosis, it was noted that in the early postoperative period there is a loss of physiological curvature of CS in almost all patients, with the level of flattening depends mainly on the depth of neurological disorders ($r^2=0.566$, $p < 0.001$). In 2 months after surgery and at a later date, the effect of segmental kyphosis and the type of fusion system is proved to be influence factor. A more effective restoration of the natural curvature of the CS is registered in the second clinical group ($r^2=0.605$, $p < 0.001$). Thus, up to the final term, the general cervical lordosis in the first group was $10,76^{\circ}$ ($6.33 \div 13.95$) and in the second 16.7° ($12.4 \div 21.27$), the difference is statistically significant: $p < 0.001$.

In the early postoperative period, a positive neurological dynamics was noted, mainly in the initially minor functional disorders. There is a proved relationship between the dynamics of regression with preoperative indicators on the ISNCSCI scale,

the age of the parents, the time elapsed from injury to decompression-fusion intervention and the size of the compressive factor ($r^2=0.7336$, $p<0.001$). From 2 months of the postoperative period and throughout the study there was a statistically significant advantage of usage of TVBRI due to a significantly more pronounced increase in the total score on the ISNCSCI scale in patients classified as ASIA C (1 group: 50.6 ± 9.17 ; 2 group 76.9 ± 21.7 ; $p<0.001$) and ASIA D (1 group: 73.2 ± 10.8 ; second group: 99.2 ± 16.1 ; $p<0.001$). In addition, it was noted that the increase in kyphosis in fused segments is accompanied by a slowdown in the regression of neurological disorders ($p=0.01$).

When analyzing the intensity of pain in the early postoperative period in the second clinical group we registered statistically significantly lower rates compared with patients with a combined body replacement and fusion system ($p<0,001$). Up to two months of the postoperative period, statistically lower NRS scale scores in the second clinical group were observed in patients with ASIA B ($p=0.038$), ASIA D ($p=0.037$) and ASIA E ($p=0.016$). A similar trend is observed up to 6 months after surgery. By the end of the observation period, the intensity of pain regresses and significant differences are registered in patients with functional class ASIA E ($p=0.006$).

The analysis of quality of life with the usage of SF-36 at the final observation period revealed statistically significant differences on the following scales: Physical functioning (1 group: $36.72\pm 0.94\%$; 2 group: $41.88\pm 1.08\%$, $p=0.001$), Role physical functioning (1 group: $31.9\pm 2.11\%$; 2 group: $40.63\pm 2.52\%$; $p=0.029$), Pain scale (1 group: $44.21\pm 1.75\%$; the second group: $52.21\pm 1.54\%$; $p=0.0013$) and Role emotional functioning (1 group: $48.27\pm 2.24\%$; 2 group: $61.11\pm 3.84\%$, $p=0.011$).

CONCLUSIONS

The dissertation presents theoretical generalization and solves the scientific and practical problem of improving the results of surgical treatment of traumatic injuries

of subaxial cervical spine based on the effectiveness analysis of different types of vertebral body replacing and fusion systems.

1. Analysis of the literature data on methods of surgical treatment of traumatic injuries of the subaxial cervical spine indicates two types of body replacement - fusion systems, the most commonly used. Namely: combination of Mesh with ventral plate and telescopic body replacement implant. However, in the literature there is no data on the influence of the type of system on clinical and radiological outcome of the postoperative period and treatment results.

2. Statistical analysis of the results of patients' examination in the preoperative period of subaxial cervical spine injury helped to identify certain patterns and relationships of parameters describing the damage osteoligamentous system and the value of neural structures dysfunction. The radiological characteristics of the injured cervical spine, which is most important into determine the clinical picture in patients include: the degree of local kyphotic deformation, the size of the compression factor, the nature and extent of functional spinal unit damage (coefficient of determination 67.4% at $p < 0.01$).

3. Analysis of the stress-strain state of the cervical spine model using different body replacement systems revealed the advantage of telescopic body replacement implant compared to the widely used combination "Mesh + rigid ventral plate", which is manifested by a decrease in equivalent Mises stresses in the area of contact with bone tissue (6.01 MPa and 5.18 MPa, respectively, for the combined system and TCI) and reducing the load on the fasteners of the system (8.76 MPa and 4.9 MPa for the screws of the ventral plate of the combined system and telescopic body replacement implant, respectively).

4. We defined absolute indication to perform ventral decompression-fusion surgery for traumatic damage of subaxial cervical spine; namely: damage of type A4, B2, B3 and C by the AOSpine classification, degree of osteoligamentous damage - 7 points and more, segmental kyphotic deformation of 50 and more; the size of the compression factor is more than 5 mm; narrowing of the ventral cerebrospinal fluid

space at the level of injury by 50% or more; any deterioration of the patient's neurological status in the dynamics.

5. Analysis of pain syndrome intensity in patients after anterior cervical corpectomy and fusion shows statistically lower rates when using telescopic body replacement implant compared with the combined system. Cogent difference in pain sensation recorded throughout the postoperative observation period and gradually regresses. Up to the final date, significant differences persist in patients without any neurological disorders (1.81 ± 0.86 and 1.04 ± 0.85 points, respectively, for the first and second clinical groups at $p = 0.001$).

6. Evaluation of neurological disorders regression dynamics demonstrates the advantage of using telescopic body replacement implant in patients classified in the preoperative period on the ASIA scale to functional class B (50.62 ± 9.17 and 76.94 ± 21.68 points on the ISNCSCI scale for the first and second groups respectively at $p < 0.001$) and functional class C (73.17 ± 10.82 and 99.21 ± 16.11 points at $p < 0.001$). There were no statistically significant differences in patients with minimal neurological disorders (ASIA D) ($p = 0.347$). When assessing the likelihood of positive neurological dynamics in patients with severe spinal cord injury (ASIA A), the most critical and statistically significant parameters are the degree of damage to the spinal cord, determined by MRI ($p = 0.013$), and the timing of surgery ($p = 0.023$).

7. Assessment of quality of life in patients with functional classes ASIA D and E at the final follow-up using the SF-36 questionnaire revealed a statistically significant advantage of the use of telescopic body replacement implant on the scales: Physical functioning ($36.72 \pm 0.94\%$ and $41.88 \pm 1.08\%$ for the first and second clinical groups, respectively, at $p = 0.001$), Role physical functioning ($31.9 \pm 2.1\%$ and $40.63 \pm 2.5\%$ at $p = 0.029$), Pain scale ($44.21\% \pm 1.75\%$ and $52.21 \pm 1.54\%$ at $p = 0.001$) and Role emotional functioning ($48.27 \pm 2.24\%$ and $61.11 \pm 3.84\%$ at $p = 0.011$).

8. Spondylometric data demonstrate the benefits of telescopic body replacement implant by the earlier stabilization of operated functional spinal unit, less loss of segmental lordosis formed during surgery (3.70 ± 0.80 and 1.60 ± 0.20 for the first and the second clinical group, respectively, at $p < 0.001$) and a more complete

restoration of the physiological curvature of cervical spine (10.30 ± 5.30 and 16.80 ± 5.40 respectively, when using a combined system and telescopic implant, $p < 0.001$).

Key words: cervical spine, traumatic injury, anterior decompression-fusion surgery, surgical tactics, regression of neurological disorders, pain syndrome, quality of life.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Nekhlopochin AS, Nekhlopochin SN, Syrovoy GV. The analysis of stress-strain state in the cortical screw-vertebral body system when modelling of fixation of implants for anterior cervical interbody fusion. *Russ. J. Biomech.* 2017;21(1):77–88. doi:10.15593/RZhBiomeh/2017.1.08.
2. Nekhlopochin SN, Nekhlopochin AS, Shvets AI. A classification of implants for reconstruction of the anterior and middle supporting columns of the spine *Zh. Vopr. Neurokhir. Im. N. N. Burdenko.* 2018;82(3):97–102. doi:10.17116/neiro201882397.
3. Slynko II, Nekhlopochin AS. The clinically and biomechanically based optimization of sagittal contour surgical correction of the injured segment with the anterior subaxial fusion. *MOJ App Bio Biomech.* 2018;2(2):150–5. doi:10.15406/mojabb.2018.02.00058.
4. Педаченко ЮЕ, Нехлопочин АС. Разработка методов численного анализа динамики функциональной активности спинного мозга у пациентов, перенесших осложненную спинальную травму. *Клиническая хирургия.* 2018;85(3):43–7.
5. Слинько ЄІ, Нехлопочин ОС. Динаміка інтенсивності больового синдрому у пацієнтів після вентрального субаксіального металоспондилодезу. *Український нейрохірургічний журнал.* 2018;(3):47–54. doi:https://doi.org/10.25305/unj.139968.
6. Слинько ЕИ, Нехлопочин АС. Сравнение динамики послеоперационного регресса неврологических расстройств у пациентов, перенесших травму шейного отдела позвоночника на субаксиальном уровне, в зависимости от типа фиксирующей конструкции. *Украинский нейрохирургический журнал.* 2018;(1):84–91. doi:https://doi.org/10.25305/unj.120822.
7. Слинько ЄІ, Нехлопочин ОС. Рентгенологічна оцінка ефективності тілозамінних систем для вентрального субаксіального цервікоспондилодезу. *Травма.* 2018;19(1):65–71.
8. Слинько ЄІ, Нехлопочин ОС. Стан сегментарного кіфозу прооперованого сегмента у пацієнтів після вентрального субаксіального цервікоспондилодезу

при використанні систем стабілізації різного типу. Український нейрохірургічний журнал. 2018;(2):26–32. doi:10.25305/unj.123308.

9. Слынько ЕИ, Нехлопочин АС, Вербов ВВ. Разработка и проверка достоверности метода оценки вентральной компрессии позвоночного канала при позвоночно-спинномозговой травме. Травма. 2019;20(6):27–34. doi:10.22141/1608-1706.6.20.2019.186032.

10. Слынько ЕИ, Нехлопочин АС. Качество жизни пациентов после вентрального субаксиального цервикоспондилодеза в отдаленном послеоперационном периоде. Травма. 2019;20(2):88–95.

11. Пат. 113119 Україна, МПК А61В 6/02 (2006.01) G01R 33/44 (2006.01) Спосіб визначення сагітального розміру компримованого фактора / Нехлопочин О.С., Нехлопочин С.М. – № а 2015 08579; заявл. 03.09.2015; опубл. 12.12.2016, Бюл. № 23.

12. Слынько ЕИ, Нехлопочин АС. Состояние сегментарного кифоза оперированного сегмента при вентральном субаксиальном цервикоспондилодезе. У: Збірник наукових праць за матеріалами Науково-практичної конференції з міжнародною участю “Сучасні дослідження в ортопедії та травматології” (четверті наукові читання, присвячені пам’яті академіка ОО Коржа): тези доповідей (м Харків, 4-5 жовтня 2018 р.) Харків; 2018. С. 130–133.

13. Slynko II, Nekhlopochin AS. The correlation of pain intensity and the cervical spine alignment in patients after anterior interbody fusion. In: 3rd Eastern-European Pain Congress (7-9 June 2018, Kyiv, Ukraine). Kyiv; 2018. P. 12.

14. Слинько ЄІ, Нехлопочин ОС. Кореляційний аналіз рентгенограмметричних показників шийного відділу хребта після вентрального субаксіального спондилодезу. У: XVII конгрес Світової Федерації Українських Лікарських Товариств матеріали міжнар наук конгресу (Тернопіль, 20-22 вересня 2018). Тернолість: ТДМУ; 2018. р. 145–146.

	19
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	227
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	228
ДОДАТОК А.....	245
ДОДАТОК Б	277

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ASIA	American Spinal Injury Association
BASIC	Brain and Spinal Injury Center score
CSISS	Cervical Spine Injury Severity Score
ISNCSCI	International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury
NRS	Numerical Rating Scale
SF-36	36-Item Medical Outcomes Study Short Form
ВМС	Вентральний міжтіловий спондилодез
ДІ	Довірчий інтервал
ДТП	Дорожньо-транспортна пригода
ЗШЛ	Загальний шийний лордоз
МКЕ	Метод кінцевих елементів
МРТ	Магнітно-резонансна томографія
СБ	Сагітальний баланс
СК	Сегментарний кіфоз
СКТ	Спіральна комп'ютерна томографія
СМ	Спинний мозок
ТЗІ	Тілозамінний імплант
ТМО	Тверда мозкова оболонка
ФК	Фактор компресії
ХРС	Хребетно-руховий сегмент
ХСМТ	Хребетно-спинномозкова травма

ВСТУП

Актуальність теми. Травма шийного відділу хребта залишається одним з найважчих ушкоджень опорно-рухової системи з високою летальністю і інвалідністю. Ці ушкодження зустрічаються в 2-4,6% випадків від числа закритих травм опорно-рухового апарату з летальністю, за даними різних авторів, до 15-50%. При цьому, навіть травми без грубих анатомічних уражень спинного мозку в пізньому періоді проявляються стійким больовим синдромом, різним ступенем неврологічних розладів, порушенням функції хребта, що призводить до втрати працездатності та інвалідності в 23,5-70% випадків.

Хірургічне лікування з відновленням передньої опори при травматичному руйнуванні тіла хребця в шийному відділі хребта в даний час є загальноприйнятою тактикою.

Разом з тим, питання техніки виконання хірургічних втручань на шийних хребетних рухових сегментах, вибір способу спондилодезу, вибір імплантатів і лікувальної тактики в цілому досить суперечливі.

Поширене на перших етапах розвитку тілозамінної хірургії відновлення міжтілової опори за допомогою кісткових трансплантатів згодом було вдосконалено додатковою фіксацією вентральними пластинами, а пізніше кейджами, що забезпечує достатню стабільність спондилодезу в багатьох клінічних ситуаціях. Подальші дослідження показали, що при, здавалося б, відпрацьованих методиках спондилодезу і показів до них, ускладнення, пов'язані із застосуванням кісткових трансплантатів, за даними різних авторів, мають місце в 5-38% і більше випадків. У 12-28% випадків мають місце незадовільні результати лікування з використанням металевих пристроїв, обумовлені недостатньою стабільністю фіксації, поломками або міграцією складових частин конструкцій, пролабуванням імплантатів в тіла хребців, рецидивами деформацій та розвитком псевдоартрозів.

У зв'язку з цим, останнім часом у багатьох країнах світу впроваджені або проходять клінічну апробацію пристрої, здатні змінювати свою довжину

(телескопічні), що істотно полегшує їх підбір і установку. Частина таких пристроїв має додаткову можливість фіксації до тіл хребців кортикальними гвинтами.

Незважаючи на велику кількість існуючих на сьогоднішній день тілозамінно-стабілізуючих систем, більшість з них не відповідає повною мірою сучасним вимогам. «Розхитування» імплантату в віддаленому післяопераційному періоді виникає в зв'язку з резорбцією кісткової тканини, викликану тривалим локальним компресійним впливом.

Таким чином, літературні дані свідчать про відсутність єдиного розуміння переваг і недоліків різних варіантів спондилодезу, немає єдиної думки щодо способів стабілізації хребта при травматичному руйнуванні хребетного сегмента. Також не усунені ризики втрати корекції деформації або дестабілізації фіксації в післяопераційному періоді.

Дискутабельним і практично не освітленим залишається питання як безпосереднього, так і опосередкованого впливу типу використаної тілозамінно-стабілізуючої системи на ступінь і патерн регресу неврологічних розладів, ступінь інтенсивності больового синдрому як в ранньому, так і віддаленому післяопераційному періоді, якість життя пацієнтів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідної роботи Державної установи «Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України»: «Дослідити механізми та розробити комплекс лікувальних заходів для покращення якості життя та зменшення інвалідизації хворих з хребетно-спинномозковою травмою» за № держреєстрації 0119U000110.

Мета дослідження – підвищення ефективності методів хірургічного лікування постраждалих з хребетно-спинномозковою травмою на субаксіальному рівні шийного відділу хребта вентральним доступом, зменшення кількості післяопераційних ускладнень, поліпшення якості життя пацієнтів.

Завдання дослідження:

1. Провести порівняльну характеристику методів передньої стабілізації шийного відділу хребта при декомпресивно-стабілізуючих втручаннях спираючись на сучасні літературні дані.

2. Проаналізувати клініко-радіологічні дані характеристики травматичного ушкодження хребта на субаксіальному рівні і визначити їх взаємозв'язок та вплив на ступінь неврологічних розладів залежно від ушкодження остео-лігаментозного апарату.

3. Дослідити напружено-деформований стан кінцево-елементної моделі фрагмента хребетного стовпа при передньому спондилодезі різними тілозамінними системами.

4. Визначити показання до виконання вентральних декомпресивно-стабілізуючих хірургічних втручань при травматичному ушкодженні ШВХ на субаксіальному рівні.

5. Дослідити динаміку інтенсивності больового синдрому у пацієнтів, які перенесли вентральний субаксіальний спондилодез на різних етапах реабілітаційного періоду в залежності від застосовуваної конструкції.

6. Проаналізувати динаміку змін неврологічного статусу пацієнтів після проведеного хірургічного втручання з використанням різних тілозамінних систем та оцінити якість життя пацієнтів.

7. Дослідити результати хірургічної корекції деформацій при ушкодженні субаксіального відділу хребта залежно від типу вихідної деформації і виду імплантату.

Об'єкт дослідження – хребетно-спинномозкова травма шийного відділу хребта на субаксіальному рівні.

Предмет дослідження – методи діагностики та лікування травматичних ушкоджень шийного відділу хребта і спинного мозку на субаксіальному рівні в різні періоди; способи їх хірургічного лікування із застосуванням різних тілозамінних систем; результати лікування; неврологічний статус і больовий синдром, а також їх динаміка, якість життя пацієнтів.

Методи дослідження: загально-клінічні та клініко-неврологічні: шкали ASIA та ISNCSCI для оцінки особливостей неврологічних порушень при травматичному ушкодженні шийного відділу хребта на субаксіальному рівні, шкала NRS – для визначення ступеня болю, опитувальник SF-36 – для характеристики якості життя; нейровізуалізуючі: рентгенографія шийного відділу хребта – для визначення сагітального та сегментарного профілю шийного відділу хребта, комп'ютерна томографія (СКТ) – для визначення ступеня та характеру остео-лігаментозного ураження, магнітно-резонансна томографія (МРТ) шийного відділу хребта – для визначення ступеня ушкодження невральних структур хребетного каналу; статистичні методи аналізу – для оцінки статистичної значущості отриманих результатів.

При виконанні дисертаційного дослідження дотримані принципи біоетики.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Вперше проведено аналітичний огляд відомих систем для переднього міжтілового спондилодезу при вентральних декомпресивно-стабілізуючих втручаннях, який дозволив виявити взаємозв'язок між конструктивними характеристиками і функціональними можливостями систем.

2. Методом кінцевих елементів проведено математичне моделювання та оцінка напружено-деформованого стану шийного відділу хребта після хірургічних втручань із застосуванням телескопічного тілозамінного протезу. Виявлені переваги і недоліки в порівнянні з широко відомою комбінацією «вентральна пластина + вертикальний циліндричний сітчастий імплант».

3. Вивчена перспективність клінічного застосування телескопічного тілозамінного протезу на підставі даних спондилограм і комп'ютерних томограм в різні строки післяопераційного періоду, оцінена ефективність досягнутого спондилодезу.

4. Комплексний підхід оцінки ефективності проведеного хірургічного лікування дозволив виявити і деталізувати залежність ступеня регресу неврологічних розладів, інтенсивності больового синдрому та якості життя

пацієнтів на різних термінах реабілітації в залежності від типу використаної тілозамінно-стабілізуючої системи.

5. Оптимізовано покази до проведення хірургічного втручання із застосуванням телескопічної тілозамінної системи, що дозволило домогтися найбільш ефективного первинно стабільного спондилодезу, відновлення і збереження оптимального сегментарного і сагітального профілю шийного відділу хребта і мінімізувати частоту післяопераційних ускладнень.

Практичне значення отриманих результатів.

Теоретична і практична значущість роботи полягає в розробці для практичної охорони здоров'я оптимізованого методу хірургічного лікування хребетно-спинномозкової травми шийного відділу хребта на субаксіальному рівні.

Впровадження результатів дослідження в практику. Результати дослідження впроваджені в практику клінічної роботи відділення патології хребта та спинного мозку Державної установи «Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України».

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним науковим дослідженням автора. Спільно із науковим керівником – д-ром мед. наук, професором Слинько Є.І. сформульовано мету та завдання дослідження, обговорені результати та висновки. Дисертантом особисто проведено патентно-інформаційний пошук та аналіз наукової літератури. Автором здійснено обробку первинної медичної документації, проаналізовано результати клініко-інструментальних досліджень і лікування 140 пацієнтів із хребетно-спинномозковою травмою ШВХ на субаксіальному рівні. Здобувач приймав безпосередню участь у лікуванні тематичних хворих. Дисертантом самостійно проведено статистичну обробку результатів дослідження, сформульовано висновки та практичні рекомендації. Всі розділи дисертації написані й оформлені автором особисто.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові положення дисертації і результати досліджень доповідались та обговорювались на: науково-

практичній конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології» (Харків, 2018); 3d Eastern-European Pain Congress (Київ, 2018); XVII з'їзді Всеукраїнського лікарського товариства (Тернопіль, 2018); 2019 WFNS Special World Congress (Пекін, 2019).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 14 наукових праць: 10 статей у періодичних виданнях, рекомендованих МОН України та цитованих у міжнародних наукометричних базах, 1 патент України на винахід, 3 тези доповідей на конгресах, з'їздах, конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, огляду літератури, 4 розділів власних досліджень, заключення, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних літературних джерел, додатків. Робота викладена на 276 сторінках машинописного тексту, ілюстрована 100 рисунками, містить 51 таблицю. Список використаних літературних джерел містить 144 посилання, з них кирилицею – 51, латиницею – 93.

РОЗДІЛ 1.

ХІРУРГІЧНЕ ЛІКУВАННЯ УШКОДЖЕНЬ ШИЙНОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТІЛОЗАМІННО-СТАБІЛІЗУЮЧИХ СИСТЕМ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Перші клінічні описи пацієнтів з гострою травмою хребта і спинного мозку датуються орієнтовно 2500-1900 р. до н.е. [1]. Розвиток медицини протягом такого тривалого періоду часу безумовно дозволив досягти значних успіхів як у лікуванні, так і у реабілітації постраждалих із неврологічно ускладненими та неускладненими травматичними ушкодженнями хребта [2].

Аналіз загальної структури ушкоджень демонструє, що травма голови і скелетна травма є найбільш поширеними, зустрічаючись приблизно з однаковою частотою, і досягає 78% у пацієнтів з множинними травмами. Скелетна травма реєструється в 4 рази частіше абдомінальної і в два рази частіше торакальної травми.

Ушкодження хребетного стовпа спостерігаються приблизно у 6% пацієнтів, які перенесли будь-який травматичний вплив і які звернулися за медичною допомогою, причому практично у половини з них (2,6%) відзначаються різного ступеня вираженості неврологічні розлади, пов'язані з травмою СМ або його корінців [3]. Ушкодження на кількох несуміжних рівнях зустрічається у 15-20% пацієнтів з верифікованою травмою хребта [2].

При політравмі наявність ушкодження спинного мозку різко знижує ймовірність відновлення вітальних функцій на тлі інтенсивної терапії [4]. У пацієнтів з грубим неврологічним дефіцитом загальна летальність при первинній госпіталізації досягає 17% [5].

Травма ШВХ становить за даними різних досліджень від 25% до 30% від усіх травматичних ушкоджень хребта, визначаючи при цьому від 50 до 64% всіх ушкоджень СМ. Найбільш часто ХСМТ виникає в наслідок ДТП – більше половини випадків. Іншими поширеними причинами є падіння (25%),

вогнепальні поранення (15%) і спортивні травми (10%) [6]. Люди похилого віку більш схильні до травматичного ушкодження СМ при впливі травмуючого фактора низької інтенсивності. Так, падіння серед осіб старше 65 років в 2,8 рази частіше супроводжуються травмою СМ, ніж аналогічні у більш молодих пацієнтів [7].

Згідно досліджень, проведених в США, підвищення рівня безпеки автомобілів, вдосконалення ременів і подушок безпеки, посилення законів, що регулюють використання цих захисних пристроїв, а також обмеження швидкісного режиму за останні 30 років не сприяли значному зниженню частоти ХСМТ в результаті ДТП [2].

Ушкодження спинного мозку відбувається переважно у молодих чоловіків. Співвідношення статей 4: 1 чоловіків і жінок відповідно. Середній вік – 30 років, більше половини всіх пацієнтів, які перенесли травму спинного мозку, молодше 25 років. Клініка важкої ХСМТ реєструється у понад 50% постраждалих при первинній госпіталізації, при цьому для травм грудного відділу більш характерна група ASIA A, для шийного – ASIA B і C [8].

Пацієнти з постійним залишковим неврологічним дефіцитом потребують сторонньої допомоги і соціальної адаптації протягом усього життя. Інкрементна втрата неврологічної функції непропорційно збільшує інвалідність. Оскільки ушкодження спинного мозку в основному зачіпає молодих людей, функціональне, медичне і соціальне значення визначається переважно з точки зору втрати продуктивних років життя. У Сполучених Штатах сукупні річні прямі медичні витрати на пацієнтів з травматичним ушкодженням спинного мозку оцінюються в 7,74 мільярда доларів. При цьому, незважаючи на те, що тетраплегія, що виникає при травмі шийних сегментів СМ, представлена тільки у 10% пацієнтів з наслідками ХСМТ, на них припадає понад 80% прямих медичних витрат. Параплегія становить 4% від загальної сукупної вартості, а травми з частковим неврологічним дефіцитом (ASIA B-D) – близько 15% витрат [9, 10].

Прогресуюче вдосконалення методів терапії ХСМТ в значно більшій мірі сприяє зниженню летальності пацієнтів, ніж регресу неврологічних розладів, що визначає безперервно наростаючу соціально-економічну значимість даної проблеми.

Вибір оптимальних методів хірургічних втручань при травмі ШВХ залишається до кінця не вирішеною проблемою. Основні вимоги в лікуванні таких ушкоджень – виконання повноцінної декомпресії СМ за рахунок видалення з хребетного каналу фрагментів зруйнованих хребців з відновленням обсягу хребетного каналу, анатомічних співвідношень в ушкоджених і суміжних сегментах, шийного сагітального контуру, надійна стабілізація ушкоджених сегментів хребта в положенні досягнутої корекції [11]. В даний час розроблені і впроваджені в практику різні методи і види декомпресивно-стабілізуючих операцій, типи трансплантатів, варіанти фіксуєчих систем хребта [12].

У тих ситуаціях, коли має місце явна передня компресія нервових і судинних структур, після декомпресивного етапу операції загальноприйнятим вважається виконання вентрального міжтілового спондилодезу (ВМС) [13, 14]. Більшість авторів вказує, що оптимально декомпресію СМ і дурального мішка при ушкодженнях хребта з руйнуванням передньої опори слід проводити з передніх або передньобоккових доступів, як найбільш патогенетично обґрунтованих. Це ж стосується і відновлення передньої опори хребта при її руйнуванні без ураження СМ [15–17]. Ці доступи в повній мірі забезпечують можливість виконання основних вимог хірургічного втручання – усунення стиснення СМ шляхом часткового або повного видалення компресованого тіла хребця, заповнення кісткового дефекту, що утворився, аутокісткою або її замінниками з метою створення умов для формування кісткового зрощення сусідніх з резектованим хребців, відновлення шийного сагітального балансу і стабілізація оперованого сегменту [18].

Проте, дискусії про переваги переднього або заднього хірургічних доступів і різних способів хірургічних втручань тривають [19]. З заднього

доступу відновити передні відділи тіла хребця важко. Для доступу до тіла хребця необхідна резекція всього міжхребцевого суглоба. Значна тракція або зсув СМ при доступі до тіла хребця підвищує ризик його додаткової травми, а частота невдач при цьому досить висока [20].

Передні хірургічні доступи все частіше визнаються як найбільш доцільні при передній компресії СМ, для забезпечення можливості передньої декомпресії, надійної реконструкції фізіологічних викривлень і інструментальної фіксації. Крім того, передні доступи менш травматичні в порівнянні з задніми шийними доступами [21].

Передній хірургічний доступ забезпечує можливість швидкого і повного видалення ушкодженого тіла хребця, проведення декомпресії дурального мішка, СМ і корінців при хорошій видимості розташування уламків хребців, глибини їх проникнення в хребетний канал. Хороший огляд ушкодженого хребця, суміжних вище- і нижчерозташованих хребців дозволяє виконати відновлення передньої колони із застосуванням стабілізуючих конструкцій [22].

Характер і інтенсивність неврологічних розладів при ушкодженнях субаксіального відділу хребта корелюють із багатьма факторами. Найбільш яскравим прикладом взаємозв'язку є кореляція ступеня неврологічних розладів і величини ушкодження та ступеня зміщення хребців [23]. У той же час, прямий зв'язок між ступенем ушкодження і зміщення хребця із ступенем ураження спинного мозку не всіма авторами приймається однозначно [24]. Вказівки на кореляцію неврологічного дефіциту зі зменшенням величини хребетного каналу чергуються с повідомленнями про відсутність або незначну кореляцію між становищем фрагментів і неврологічним дефіцитом. При цьому рекомендується проводити декомпресію тільки у випадках критичного звуження хребетного каналу шляхом прямої, відкритої декомпресії дурального мішка.

Проте, у оперованих хворих частіше відзначається позитивна неврологічна симптоматика, рідше спостерігається утворення кіфотичної деформації і стенозу хребетного каналу. Незалежно від неврологічного відновлення раннє хірургічне лікування і стабілізація допомагають значно знизити частоту ускладнень травми

і почати ранню реабілітацію [25]. Результати біомеханічних досліджень з оцінки рухливості в сегментах хребців з компресійними флексійними переломами показали, що рухливість в них перевищує поріг клінічної нестабільності на 67-114% [26].

З іншого боку, питання декомпресії, як правило, вирішуються разом з необхідністю проведення стабілізації і відновлення передньої опори хребта, що само по собі є одним з методів декомпресії.

Відсутність адекватної декомпресії і стабілізації при нестабільному переломі хребта призводить в подальшому до наростання неврологічної симптоматики у 22-74% хворих, больового синдрому у 63% і, в кінцевому підсумку, до великих реконструктивних операцій [27, 28].

Тому відновлення зруйнованої передньої опори і стабілізація нестабільних ушкоджень в даний час рідко у кого викликає сумніви. В умовах нестабільного ушкодження хребетного сегмента в поєднанні з травматичним стенозом цілком логічно і доцільно поєднувати декомпресію СМ, відновлення зруйнованої передньої опори і жорстку фіксацію комплексу «імплантат-хребет».

При резекції тіла хребця з приводу будь-якої патології необхідним є заповнення кісткового дефекту на місці видаленого хребця, відновлення форми і контуру шийного відділу хребта, стабілізація хребта в положенні досягнутої реконструкції. Спектр імплантатів для заміщення резектованого тіла хребця на сучасному етапі надзвичайно широкий – від кортикально-губчастих кісткових ауто-трансплантатів до використання телескопічних ендопротезів [13, 16, 29].

Для відновлення передньої колони ШВХ при реконструктивних операціях при травмах, деструктивних та інших процесах використовуються ауто- або алотрансплантати з ребер, малогомілкової кістки, великогомілкової кістки, гребеня крила клубової кістки [30, 31].

Протягом багатьох десятиліть при хірургічному лікуванні захворювань і ушкоджень хребта «золотим стандартом» для ВМС вважалося використання кортикально-губчастих кісткових ауто-трансплантатів з крила клубової кістки [30–33], оскільки крім опорної функції вони мають остеогенні, остеоіндуктивні

та остеокондуктивні властивості [34, 35]. Однак застосування аутотрансплантата виявило ряд серйозних ускладнень: больовий синдром в зоні донорської ділянки, косметичний дефект, гематому, інфекцію, переломи клубової кістки, ушкодження судин і нервів [36].

Частота і характер порушень процесу інтеграції аутотрансплантата з суміжними хребцями, за даними літератури, вельми неоднозначні і варіабельні [11]. Ряд авторів вказують на досить великий відсоток ускладнень при кістковій аутопластиці: зміщення трансплантата відзначають в 29-68% випадків, втрату досягнутої під час операції корекції за рахунок функціональної перебудови трансплантатів – в 5-10%. Консолідація не настає у 33% хворих, кіфоз в пізньому періоді травми спостерігається в 38-64% випадків [37]. Дані вітчизняних авторів, проте, демонструють більш низький відсоток ускладнень [38, 39].

На ускладнення при використанні «золотого стандарту» в хірургії ШВХ в останні роки вказують багато авторів [30, 32]. Також звертається увага на тривалість і травматичність самої операції забору кісткових аутотрансплантатів і маніпуляцій з ними [40]. При несприятливих умовах кісткове зрощення трансплантата з материнським ложем не формується і виникає псевдоартроз, при русі голови виникає рухливість між здоровими тілами і кістковим імплантатом, імплантат не несе стабілізуючої функції. Причинами формування псевдоартрозу є: недостатнє видалення замикальних пластин в тілі здорового хребця, недостатньо щільне прилягання трансплантату до здорових тіл і його рухливість, рання мобілізація хворого, недостатня зовнішня іммобілізація, дистрофічні зміни в кістках, остеолізіс імплантату і прилеглих тіл здорових хребців [16].

У зв'язку з зазначеними ускладненнями і в міру розвитку хірургії хребта все більше з'являється потреба заміни аутокістки, з одного боку з метою зменшення травматичності втручання і можливих ускладнень, з іншого боку – в зв'язку з потребою великої кількості пластичного матеріалу. До теперішнього часу накопичений великий матеріал по використанню не тільки кісткових трансплантатів, а й їх заміників, в тому числі і біодеградууючої кераміки [41–45]. Одним з перших представників заміників тіла резектованого хребця стали

керамічні імпланти, а в подальшому сітчасті металеві циліндри (Mesh) [15, 46, 47]. Металеві сітчасті імпланти, заповнені подрібненими кістковими фрагментами, з успіхом стали використовуватися в хірургії хребта з 1986 р. [48]. Експериментальні біомеханічні дослідження показали, що вертикально встановлені сітчасті кейджі забезпечують стабільний моносегментарний міжтіловий спондилодез. Ряд дослідників вказують на позитивні результати використання титанових сітчастих імплантів з утворенням в 78-100% випадків кісткового блоку на рівні спондилодезу. Підтверджують утворення кісткової трабекулярної структури всередині сітчастих імплантів після виконання ВМС і гістологічні дослідження.

Серед інших штучних матеріалів використовуються кейджі різного розміру з CO₂ волокна, титану. Установка кейджів замість видаленого тіла хребця дозволяє досягти негайної сегментарної стабільності, корекції деформації в сагітальній площині, відновлення здатності переднього відділу хребетного стовпа протистояти навантаженням.

Практичний багаторічний досвід показав, що використання вертикальних металевих кейджів з наповнювачем не позбавлені недоліків. Серед найбільш частих ускладнень, пов'язаних із застосуванням вертикальних сітчастих імплантів, виділили такі, як пролабування кейджів в тіла хребців, незрощення з материнським ложем, міграція імплантів, що неминуче призводить до зміщення кейджа та появі кіфотичної деформації ШВХ, незрощення і рецидиву клінічної симптоматики [49]. Факторами ризику у виникненні таких ускладнень є остеопенія і остеопороз, невідповідність щільності кісткової тканини і матеріалу імплантату, надлишкова дистракція тіл хребців при установці імпланта, надмірне видалення замикальних пластин та інші [50]. Крім того, ряд робіт демонструє, що при видаленні кейджів з приводу різних ускладнень, порожнина конструкції заповнена кістковою тканиною в середньому на 31%, решту їх обсягу заповнює фіброзно-хрящова тканина.

З метою профілактики пролабування кейджів в тіла хребців були запропоновані спеціальні кільця на торцеві поверхні кейджів, призначені для

зниження вертикального навантаження на кісткову тканину тіл хребців в області безпосереднього контакту з нею металевого імплантату. Збільшення площі контакту «метал-кістка» сприяло зменшенню стресових навантажень на губчасту кістку тіла хребця, але не завжди служило надійним засобом профілактики пролабування імплантатів в тіла хребців.

Багато наукових досліджень вказують на недостатню стабільність при заміщенні дефекту після корпоректомії як кістковими кортикально-губчастими трансплантатами, так і вертикальними циліндричними сітчастими імплантами, а жорстка фіксація може бути забезпечена тільки за рахунок додаткової вентральної міжтілової фіксації пластинами [48].

Вперше металева пластина з гвинтами для додаткової фіксації шийного відділу хребта при передньому доступі була використана J. Bohler в 1964 році і результати були опубліковані у 1967 році [51]. Широке поширення з початку 80-х років отримали системи пластин і гвинтів, запропоновані R. Orozco-Declos і співавт. (2002) та W. Caspar і співавт. (1982). Гвинти в цих конструкціях в самій пластині не закріплені і для міцної фіксації повинні були проводитися через два кортикальних шари хребця (бікортикальна фіксація), що збільшувало ризик ушкоджень спинного мозку і корінців. E. Morsher і співавт. в 1986 році запропонували стабілізуючу систему, в якій гвинти фіксуються в самій пластині і блокуються від розкручування [52]. Це підсилює кріплення пластини до кістки, надає конструкції додаткову міцність і безпеку. Оскільки при використанні цих пластин не було необхідності проводити гвинти через два кортикальних шари хребця, їх назвали монокортикальними. Пластини стали виготовлятися з титану, що зробило можливим проводити в подальшому МРТ дослідження. Недоліком цих пластин є заданий напрямок гвинтів, що може створювати труднощі, коли потрібно ввести гвинт під іншим кутом. В останні роки почали випускати універсальні системи, де гвинти і блокуються, і можуть бути введені під різними кутами.

Різні імплантати, укріплені пластиною, до теперішнього часу часто використовуються при заміщенні видаленого тіла хребця з метою посилення

стабілізації хребта. Передній спондилодез із застосуванням передньої цервікальної пластини в 89% приводить до кісткового зрощення тіл хребців [53].

Але навіть дотримання правила обов'язкової додаткової міжтілової фіксації за допомогою цервікальної пластини при установці кейджів також не виключає можливості демонтажу конструкції і пролабування кейджів в тіла хребців [32]. Існують повідомлення про пролабування імплантату в тіла контактних хребців в 42-50% випадків навіть після додаткової фіксації тіл шийних хребців передніми пластинами [54].

Дослідження, засновані на оцінці віддалених результатів хірургічного лікування ушкоджень хребта та спинного мозку з застосуванням інструментальної фіксації, виявили 23-58% ускладнень від загального числа випадків [29]. За даними різних авторів, при додатковій фіксації передніми цервікальними пластинами зустрічаються такі ускладнення, як міграція чи поломка гвинтів, часткове пролабування імплантатів в тіла хребців [32].

Ряд робіт демонструє, що при нестабільних варіантах травми, коли є ураження всіх опорних структур хребта або ураження хребта на декількох рівнях, застосування пластин не може гарантувати його стабільність [55].

Причинами демонтажу, поломки конструкції, дестабілізації комплексу «імплантат-хребет» і інших порушень можуть бути як недосконалість застосовуваної конструкції, так і невраховані особливості біомеханіки імплантату, хребетного сегмента і комплексу «імплантат-хребет» в кожному конкретному випадку [56].

Проведення додаткового заднього доступу після передньої корпоректомії збільшує стабільність сегмента, але значно збільшує тяжкість і агресивність втручання [57].

Незважаючи на те, що за останні кілька десятиліть розроблено і успішно впроваджено в клінічну практику значну кількість конструкцій для переднього міжтілового спондилодезу, пошук і оптимізація фіксуючих біомеханічно обґрунтованих конструкцій триває. Для поліпшення якісних характеристик ВМС і оптимізації процесу його виконання в клінічній практиці використовуються

різні фіксуючі пристрої, іменовані в спеціальній вітчизняній та іноземній літературі як тілозамінні ендопротези [58].

Використання ендопротезів тіл хребців підвищує надійність ВМС і в багатьох випадках дозволяє уникнути додаткової фіксації сегменту з заднього доступу, дає можливість проводити ранню реабілітацію хворих, скорочує терміни зовнішньої іммобілізації [59].

Однак, при корпоректомії імплантація кейджів, що не розсуваються, часто призводить до небажаних ефектів. Відповідність кейджів напрямку замикальних пластин і величині дефекту іноді не вдається отримати в повній мірі, тому що торцеві поверхні у них виготовляються із заданим нахилом та заданої величини і їх доводиться адаптувати під час операції. Кейдж може встановлюватися в нахиленому положенні і виправити його досить складно. Якщо під час операції виникає необхідність виправити позицію кейджа або витягти його, пошкоджується передній край тіла хребця [60]. Біомеханічними дослідженнями продемонстрована найбільша міцність телескопічних імплантатів серед всіх інших відомих пристроїв стосовно сили аксіального навантаження, флексії, екстензії, торсії.

ВМС металевими імплантатами має певні особливості, які обумовлені різницею модулів пружності кісткових структур тіл хребців і металу, конструктивними характеристиками і функціональними можливостями кейджів. В процесі відновлення сагітального балансу і стабілізації ХРС в необхідному положенні виникає певний локальний тиск торцевих країв ендопротезів на замикальні пластини хребців. Ця обставина може викликати резорбцію кісткової тканини, оскільки при навантаженнях на хребет деформується тільки кісткова тканина. Виникають стресові напруги в системі «кістка-імплантат». Імплантат «розбиває» кісткові структури суміжних хребців, ендопротез розхитується, висота міжхребцевого простору зменшується, підвищується ризик міграції імплантату (просідання конструкції в тіла хребців) в післяопераційному періоді з втратою досягнутої інтраопераційної корекції хребта і як результат неспроможність спондилодезу. Імовірність такого ускладнення залежить і від

вихідного стану кісткової тканини. З метою підвищення адаптації країв ендопротеза до конфігурації замикальних пластин хребців і для рівномірного розподілу компресійної напруги опорні поверхні накладок виконуються під певним кутом щодо осі імплантату [61]. Розсувні ендопротези, в основному, мають циліндричну форму. Однак, деякі кейджі виконані у вигляді паралелепіпеду. Така форма сприяє збільшенню площі контакту торцевих країв імплантату і його наповнювача з тілом хребця [62].

Незважаючи на застосування перерахованих конструктивних рішень, локальний компресійний тиск на тіла хребців з боку металоконструкцій залишається досить високим і знижує фіксуючі можливості кейджів [15]. Численні дослідження вказують на те, що незважаючи на досить високі стабілізуючі властивості нерозсувних і телескопічних протезів тіла хребця, резорбція, яка настає на контактних поверхнях, призводить до різних ускладнень, що визначає необхідність доповнювати ці конструкції фіксацією ушкоджених сегментів пластинами [29].

Досягнення в хірургії хребта і великий різновид імплантатів висувають такі вимоги до ендопротезів, що застосовуються для заміщення тіл хребців при реконструктивних операціях [63]:

- Можливість тілозаміщення і реклінація.
- Можливість стабілізації.
- Створення умов для формування кісткового блоку.

Реклінація. Реклінація повинна давати можливість відновлення фізіологічних розмірів ХРС і корекції сагітального балансу (СБ). Тілозамінні ендопротези, що імплантуються, повинні мати певний необхідний розмір, що залежить від величини кісткового дефекту, який утворився після корпоректомії або резекції тіла хребця.

Ендопротези з фіксованим розміром і відсутністю можливості дозованої корекції вертикального розміру оперованого сегмента можна віднести до моноблоків фіксованої висоти. Для підбору в кожному конкретному випадку потрібного розміру протезу необхідний великий набір типорозмірів імплантатів.

Існують моноблоки з можливістю формування вертикального розміру під час операції. При використанні таких кейджів можуть виникати складнощі у визначенні їх оптимального розміру і імплантат може бути сформований більшою або меншою висотою.

У першому випадку це зумовлює високу напругу, викликану компресійним навантаженням ХРС в системі «метал-тіло хребця» і веде до прискорення процесів резорбції кісткової тканини, підвищує ризик пролабування (міграції) імплантату в тіла хребців.

У разі, коли довжина кейджа менше необхідного розміру, спроба відновлення сагітального балансу буде неефективною, тобто не буде досягнута необхідна реклінація сегмента. Відсутність стабільності ендопротезу в міжтіловому проміжку призведе до його рухливості.

До цієї групи належать всі нерозсувні кейджі і монолітні ендопротези. Більш ефективними і досконалими при відновленні передньої опори є телескопічні системи. Вони оптимізують процес корекції СБ за рахунок можливості дозованої зміни відстані між хребцями, суміжними з резектованим, що є головною перевагою даних систем і дозволяє максимально реалізувати поставлені перед ними завдання.

Стабілізація. За ефективністю стабілізації можна оцінювати конструкції тільки тілозамінні. Для профілактики вторинних ускладнень і дислокації імплантату вони вимагають додаткової фіксації пластинами або транспедикулярними системами.

Конструкції з інтегрованими в них функціями пластин дозволяють стабілізувати ХРС без використання додаткової фіксації. Такі імплантати роблять втручання менш травматичним, дозволяють досягти необхідного результату за допомогою одного доступу і однієї конструкції, скорочують час і зменшують собівартість інструментального забезпечення операції. У той же час, конструктивні особливості таких ендопротезів не передбачають заповнення аутокісткою або її замінниками, що обмежує можливості формування адекватного кісткового блоку [34, 64].

Створення умов для формування кісткового блоку. Телескопічні імплантати досить ефективні при інтраопераційній корекції СБ. Однак відсоток післяопераційних ускладнень, пов'язаних з міграцією конструкцій, залишається досить високим [65]. Для виключення пізніх зсувів імплантату необхідно кісткове зрощення наповнювача імплантату з материнським кістковим ложем [60]. У зв'язку з цим, однією з важливих характеристик тілозамінних ендопротезів є забезпечення умов для формування опороздатного кісткового блоку в зоні імплантації. Тим часом, наявні конструкції часто не сприяють формуванню ефективного кісткового блоку через недостатній обсяг порожнини, що заповнюється аутокісткою або її заміниками, малою площею і щільністю контакту наповнювача з замикальними пластинами тіл хребців.

Оцінка поєднання діапазону і ефективності вирішення конструкцією поставлених завдань дозволяє розділити їх на наступні групи.

I. Конструкції з функцією «Реконструкція». Деякі особливості конструкцій ADD, Obelisc®, TeCorp, Телур, X-MESH, XRL, Xpand, XPAND-R, GIZA, VBR-Actipore, ECD, Hydrolift, Synex System обмежують їх ефективність в створенні умов для формування кісткового зрощення хребців оперованого хребтового рухового сегмента (Рис. 1.1., 1.2., 1.3). Прикладом може служити ендопротез ADD. Кейдж зручний в експлуатації, не вимагає додаткових інструментів (ретракторів), проте механізм його розсування знаходиться всередині конструкції, що зменшує обсяг порожнини для заповнення біо- або композитним матеріалом. Імплантати цієї групи досить ефективні в якості реклінуючих систем. При їх використанні необхідна додаткова стабілізація сегмента або сегментів вентральними пластинами або транспедикулярними системами.

II. Конструкції з функцією «Реконструкція + стабілізація». Імплантати ADDplus, BodyVertEx, Моноліт, FORTIFYI мають більш широкий діапазон функціональних характеристик за рахунок можливості отримання необхідної реклінації та стабілізації хребетного рухового сегмента. Тобто вони одночасно виконують і функції конструкцій групи А, і функції вентральних пластин (Рис. 1.4).

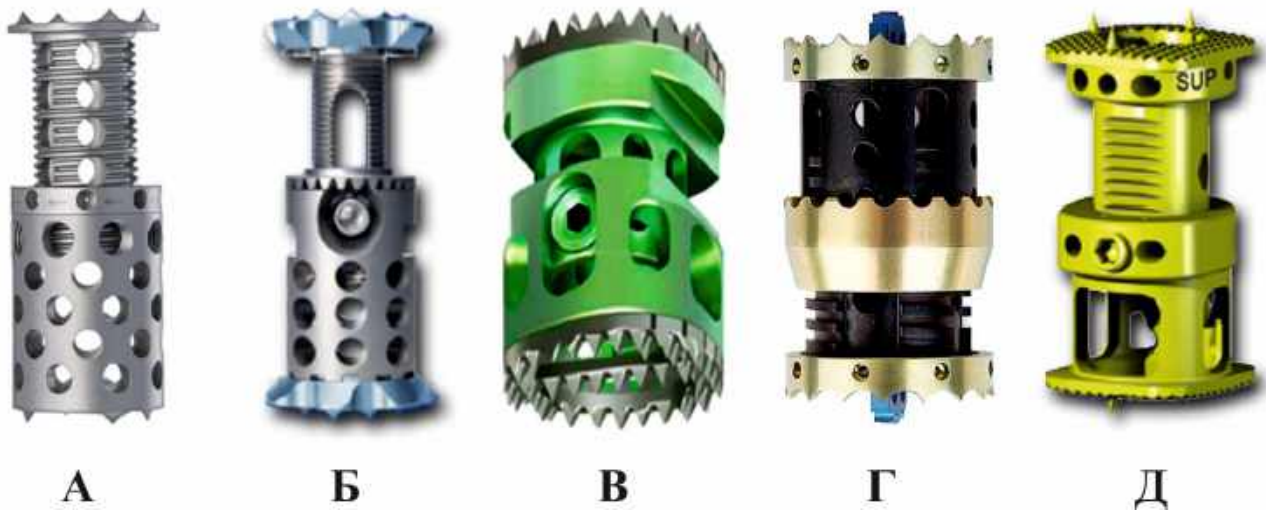


Рис. 1.1. Конструкції тілозамінних ендопротезів для переднього спондилодезу з функцією «реконструкція»: а) ADD™ (Ulrich medical® spinal systems); б) Obelisc™ (Ulrich medical® spinal systems); в) TeCorp™ Телескопічна корпоректомічна система (Alphatec Spine); г) Телур (ТОВ НПІО Медеталь®); д) X-MESH™ (DePuy Spine, Inc);

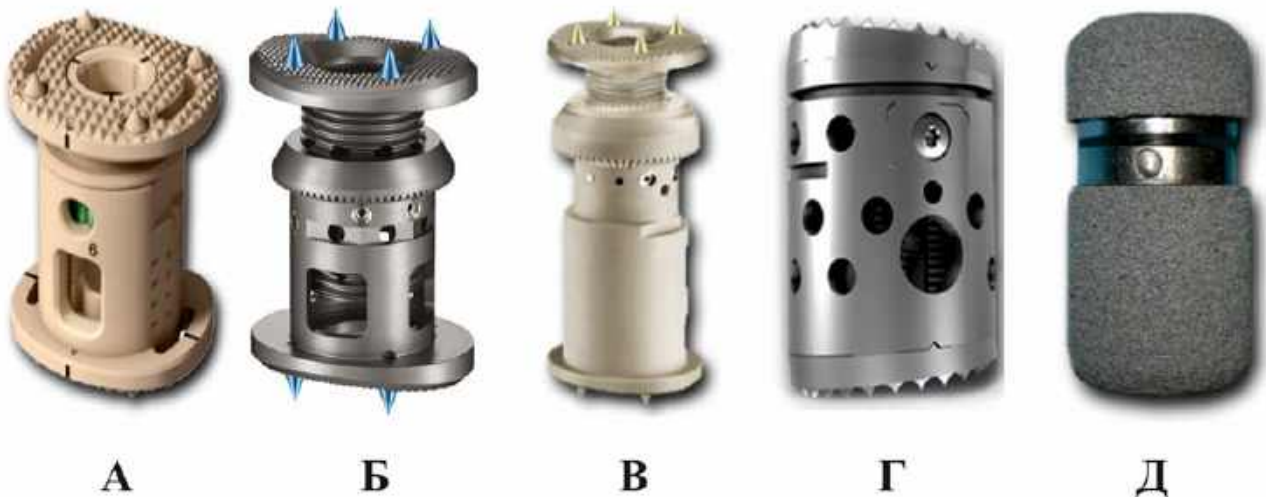


Рис. 1.2. Конструкції тілозамінних ендопротезів для переднього спондилодезу з функцією «реконструкція»: а) XRL System™ (Synthes® Spine); б) XPand® (Globus medical); в) Xpand®-R (Globus medica) I; г) Giza™ (Eden Spine®); д) VBR-Actipore;

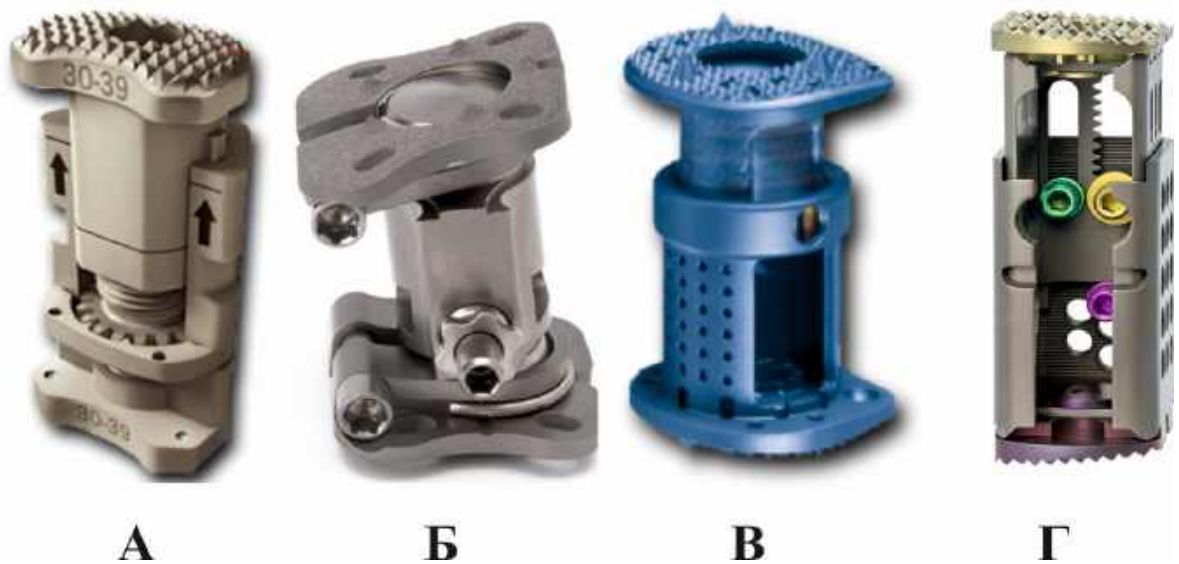


Рис. 1.3. Конструкції тілозамінних ендопротезів для переднього спондилодезу з функцією «реконструкція»: а) ECD; б) Hydrolift (Aesculap® Implant Systems); в) Synex System™ (Synthes® Spine). г) Synex System™ (Synthes® Spine).

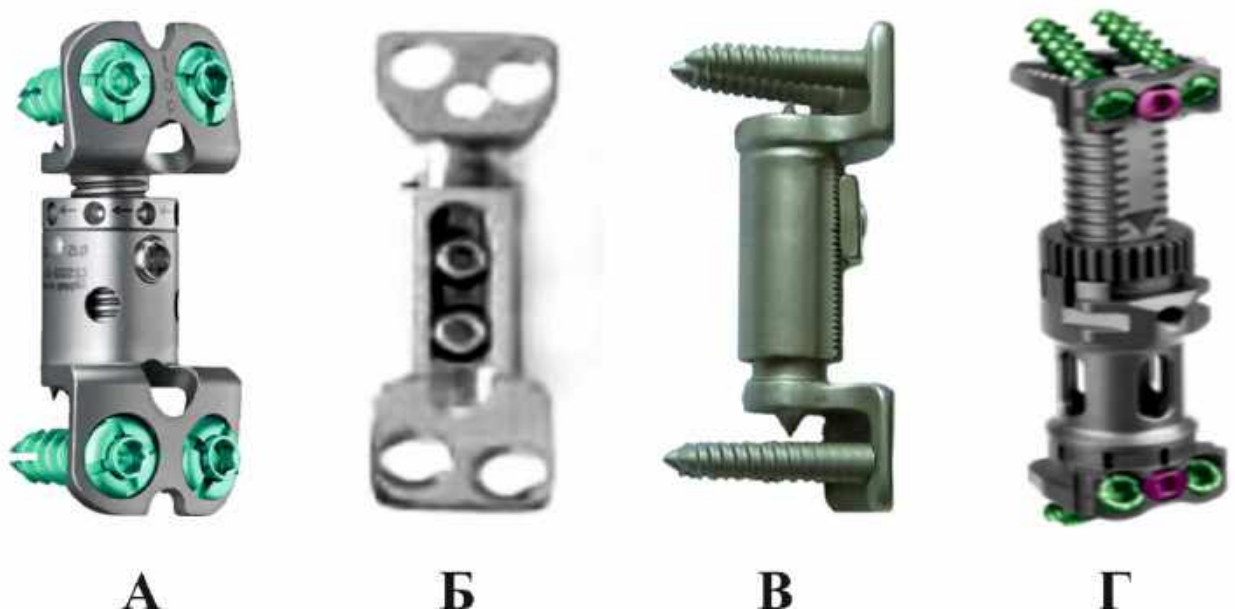


Рис. 1.4. Конструкції тілозамінних ендопротезів для переднього спондилодезу з функцією «реконструкція + стабілізація»: а) ADDplus™ (Ulrich medical® spinal systems); б) BodyVertEx (Інмед); в) Моноліт (Медбіомех); г) FORTIFY (Globus Medical Inc.).

III. Конструкції з функцією «реконструкція + порожнина для матеріалу». Величина порожнини для наповнювача у моноблочних конструкцій точно більше, ніж у телескопічних систем. Найбільш близькими до конструкції Mesh, з цієї точки зору, є телескопічні імплантати X-tenz, VERTE-SPAN, VBR, VLIFT (Рис. 1.5).

Вони виконують функцію реконструкції і в тій чи іншій мірі забезпечують умови для утворення кісткового зрощення хребців. При цьому необхідно зазначити, що величина обсягу порожнини для наповнювача в телескопічних кейджах залежить від конструктивних особливостей імплантату, тобто від їх загального об'єму та об'єму, займаного розсувним механізмом. Зазначені ендопротези застосовуються в поєднанні з додатковими стабілізуючими системами (вентральні пластини або транспедикулярні системи).

IV. Конструкції з функцією «Реконструкція + стабілізація + створення умов для утворення кісткового блоку». Ендопротези цієї групи раціонально поєднують технічні характеристики, що дозволяють максимально підвищити клінічну результативність переднього металоспондилодезу. Вони ефективні при реконструкції і стабілізації оперованого хребтового рухового сегменту, роблять можливим формування опороздатного кісткового блоку за рахунок наявності значних обсягів порожнини для наповнювача (аутокістка або її замітники). Звертає на себе увагу імплантат TPS (Рис. 1.6), який забезпечує максимальну площу контакту в системах «метал-кістка» і «матеріал-кістка».

Його конструкція робить можливим ущільнення матеріалу в зоні контакту з тілом хребця після установки в кістковому дефекті і реклінацію хребетного рухового сегмента. Однак, значна величина отворів на бічних поверхнях може створювати складності в щільному заповненні матеріалом (фрагментована аутокістка або її замітники) внутрішньої порожнини. Крім того, відсутність значущих зубців на торцях знижує стабілізуючі можливості кейджа.

У той же час можливості передньої внутрішньої жорсткої фіксації кейджами мало вивчені. У доступній літературі мало робіт, присвячених вивченню



Рис. 1.5. Конструкції тілозамінних ендопротезів для переднього спондилодезу з функцією «реконструкція + порожнину для матеріалу»; а) Xenos Cage Mesh System For Spine (Biotec®); б) Verte-Spantm (Medtronic Sofamor Danek); в) VBRTM (Ulrich medical® spinal systems); г) VLIFT (Stryker). д) X-tenz™ (Königsee Implantate GmbH)



Рис. 1.6. Telescopic Plate Spacer. TPS™ (Interpore Cross International®)

оптимального поєднання технічних і біомеханічних характеристик конструкцій, ефективності використання їх порожнин для наповнювачів.

Оптимальна конфігурація торцевих поверхонь конструкцій повинна передбачати раціональне поєднання площі контакту елементів конструкції і площі контакту наповнювача з тілами хребців, що значно впливає на функціональні можливості імплантатів. Для зменшення величини стресових навантажень в зоні контакту протеза з замикальними пластинами тіл хребців необхідно збільшити площу контакту конструкції з кісткою [66]. У зв'язку з цим торцеві краї імплантатів виконують суцільними (Моноліт (Медбіотех)) (Рис. 1.4в), з обмежувальними накладками з шипами (Obelisc™ (Ulrich medical® spinal systems)) (Рис. 1.1б), з перфорованими отворами різного діаметру (Synex System™ (Synthes® Spine)) (Рис. 1.3в), з додатковими елементами (перемичками) (TeCorp Scient'x (Alphatec Spine)) (Рис. 1.1в).

Збільшення площі контакту ендопротеза з тілом хребця закономірно призводить до зменшення контакту в системі «наповнювач-тіло хребця», внаслідок чого зменшується обсяг порожнини конструкції і знижується ймовірність формування повноцінного кісткового блоку.

Кісткове зрощення наповнювача з тілом хребця відбувається за умови їх щільного контакту. Недотримання цього правила викликає утворення кістково-фіброзного зрощення. Заповнення кейджа матеріалом, якщо таке передбачено, в основному відбувається до розміщення його в кістковому дефекті. Реклінація сегменту внаслідок збільшення вертикального розміру конструкції призводить до утворення дефекту наповнення між матеріалом і тілом хребця. Отвори на бічних поверхнях кейджів або відсутність вентральної стінки можуть бути використані для додавання матеріалу в кейдж після його установки [67].

Однак, розташування отворів в одній половині конструкції (XRL System™ (Synthes® Spine)) (Рис. 1.2а), а також їх величина (FORTIFY® (Globus medical)) (Рис. 1.4г), ускладнює рівномірне ущільнення матеріалу в ендопротезах, що є особливо актуальним на його полюсах.

Таким чином, з урахуванням конструктивних особливостей, характеру і способу заповнення порожнини імплантату наповнювачем можна виділити три групи ендопротезів:

- заповнення кейджа наповнювачем до установки в кістковому дефекті (VLIFT (Stryker)) (Рис. 1.4г);
- заповнення кейджа після установки в кістковому дефекті (X-tenz™ (Königsee Implantate GmbH)) (Рис. 1.5д);
- можливість додаткового введення наповнювача після установки в кістковому дефекті (Verte-Spantm (Medtronic Sofamor Danek)) (Рис. 1.5б).

Наведені дані свідчать про те, що можливість додаткового введення матеріалу в зону його контакту з тілом хребця після установки імплантату, передбачена його конструкцією, має велике значення в досягненні необхідної щільності наповнення для створення умов формування кісткового, а не кістково-фіброзного блоку [68].

З огляду на зазначені конструктивні та функціональні можливості ендопротезів і значення їх характеристик для повноцінного зрощення імплантату з материнським ложем можна зробити висновок, що вдосконалення телескопічних ендопротезів має проводитися з оптимальним поєднанням міцності, площі контакту ендопротеза і наповнювача з кісткою, об'ємом внутрішньої порожнини протеза.

Біомеханічні дослідження є невід'ємною і незамінною частиною вивчення анатомічних, функціональних і міцнісних властивостей елементів скелета людини. Біомеханічні дослідження хребта дозволяють зрозуміти нормальний стан і особливості різних елементів хребетних сегментів, ступінь порушення анатомічних структур і функції в них, зміни в сегментах при травмах, особливості елементів для заміщення зруйнованих структур, і дають обґрунтування застосуванню тих чи інших методів лікування. Для вибору оптимальних пристроїв, способів їх фіксації і самих способів спондилодезу вони можуть бути основними при вирішенні спірних питань, що виникають як у

наукових дослідженнях, так і в клінічній практиці хірургії хребта і, зокрема, його шийного відділу [69].

В даний час використовується широкий спектр біомеханічних досліджень, серед яких можна виділити експериментальні біомеханічні дослідження анатомічних препаратів ШВХ людини, анатомічних препаратів ШВХ лабораторних тварин, в тому числі з імплантацією протезів тіл хребців і дисків [70]. Так Jie Qin et al. (2012), під час дослідження заміщення тіл хребців і хребетного комплексу в шийному відділі переднім доступом на вівцях, вказував, що це найбільш близький до людини по анатомо-функціональних характеристиках об'єкт.

Все частіше ці методи замінюються більш сучасними підходами, що не вимагають експериментів на тваринах або на анатомічних препаратах.

Це біомеханічні дослідження за допомогою фізичних моделей [71], вивчення біомеханічних властивостей хребетних сегментів після переднього спондилодезу за допомогою стереофотограмметрії за рентгенограмами хворих [72]. В останні роки приділяється увага вивченню біомеханічних показників за допомогою тривимірної реконструкції комп'ютерної томографії [73].

Найбільш часто використовуваним методом останнім часом вважається метод математичного моделювання, а в світовій практиці відзначається все більш зростаючий інтерес до цього методу дослідження [74, 75]. До одного з варіантів математичного моделювання відноситься метод кінцевих елементів (МКЕ). Експериментальні дослідження біомеханічних характеристик хребта з використанням МКЕ було розпочато ще в 1973 р. У наступні роки цей метод набуває широкого застосування у вивченні поперекового відділу хребта, інших відділів опорно-рухової системи, вивченню міцнісних властивостей імплантатів [74, 76–78]. І до кінця 90-х років минулого століття МКЕ стає найбільш поширеним варіантом математичного моделювання.

Численні дослідження в подальші роки показали, що цей метод дослідження біомеханічних властивостей досліджуваного об'єкта дає

можливість замінити складні експериментальні дослідження менш трудомісткою і вельми достовірною моделлю [79].

На основі СКТ-зрізів хребетних сегментів *in vivo* з використанням МКЕ є можливість відображати реальне співвідношення елементів ХРС. За допомогою МКЕ можливі дослідження рухів в ХРС без навантажень і з навантаженнями, визначення напружено-деформованого стану (НДС) шийних сегментів. Останню якість не представляється можливим вивчати будь-якими іншими методами дослідження біомеханіки хребта. Тому використання МКЕ незамінне для отримання важливої інформації про розподіл внутрішніх напружень в ХРС при різних варіантах спондилодезу з використанням різних варіантів імплантатів. В даний час МКЕ вважається найбільш достовірним і науково-обгрунтованим методом вивчення НДС при різних патологічних станах хребта (травми, зміщення, пухлини та ін.), при різних варіантах навантаження [80].

Таким чином аналіз літературних даних показав, що метод кінцевих елементів і вивчення напружено-деформованого стану в окремих елементах ХРС необхідний при вивченні різних методів спондилодезу, оцінці їх ефективності, безпеки та перспективності.

ВИСНОВОК

Проведений аналіз сучасного стану проблеми лікування ушкоджень шийного відділу хребта показав, що ряд питань залишаються дискусійними і вимагають вивчення. Зокрема, зберігаються суперечності щодо вибору типу конструкцій для заміщення резектованого тіла хребця. Найбільш актуальним і маловивченим залишається питання про вплив ступеня і характеру спондилометричних змін, що реєструються в післяопераційному періоді на клінічну картину і динаміку відновлення у пацієнтів, які перенесли ХСМТ на субаксіальному рівні.

Вирішенню перерахованих наукових завдань присвячено дане дослідження.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Загальна характеристика клінічної групи постраждалих.

Клінічний матеріал склали 140 пацієнтів з різними за характером і локалізацією ушкодженнями субаксіального відділу хребта, які проходили лікування в клініці Патології спинного мозку ДУ ІНХ НАМН в період з 2008 по 2018 рр.

Критеріями включення в дослідження служили:

- Наявність травматичного ушкодження одного хребця або хребетно-рухового сегмента шийного відділу на субаксіальному рівні, що вимагає хірургічного лікування.

- Вік пацієнтів в діапазоні 18-70 років.
- Термін з моменту травми до виконання хірургічного втручання не більше 2 тижнів.
- Наявність задокументованих не менше 2 з 3 передбачених контрольних післяопераційних оглядів, виконаних у встановлений термін.

- Наявність інформованої згоди пацієнта.

Критерії виключення:

- Наявність в анамнезі травм і/або хірургічних втручань на шийному відділі хребта або органах шиї.
- Наявність до травми анамнестично і/або інструментально підтверджених запальних, неопластичних змін шийного відділу хребта, а також клінічно значущих проявів дегенеративно-дистрофічних процесів
 - Системні захворювання сполучної тканини (хвороба Бехтерева, хвороба Форестьє, осифікація задньої поздовжньої зв'язки і ін.)
 - Наявність неврологічного дефіциту до травми будь-якої етіології і ступеня вираженості (в результаті наслідків ЧМТ, ХСМТ, демієлінізуючих процесів ЦНС, ушкоджень периферичних нервів і ін.).

- Наявність підтвердженого неопластического процесу будь-якої локалізації.
- Наявність стійких порушень психіки і поведінки.
- Будь-яка соматична патологія в стадії декомпенсації.
- Оцінка за Injury Severity Score на момент надходження більше 30 балів.
- Наявність післяопераційних інфекційно-запальних ускладнень протягом усього терміну спостереження.
- Відмова від виконання післяопераційних рекомендацій.

Всім пацієнтам виконувалися декомпресивно-стабілізуючі втручання з вентрального доступу на субаксіальному рівні. Залежно від способу стабілізації оперованого сегмента, постраждали були розподілені на дві клінічні групи. У першій групі, до якої увійшли 72 пацієнта, виконана передня декомпресія спинного мозку шляхом субтотальної резекції тіла ушкодженого хребця та проведений міжтіловий спондилодез з використанням вертикального циліндричного сітчастого імплантата типу «mesh» в поєднанні з вентральною ригідною пластиною. У другій групі – 68 пацієнтів – виконувалася аналогічна передня декомпресія спинного мозку і передній міжтіловий спондилодез з використанням телескопічного тілозамінного імплантату (ТЗІ) типу В (що не вимагає додаткової фіксації ушкодженого ХРС вентральною пластиною).

Всім пацієнтам протягом двох місяців післяопераційного періоду було рекомендовано носіння жорсткого головотримача типу Філадельфія. Рекомендовані терміни контрольних оглядів склали: 2, 6 і 12 місяців після проведеного хірургічного втручання.

Всім пацієнтам в доопераційному та ранньому післяопераційному періоді виконувалася МРТ ШВХ. СКТ ШВХ проводилася в доопераційному періоді і в ряді випадків в ранньому післяопераційному періоді (в разі потреби більш детальної візуалізації розташування стабілізуючої системи і оцінки повноти декомпресії структур хребетного каналу). Рентгенографія шийного відділу хребта в передньо-задній і бічній проекціях виконувалася до операції, інтраопераційно, в ранньому післяопераційному періоді після вертикалізації

пацієнта (в положення «стоячи» або «сидячи» в залежності від ступеня вираженості неврологічних розладів), а також під час післяопераційних контрольних оглядів. Оцінка неврологічного статусу за шкалою ISNCSCI виконувалася при госпіталізації (в доопераційному періоді), при виписці, при контрольних оглядах. Оцінка інтенсивності больового синдрому із застосуванням цифрової рейтингової шкали проводилася при виписці і під час контрольних оглядів. Оцінка якості життя проводилася в термін 12 місяців післяопераційного періоду.

Загальна схема діагностичних процедур в залежності від термінів спостереження представлена в табл. 1 (Додаток А).

В якості основних параметрів, що підлягають подальшому аналізу, в доопераційному періоді розглядалися:

- Рівень неврологічних розладів.
- Ступінь деформації ушкодженого хребетно-рухового сегмента.
- Стан сагітального профілю шийного відділу хребта.

Оцінка рівня неврологічного дефіциту проводилася шляхом розподілу пацієнтів за групами відповідно до ASIA Scale. При цьому до групи А віднесено 16 постраждалих (11,43%), В – 29 пацієнта (20,71%), С – 26 пацієнтів (18,57%), D – 47 пацієнтів (33,57%) і Е – 22 пацієнта (15,71%).

Рівень неврологічних розладів в межах аналізованих груп відображений на *Рис. 2.1*. Різниця між групами статистично не значуща: $\chi^2=2,507$, $df=4$, $p=0,643$.

З метою більш детальної оцінки розраховувалися значення балів по ISNCSCI. Розподіл отриманих значень загальної суми балів за шкалою в межах аналізованих груп представлено на *Рис. 2.2*.

Загальна сума балів для першої групи склала 204,57 (95% ДІ: 82,89÷115,44; $n=72$), а для другої – 184,13 (95% ДІ: 87,08÷122,48; $n=68$). При цьому, $\chi^2=7,62$, $df=7$, $p=0,472$, що дозволяє розглядати різницю статистично не значущою, вибірки однорідними і відповідно виконувати подальший аналіз. Зведена характеристика неврологічного статусу пацієнтів в доопераційному періоді представлена в табл. 2 (Додаток А).

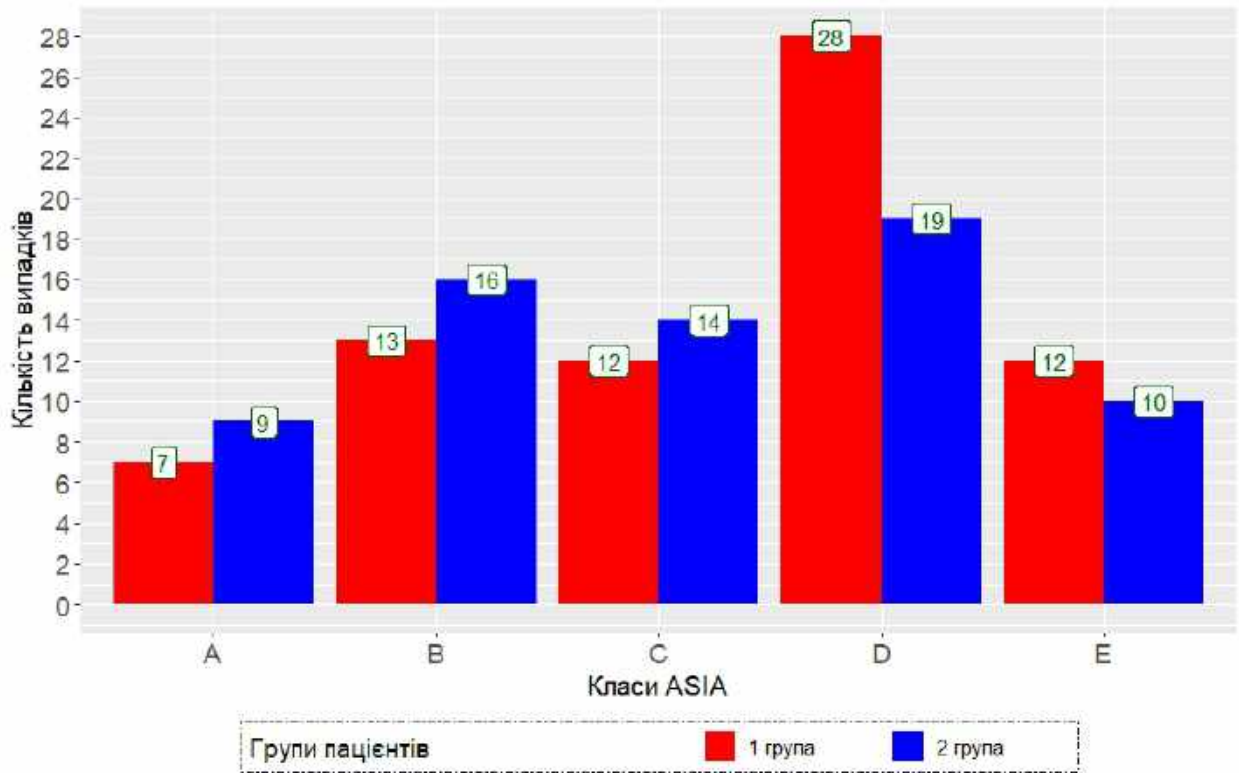


Рис. 2.1. Розподіл пацієнтів аналізованих клінічних груп за рівнем неврологічних розладів згідно ASIA scale в доопераційному періоді

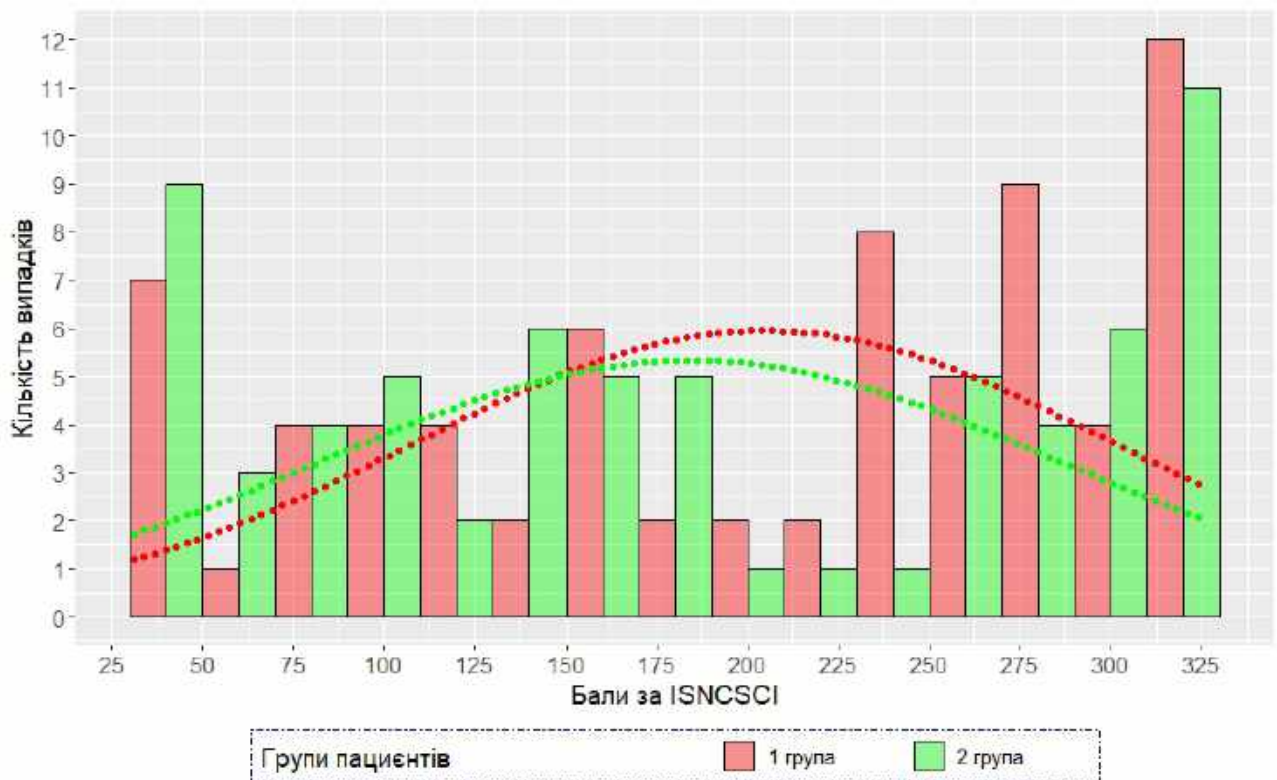


Рис. 2.2. Розподіл показника суми балів за шкалою ISNCSCI в клінічних групах.

При аналізі показників сегментарного кіфозу в доопераційному періоді відзначається наступна картина (*Рис. 2.3*). У всіх аналізованих випадках реєструється значна локальна деформація ШВХ. Так, медіана для всіх аналізованих пацієнтів становить $11,01^\circ$ (95% ДІ: $7,220 \div 9,150$). При цьому, коефіцієнт варіації становить 73,28, що скоріш за все обумовлено наявністю різних за характером і мірою ушкоджень.

В межах аналізованих груп зареєстровані наступні показники: в першій клінічній групі сегментарний кіфоз склав $10,43^\circ$ (95% ДІ: $6,800 \div 9,460$), у другій, відповідно, $11,63^\circ$ (95% ДІ: $7,060 \div 9,930$). Різниця між групами статистично не достовірна ($\chi^2=5,3$, $df=7$, $p=0,623$).

Показники загального шийного лордозу аналізованих пацієнтів також характеризуються високою варіабельністю. Так, коефіцієнт варіації становить -132,59 при значенні медіани $-11,50^\circ$ (95% ДІ: $-14,05 \div -8,95$). Розподіл показника загального шийного лордозу по групах представлено на *Рис. 2.4*.

У першій клінічній групі показник ЗШЛ склав: $-10,87^\circ$ (95% ДІ: $-14,38 \div -7,36$), у другій: $-12,16^\circ$ (95% ДІ: $-15,95 \div -8,38$). Групи статистично однорідні ($\chi^2=3,69$, $df=8$, $p=0,884$).

Аналіз розподілу додаткових факторів

В якості додаткових параметрів, що характеризують однорідність вибірки і теоретично впливають на фінальний результат лікування, розглядалися: стать, вік, обставини отримання травми, час з моменту травми до виконання хірургічного втручання, рівень ушкодження, характер ушкодження, ступінь ушкодження, розмір фактору компресії, ступінь МРТ змін СМ.

При аналізі розподілу пацієнтів за статтю, зазначено, що кількість чоловіків становила 115 пацієнтів (82,14%), жінок відповідно 25 (17,86%). Розподіл по групах відображений на *Рис. 2.5*. Відмінності за гендерною ознакою між аналізованими групами статистично не значимі ($\chi^2=0,081$, $df=1$, $p=0,77$).

При аналізі параметра вік використовувалося значення повних років на момент надходження до стаціонару. Розподіл пацієнтів за віковими категоріями

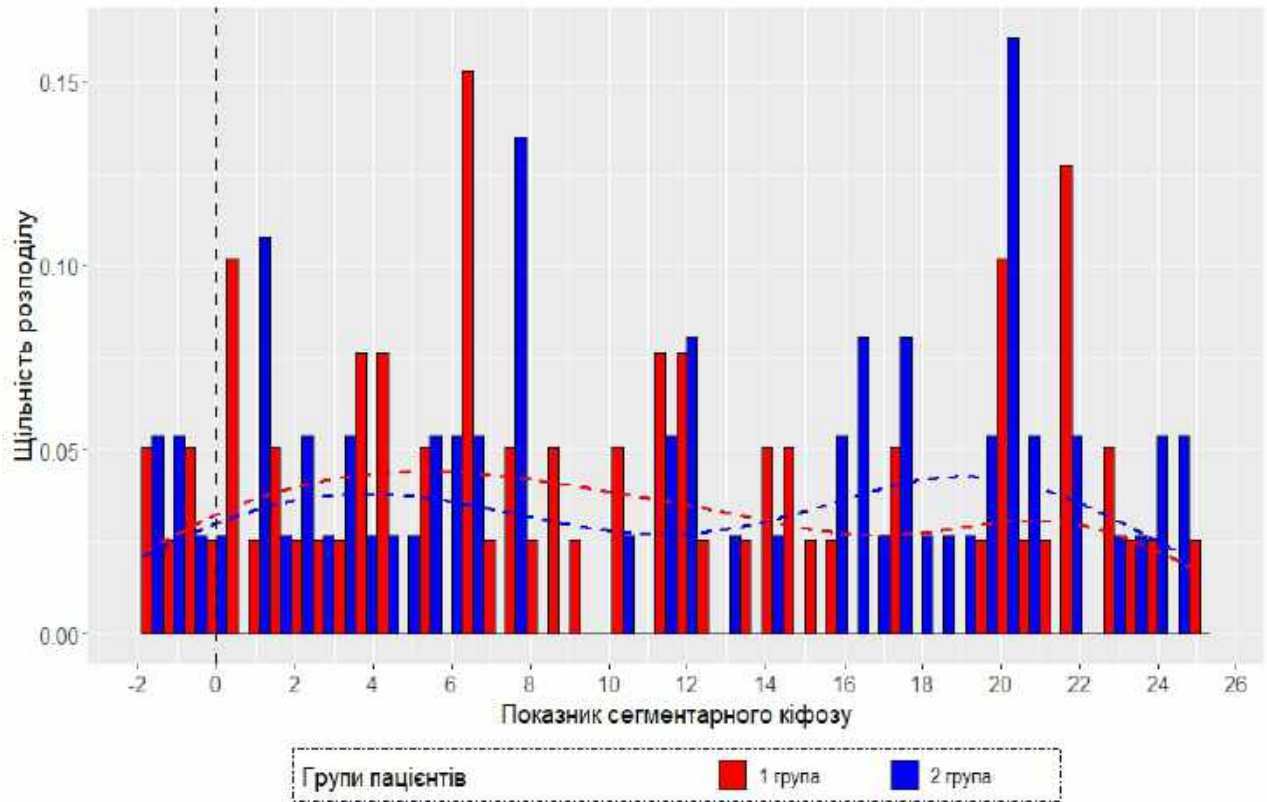


Рис. 2.3. Значення показника сегментарного кифозу ушкодженого ХРС аналізованих клінічних груп пацієнтів

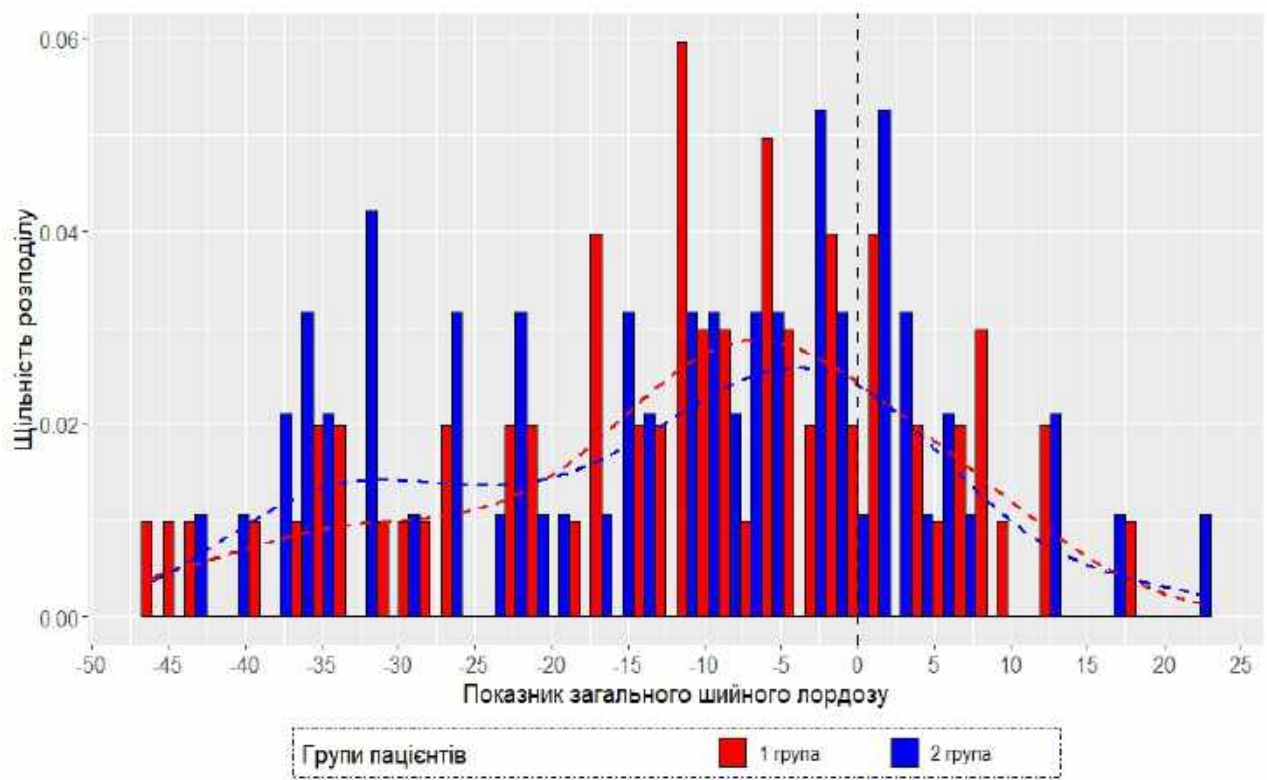


Рис. 2.4. Значення показника загального шийного лордозу аналізованих клінічних груп пацієнтів

представлено на *Рис. 2.6*. З усіх спостережуваних постраждалих вікова група до 29 років становила 21,43% (30 пацієнтів), від 30 до 49 років – 35% (49 пацієнтів), від 50 до 59 років – 20% (28 пацієнтів) і старше 60 років – 23,57% (33 пацієнти). У першій клінічній групі середній вік склав 43,18 років (95% ДІ: 39,46÷46,9), а в другій 43,25 років (95% ДІ: 39,77÷46,73). Вибірки статистично однорідні ($W = 2414,5$, $p = 0,89$).

Найбільш поширеними обставинами отримання травми у пацієнтів служили: дорожньо-транспортна пригода (ДТП) – 23,57% (54 пацієнта), падіння з висоти – 27,86% (39 пацієнтів), пірнання у водойму з ударом головою об дно – 19,29% (27 постраждалих) і падіння на горизонтальній площині – 8,57% (12 постраждалих). Інші обставини склали 5,71% (8 випадків). Розподіл аналізованого показника між клінічними групами пацієнтів ($\chi^2=0,857$, $df=4$, $p=0,931$) представлено на *Рис. 2.7*.

Аналіз частотної залежності обставин отримання травми від віку постраждалих представлений на *Рис. 2.8*. У віці до 29 років переважними причинами є пірнання у водойму і ДТП – по 36,67% випадків відповідно, у віці 30-49 років ДТП в якості причини травматичного ушкодження ШВХ досягає 38,78% випадків, в той час як падіння з висоти і пірнання у водойму зустрічаються з частотою по 28,57%. У віці 50-59 років на першому місці серед обставин отримання травми залишається ДТП – 42,86%, в той час як падіння з висоти відзначається в 28,57% випадків. У віковій групі старше 62 років ДТП в якості причини травми становить 36,36%, падіння з висоти і падіння на площині – 30,3% і 27,27% випадків відповідно.

При аналізі **часового інтервалу між отриманою травмою і виконанням хірургічного втручання** пацієнти були розділені на наступні категорії: до 8 годин – 3 пацієнта (2,14%); 8-24 години – 24 пацієнта (17,14%); 24-48 години – 60 пацієнтів (42,86%) і більше 48 годин – 53 постраждалих (37,86%). Розрахунок абсолютних часових інтервалів не виконувався зважаючи на значну дисперсію показників (від 6 до 266 годин), що за даними літератури не має принципового клінічного значення, проте значно знижує точність подальшого регресійного

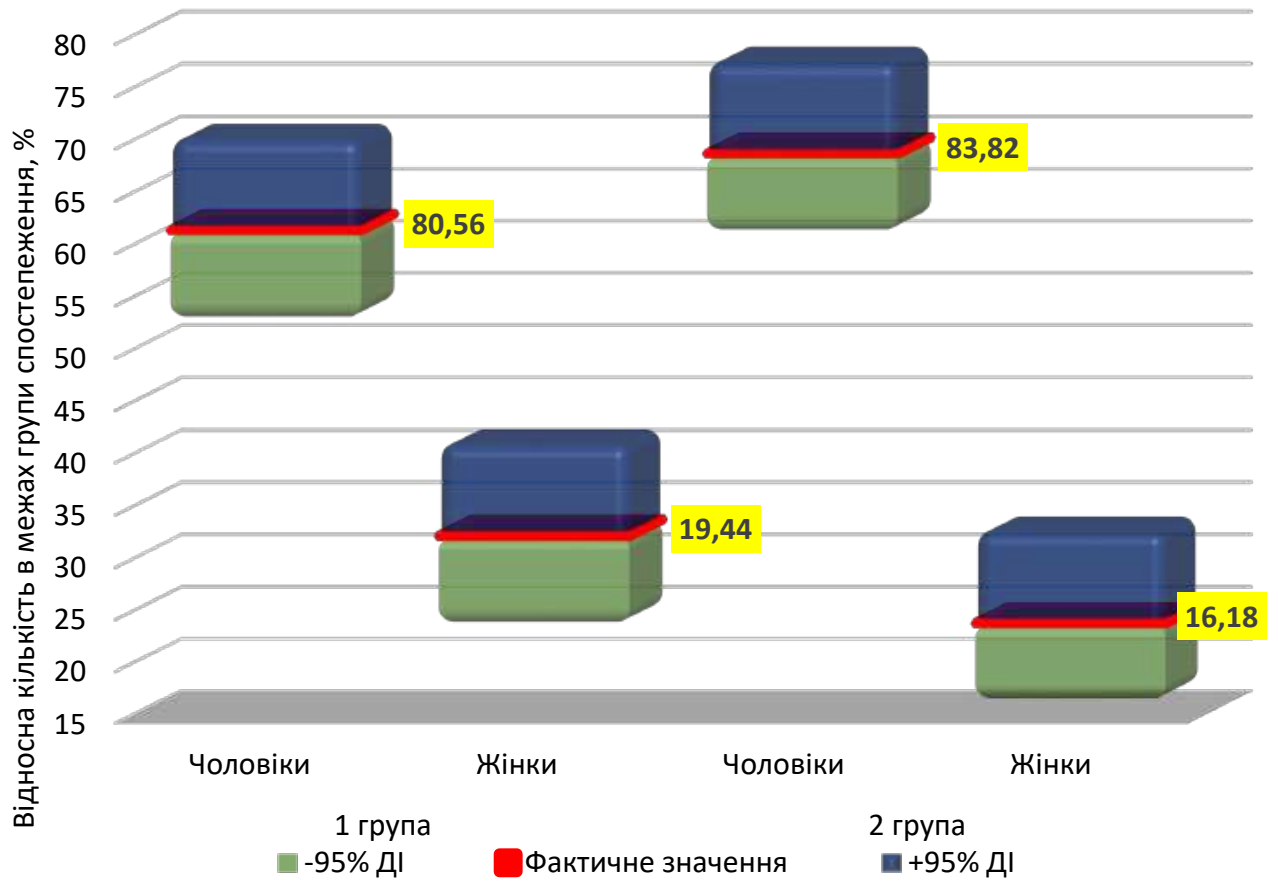


Рис. 2.5. Розподіл пацієнтів аналізованих груп за статтю із зазначенням 95% ДІ

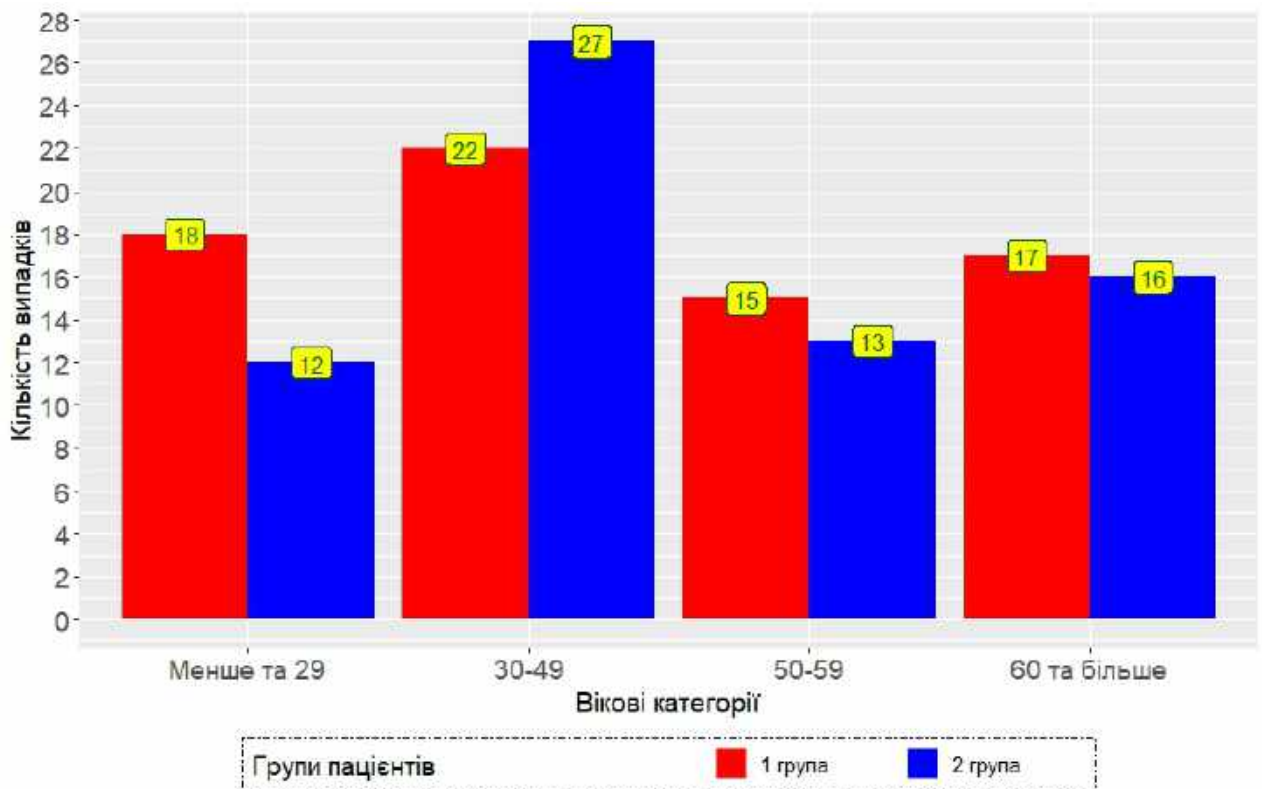


Рис. 2.6. Розподіл пацієнтів аналізованих груп за віковими категоріями

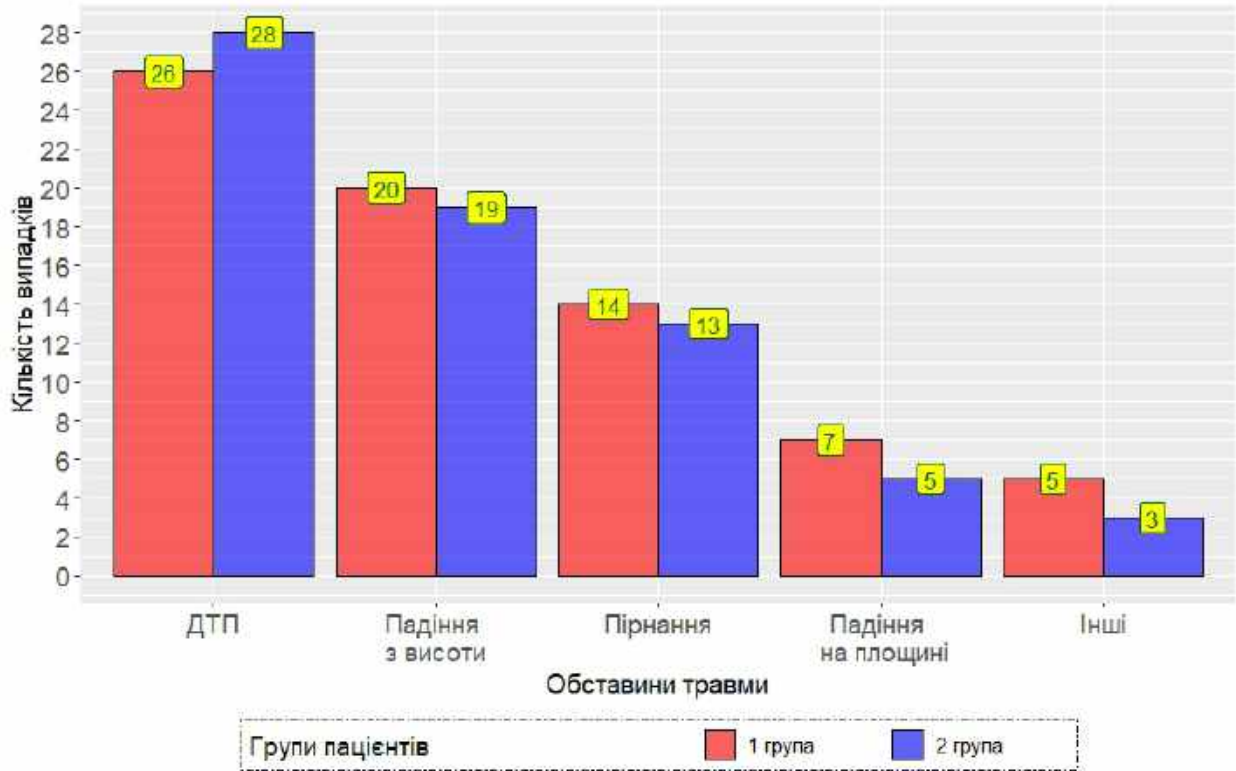


Рис. 2.7. Основні причини травмування ШВХ у пацієнтів аналізованих клінічних груп

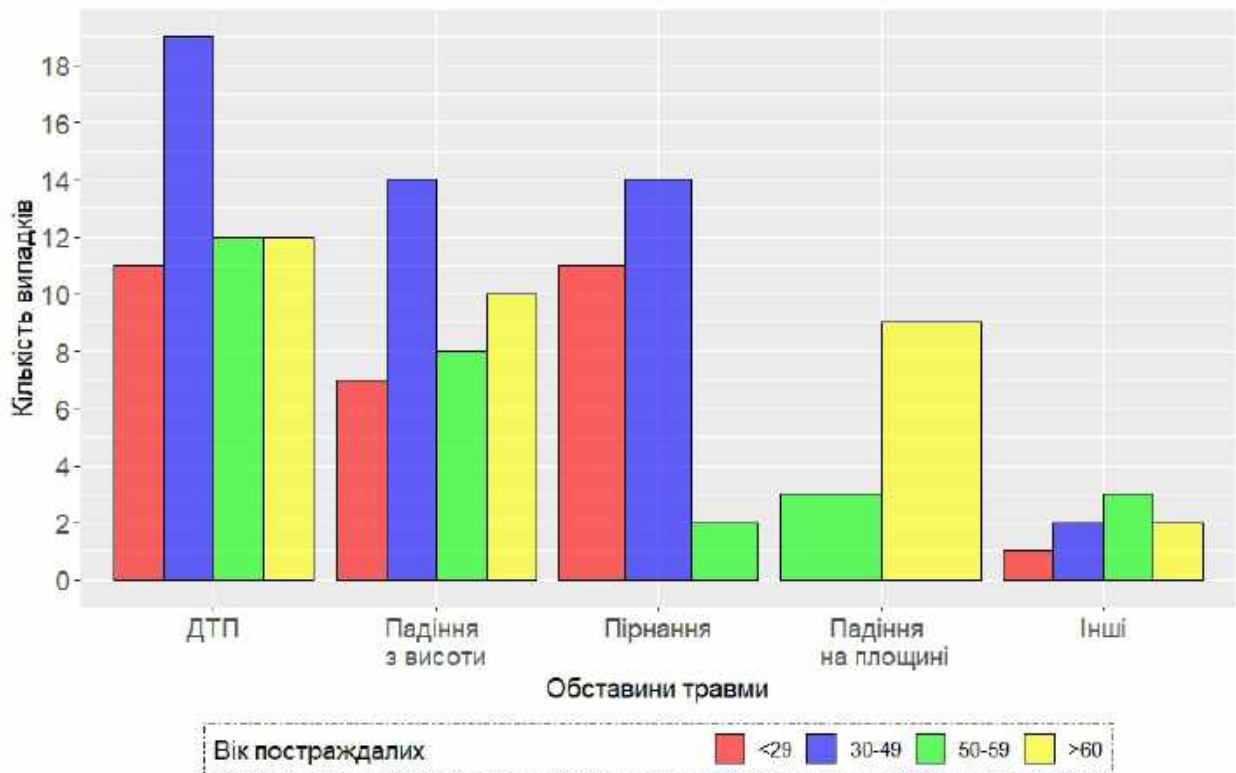


Рис. 2.8. Розподіл обставин отримання травматичного ушкодження ШВХ в залежності від віку постраждалих.

аналізу. Розподіл пацієнтів першої та другої клінічної групи по аналізованому показнику представлено на *Рис. 2.9*. Групи статистично не відрізняються ($\chi^2=0,623$, $df=3$, $p=0,891$). У першій клінічній групі відсоткове співвідношення інтервалів «до 8 годин», «8-24 години», «24-48 годин», «більше 48 годин» склало відповідно: 2,8% (95% ДІ: 0,3÷9,7%); 18,1% (95% ДІ: 10÷28,9%); 40,3% (95% ДІ: 28,9÷52,5%); 38,9% (95% ДІ: 27,6÷51,1%). У другій клінічній групі спостерігається схожа картина: 1,5% (95% ДІ: 0÷7,9%); 16,2% (95% ДІ: 8,4÷27,1%); 45,6% (95% ДІ: 33,5÷58,1%); 36,8% (95% ДІ: 25,4÷49,3%).

За рівнем травматичного ушкодження хребця пацієнти розподілилися наступним чином: С3 хребець – 8 пацієнтів (5,71%), С4 – 19 постраждалих (13,57%), С5 – 47 пацієнтів (33,57%), С6 – 49 випадків (35%) і С7 хребець – 17 випадків (12,14%). Розподіл пацієнтів за рівнем ушкодження в межах аналізованих група представлено на *Рис. 2.10*. За вказаним параметром різниця між групами статистично не значуща ($\chi^2=4,053$, $df=4$, $p=0,399$).

При оцінці **характеру ушкодження хребця / ХРС** використовувалася AOSpine Subaxial Classification System. Аналізувалися дані спондилограм, комп'ютерних томограм і в ряді випадків МРТ. Результати представлені в табл. 3 (Додаток А).

Клінічні групи статистично однорідні ($\chi^2=6,317$, $df=7$, $p=0,503$). Слід зазначити, що з усіх зареєстрованих ушкоджень більшу частину склав тип А – 55,71%. Тип В зареєстрований у 27,86% постраждалих, а тип С – у 16,43%.

Оцінка **ступеня ушкодження** виконувалася із застосуванням Cervical Spine Injury Severity Score. У першій клінічній групі середнє значення по CSISS склало 11,43 (95% ДІ: 10,50÷12,36), тоді як у другій: 12,21 (95% ДІ: 11,21÷13,20). Різниця між аналізованими групами статистично не значуща: $\chi^2=3,81$, $df=7$, $p=0,801$. Більш детальна характеристика ступеня ушкоджених хребетно-рухових сегментів в залежності від характеру ушкодження представлена на *Рис. 2.11*.

Розмір фактору компресії розраховувався із застосуванням розробленої методики. Медіана для першої групи склала 7,85 мм (5,9÷10,6) в той час як для

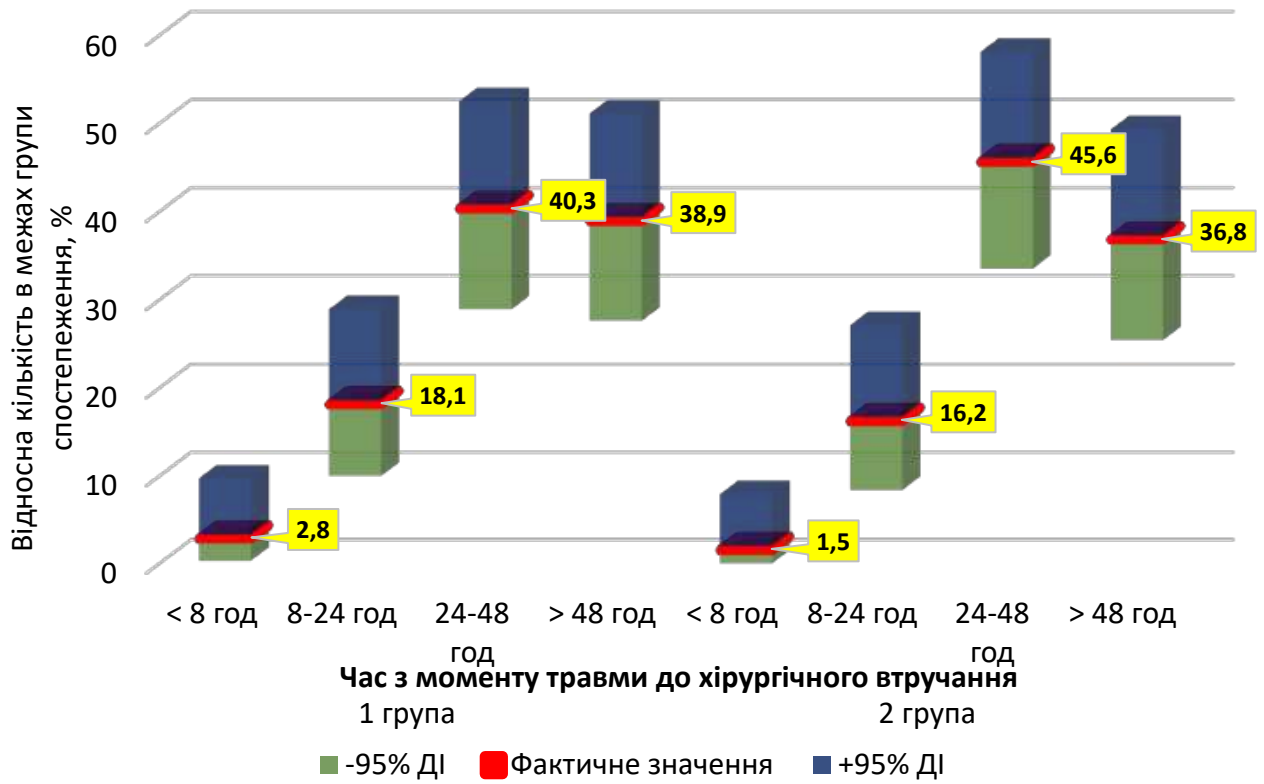


Рис. 2.9. Розподіл пацієнтів в залежності від часового інтервалу між травмою і проведеним хірургічним лікуванням.

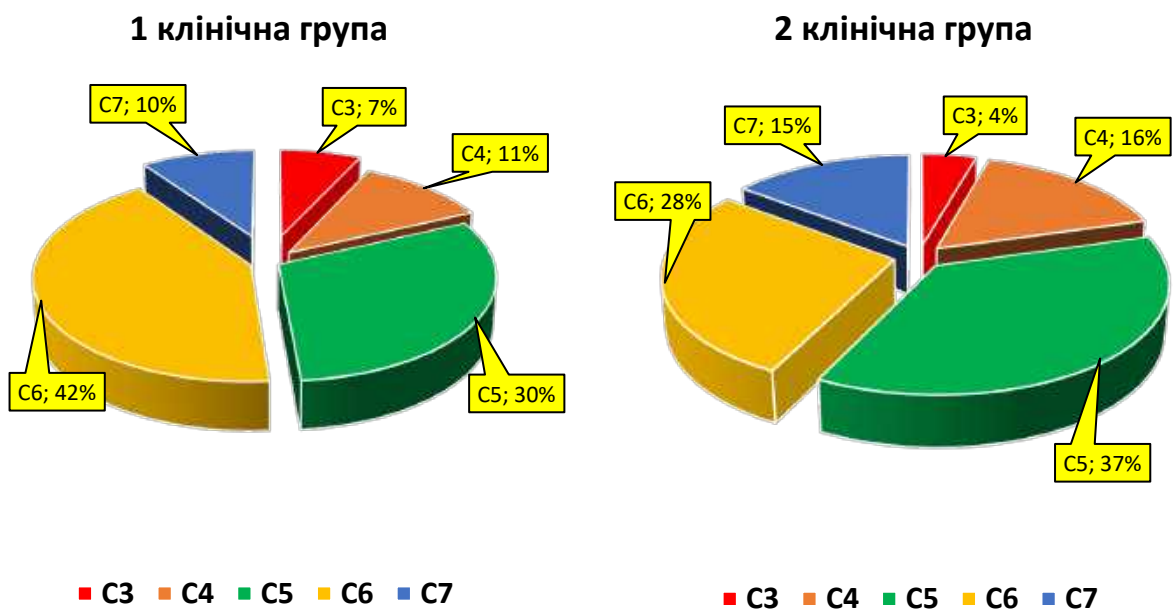


Рис. 2.10. Розподіл пацієнтів за рівнем ушкодженого хребця.

другої 9,45 мм (7,85÷13,25). Реєструються значна варіабельність значень, так конфідент варіації для першої і другої груп склав 53,43 і 43,93 відповідно. Розподіл в обох групах відрізняється від нормального, так в першій групі $W=0,81$, $p<0,001$, у другій $W=0,88$, $p=0,001$. Групи по аналізованому параметру статистично не відрізняються.

Оцінка ступеня травматичного ушкодження СМ виконувалася шляхом аналізу МР-томограм із застосуванням шкали BASIC. Найбільш часто, 31,4% (95% ДІ: 23,9÷39,8) в аналізованій вибірці пацієнтів зареєстрований BASIC 3. Тип ушкодження BASIC 1 відзначений з частотою 30,7% (95% ДІ: 23,3÷39,1). Найменш рідко, з частотою 9,3% (95% ДІ: 5,0÷15,4) і 11,4% (95% ДІ: 6,7÷17,9) зустрічається тип ушкодження BASIC 2 і BASIC 4 відповідно. Відсутність змін – тип BASIC 0 становить 17,1% (95% ДІ: 11,3÷24,4) всіх спостережуваних пацієнтів. Розподіл пацієнтів за ступенем ушкодження СМ в межах аналізованих груп представлено на *Рис. 2.12*. Перша і друга групи по аналізованій ознаці статистично не відрізняються ($\chi^2=2,955$, $df=4$, $p=0,565$).

2.2. Методи дослідження

При постановці діагнозу необхідний комплексний підхід до обстеження постраждалих. Результат захворювання і ефективність лікувальних заходів при ХСМТ багато в чому залежать від ранньої діагностики ушкодження, правильного і своєчасного надання допомоги потерпілому. Проте, за відсутності у хворих будь-яких неврологічних розладів, пізня діагностика ушкоджень ШВХ зустрічається більш ніж в 30% випадків. При травмі ШВХ частота діагностичних помилок доходить до 50-54% [81]. Помилки діагностики найчастіше обумовлені неуважним оглядом хворого, відсутністю настороженості щодо ХСМТ, слабкою підготовкою лікарів, несвоєчасним зверненням хворих, втратою свідомості хворим, алкогольним або наркотичним сп'янінням. У ряді випадків помилки можуть бути обумовлені особливостями і складністю трактування рентгенограм, відсутністю СКТ або МРТ.

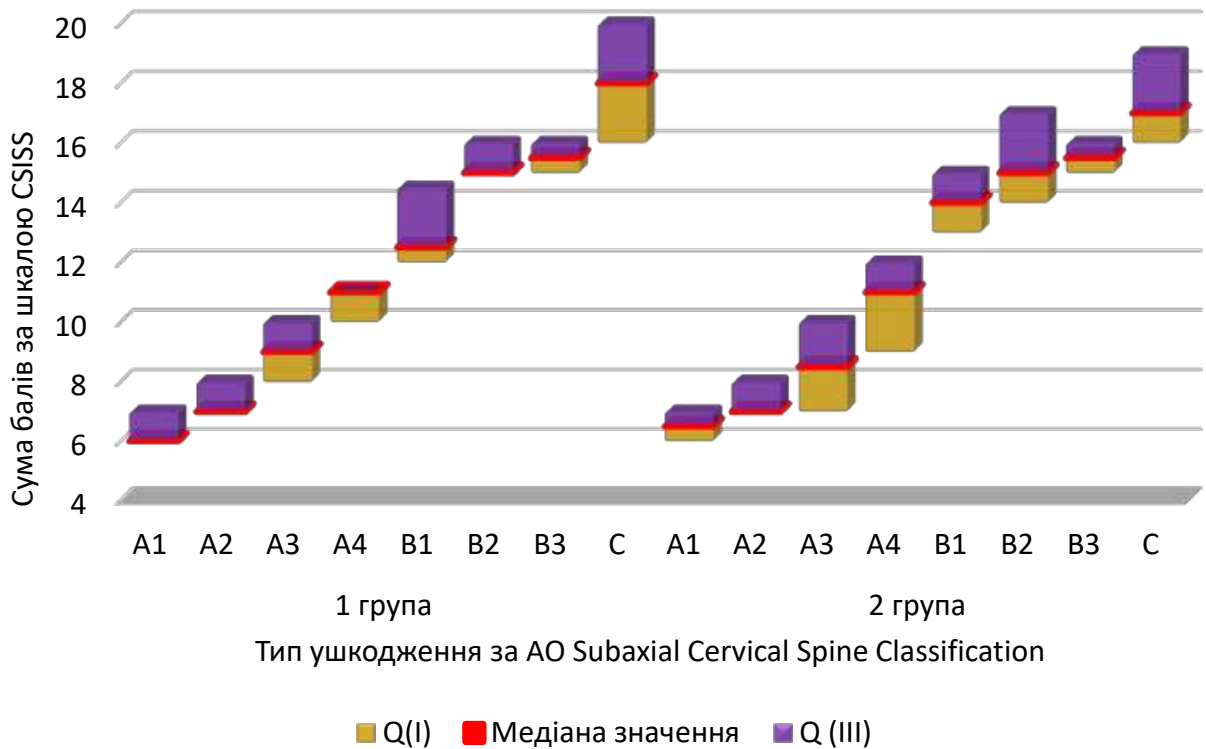


Рис. 2.11. Середні значення суми балів за шкалою CSISS в залежності від характеру ушкодження в межах аналізованих клінічних груп (вказані QI, QIII і медіана значення)

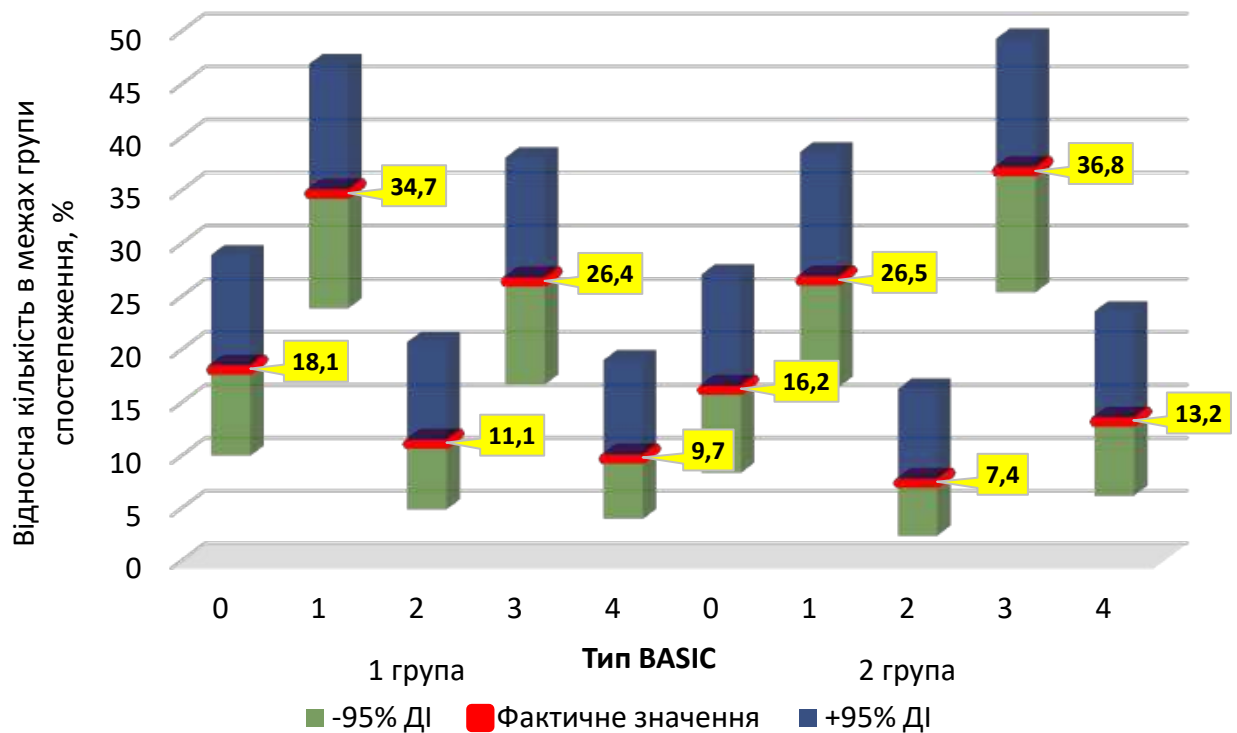


Рис. 2.12. Розподіл пацієнтів аналізованих груп за ступенем травматичного ушкодження СМ (тип BASIC) із зазначенням значення 95% ДІ.

Запізніла госпіталізація потерпілих до спеціалізованих медичних установ і несвоєчасне надання спеціалізованої допомоги можуть призводити до появи або посилення у хворого неврологічного дефіциту [82], виникнення стійкого больового синдрому, порушення функції хребта, зниження якості життя пацієнтів, втрати працездатності та інвалідності в 23,5-70% випадків [35, 71, 83–85].

Для визначення правильного діагнозу важливим є ретельний збір анамнезу, скарг, з'ясування обставин і часу травми, правильний аналіз механізму ушкодження, клінічне обстеження хворого.

При первинному зверненні до лікаря хворі з неускладненою травмою шийного відділу хребта скаржаться в основному тільки на болі в шії. Інтенсивність больового синдрому в деяких випадках не корелює з тяжкістю кісткових і м'якотканинних ушкоджень, а залежить від індивідуального порогу сприйнятливості болю [86].

Візуальний огляд дає можливість визначати наявність саден, синців в зоні ушкодження, кривошийї, фіксованого нахилу голови, згладження фізіологічного лордозу. Пальпація та огляд є найбільш інформативними методами клінічного обстеження, які дозволяють виявити набряк м'яких тканин в зоні ушкодження, вистояння остистих відростків і деформацію осі ШВХ [87].

Оцінка неврологічного статусу

З метою оцінки рівня вираженості неврологічних розладів і розподілу пацієнтів по групах, що характеризує ступінь тяжкості ушкодження СМ використана шкала ASIA (Табл. 4, Додаток А). В даний час шкала ASIA є єдиною широко поширеною системою оцінки, яка використовується в більшості сучасних досліджень [88].

При цьому слід зазначити, що якщо перехід з класу А за шкалою ASIA в інші функціональні класи або перехід в клас Е за шкалою ASIA з інших класів не має складнощів в оцінці зміни неврологічного статусу постраждалих і варіантів трактування, то всі інші різновиди динаміки, наприклад, з ASIA В в ASIA С можуть вміщати значну кількість клініко-неврологічних варіацій. Відповідно,

мінімальні зміни, що мають, однак істотне значення як для функціональної активності пацієнта, так і для оцінки ефективності терапії в процесі статистичної обробки, в зв'язку з недостатніми роздільними можливостями методик оцінки, упускаються.

З метою більш детальної оцінки неврологічного статусу у пацієнтів нами використана система ISNCSCI, вперше затверджена в 1992 р. Американською асоціацією спінальної травми. ISNCSCI передбачає чітко стандартизований алгоритм дій, спрямований на визначення рівня і ступеня ушкодження СМ. Обстеження пацієнта проводиться в положенні лежачи. Послідовно зверху-вниз проводиться оцінка тактильної і больової чутливості. Передбачається аналіз 28 дерматомів за схемою, зображеною на стандартному бланку ISNCSCI з цифровим відображенням результату тестування на кожному рівні. Система передбачає 3 можливих варіанти оцінки сенсорної функції: 0 – відсутність чутливості, 1 – змінена (знижена або підвищена) чутливість, 2 – нормальна чутливість. В разі, коли пацієнт не може диференціювати дотик і укол, мається на увазі відсутність больової чутливості. У разі, коли перевірка чутливості в певній зоні є неможливою (виражений больовий синдром, іммобілізація, ампутація або контрактура, що порушує понад 50% обсягу рухів) використовується аббревіатура NT. Рухова функція оцінюється з двох сторін по 10 ключовим групам м'язів з визначенням одного з 6 варіантів згідно шкалі Медичної дослідницької ради (MRC шкала), що наведена в табл. 5 (Додаток А) [89]. Максимальна сума балів за умови оцінки всіх передбачених методикою дерматомів для чутливої сфери становить 224 бали, для рухової – 100 балів. Вихідним рівнем неврологічного статусу слугували дані, отримані на момент госпіталізації. Для розрахунку показників, що аналізуються, використовували онлайн-калькулятор, доступний за адресою: <https://ais.emsci.org/> (Рис. 2.13). Беручи до уваги, що в дослідженні аналізували дані пацієнтів з різним рівнем ураження, критерієм ефективності була відмінність між значенням, отриманим в контрольний термін спостереження, і доопераційним показником [90].

Як інструмент для оцінки інтенсивності больового синдрому використовували числову рейтингову шкалу (Numerical Rating Scale – NRS), яка, на думку більшості авторів, є більш зрозумілою для пацієнта і зручною для обробки дослідником у порівнянні з візуальною аналоговою шкалою [91, 92]. Пацієнтам пропонувалося самостійно, або із сторонньою допомогою відзначити на стандартизованому бланку NRS рівень болю, найбільш відповідний відчуттю на момент тестування (Рис. 2.14). Попередньо пояснювалося, що оцінка 0 балів відповідає відсутності болю, а 10 відображає її максимальну інтенсивність.

При інструментальному обстеженні був використаний алгоритм комплексу інструментальних досліджень постраждалих, запропонований в клінічних рекомендаціях Advanced Trauma Life Support [93]: спондилографія в передньозадній і бічній проекціях, СКТ ушкодженого відділу хребта, МРТ ушкодженого відділу хребта.

Основним, обов'язковим і найбільш доступним методом діагностики ушкоджень нижнього шийного відділу хребта є спондилографія [14]. Аналізу підлягають якісні спондилограми з чітким зображенням всіх семи шийних хребців. Рентгенографічне обстеження хворих з травмою хребта в доопераційному періоді виконувалося тільки в положенні лежачи. Зведення верхнього плечового пояса досягалося тракцією за руки лямками, які фіксувалися на рівні зап'ясть хворого. В післяопераційному періоді рентгенограми ШВХ виконувалися в положенні пацієнтів стоячи (або сидячи), руки вільно розташовані з боків тіла. Суб'єкти були проінструктовані дивитися прямо перед собою. З метою виключення можливості неправильної установки голови, домагалися отримання зображень, на яких площина піднебінної кістки була паралельна горизонтальній площині ($\pm 10^\circ$) [6, 7]. На профільних рентгенограмах проводилося вимірювання *загального шийного лордозу і кіфотичної деформації травмованого (потім оперованого) ХРС – сегментарний кіфоз.*

Техніка вимірювань. На всіх аналізованих спондилограмах відзначалися наступні лінії (Рис. 2.15):



Рис. 2.14. Числова рейтингова шкала болю

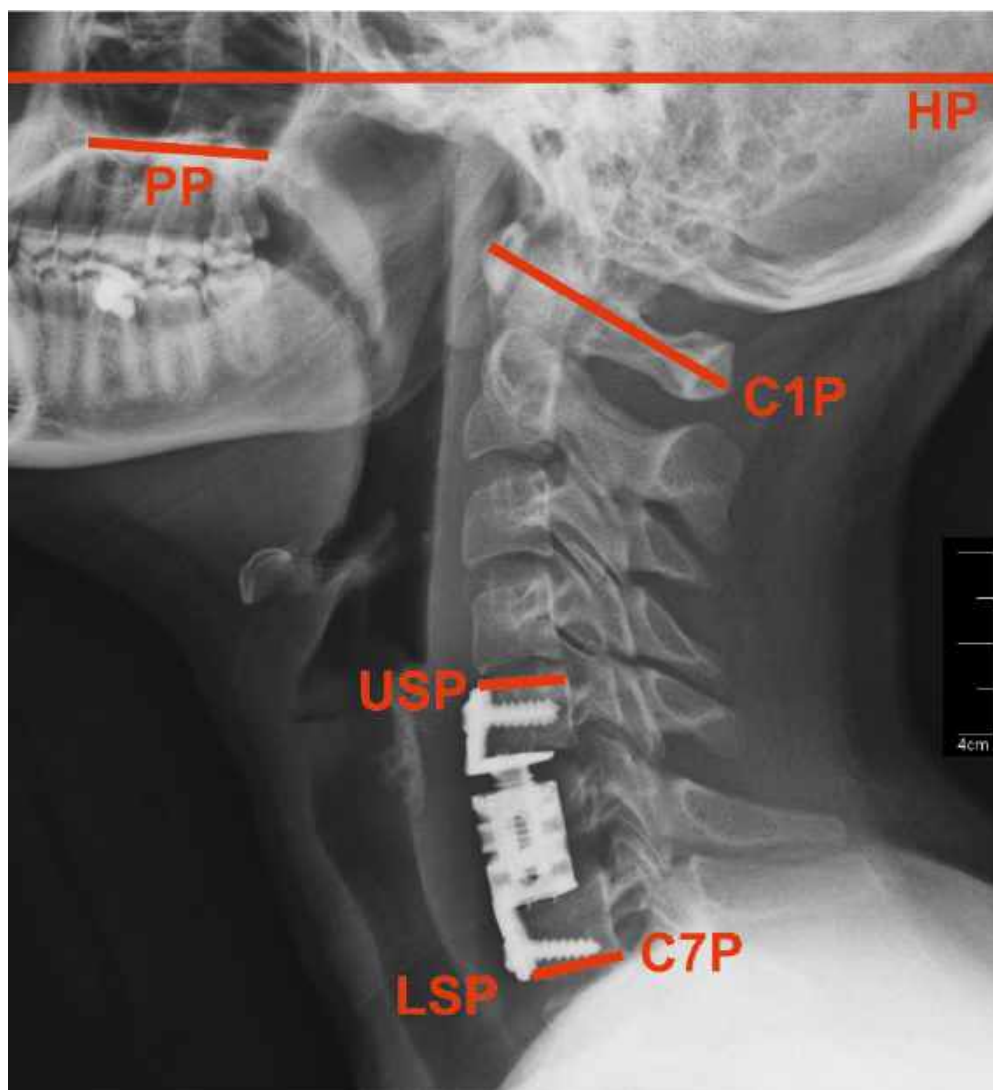


Рис. 2.15. Рентгенографія ШВХ в бічній проекції (2 група, термін 2 місяці після операції). Вказані основні лінії, що використовуються для обчислення показників загального шийного лордозу і сегментарного кіфозу

- Горизонтальна лінія (Horizontal plane (HP)) – паралельна верхньому краю спондилограми, відповідає лінії горизонту, виходячи з правильної технічної установки рентгенологічного апарату.
- Лінія піднебінної кістки (Palatine bone plane (PP)) – лінія, яка формується візуально чітко визначеним контуром піднебінної кістки.
- Лінія C1 (C1P) – лінія, що з'єднує найбільш виступаючі точки передньої і задньої дуг C1 хребця.
- Лінія C7 (C7P) – лінія, відповідна нижній замикаючої пластині C7 хребця.
- Верхня лінія оперованого сегмента (Upper segmental plane (USP)) – паралельна верхній замикальній пластині хребця, розташованого вище резектованого.
- Нижня лінія оперованого сегмента (Lower segmental plane (LSP)) – паралельна нижньої замикальній пластині хребця, розташованого нижче резектованого.

Розраховувалися наступні кути:

- Кут між HP і PP – характеризував правильність установки голови під час виконання обстеження, використовувався при первинному аналізі матеріалу.
- Кут між C1P і C7P – характеризував загальний шийний лордоз (TCL – total cervical lordosis).
- Кут між USP та LSP – дозволяв оцінити кут сегментарного кіфозу (OSL – operated segmental lordosis).

Кількісна оцінка ступеня тяжкості ушкодженого ХРС виконувалася на підставі даних СКТ із застосуванням Cervical Spine Injury Severity Score (CSISS) [94].

Техніка вимірювань.

Система CSISS заснована на оцінці ушкодження кісткових структур і диско-лігаментозного апарату і не включає неврологічні порушення. Показник ступеня тяжкості травми шийного відділу хребта застосовується до всіх областей субаксіального відділу хребта. Оцінка корелює зі зростанням нестабільності і, як відзначають розробники, є визначальною в тактиці лікування та прогнозі. Оцінка

тяжкості травми заснована на оцінці чотирьох опорних колон шийного відділу хребта з використанням стандартної візуальної аналогової шкали (Рис. 2.16, 2.17). Кожна колона оцінюється окремо.

Візуальна аналогова шкала має градацію від 0 до 5, застосовується до кожної колони, результати сумуються. Таким чином, ступінь тяжкості травми варіюється від 0 до 20, де 0 – відсутність травми, а 20 – максимально важка. Допускається використання дробових балів. Аналогова оцінка заснована на ступені зміщення кісткових уламків та ушкодження зв'язкового апарату. Для аналізу використовується комп'ютерна томографія: горизонтальні зрізи і сагітальна реконструкція.

Ушкодження кісткових структур оцінюється за наявністю перелому, а також за наявністю і максимальним розміром діастаза кісткових уламків. Так, 0 балів відповідає відсутності кістково-травматичних змін, 1 бал – незміщенні переломів, тоді як зміщення більше ніж 5 мм відповідає 5 балам. Ушкодження зв'язкового апарату визначається за непрямими ознаками – діастазом кісткових структур. Так, повний зчеплений вивих при неушкоджених фасетках оцінюється в 5 балів саме за рахунок ушкодження зв'язкового-капсульного апарату фасеточного суглоба. Загальна концепція полягає в тому, що 5 балів присвоюється найбільш серйозним травмам, які можуть виникнути в даній конкретній опорній колоні. У пацієнтів з травматичними ушкодженнями на декількох рівнях, тактичне значення має найбільш травмований, що набирає максимальну суму балів.

Морфологія ушкодження характеризувалася на підставі даних спондилограм і СК-томограм з використанням класифікації AO Subaxial Cervical Spine Classification [95, 96].

Методологія оцінки.

Травми типу «А» – це переломи, що призводять до компресії хребця з інтактним зв'язковим апаратом. «Тип В» – травми з ушкодженням зв'язкового апарату заднього або переднього опорного комплексу з порушенням взаємини (як правило діастазом) анатомічних структур субаксіального відділу при

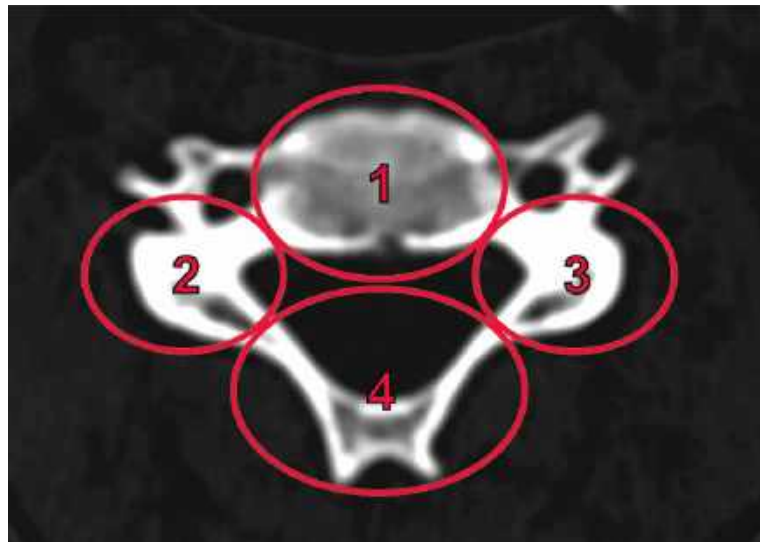


Рис. 2.16. Схема опорних колон хребта. Чотириколонна модель, використовувана в CSISS. 1 – передня опорна колона, 2 – права опорна колона, 3 – ліва опорна колона, 4 – задня опорна колона.



Рис. 2.17. Візуальна аналогова шкала, яка використовується в CSISS для бальної оцінки остео-лігаментозних ушкоджень.

збереженні осі хребта (без ознак підвивиху або вивиху). «Тип С» включає в себе травми, що супроводжуються зміщенням тіла одного хребця щодо іншого в будь-якій площині: вперед, назад, бічний зсув або вертикальний відрив.

1. Тип А: компресійні травми: ушкодження переднього опорного комплексу під впливом зусилля, вектор якого відповідає або близький до осі хребта. До цієї групи також відносять біомеханічно не значущі переломи паростків (наприклад, остистого відростка або переломи дуги). Травми типу А діляться на 5 підтипів в порядку зростання ступеня тяжкості:

- А0 – включає незначні кістково-травматичні ушкодження, такі як ізольоване ушкодження дуги або остистого відростка. А0 також вказується при відсутності ушкодження кісткових структур і наявності клініки травматичного ушкодження нервових утворень, наприклад SCIWORA (Spinal Cord Injury without Radiographic Abnormality) (*Рис. 2.18А*).

- А1 – компресійні переломи з ушкодженням однієї замикаючої пластини без ураження задньої стінки тіла хребця (*Рис. 2.18Б*).

- А2 – поперечний перелом із залученням обох замикальних пластин без ушкодження задньої стінки тіла хребця (*Рис. 2.18В*).

- А3 – неповний вибуховий перелом – характеризується ушкодженням однієї (верхньої або нижньої) замикаючої пластини і задньої поверхні тіла хребця, з можливим зміщенням кісткових фрагментів в кінці (*Рис. 2.18Г*).

- А4 – повний вибуховий перелом. Ці травми схожі з А3, але задіяні обидві замикальні пластини. До цієї підгрупи також відносяться переломи, які повністю розщеплюють тіло хребця в сагітальній площині – поперечне сагітальне ушкодження з залученням обох замикальних пластин (*Рис. 2.18Д*).

2. Тип В: травми зв'язкового апарату: підрозділяються на три підгрупи.

- В1 – травма зв'язкового апарату заднього опорного комплексу з зоною ушкодження, що проходить через кісткові структури. Лінія перелому переходить на задні відділи тіла хребця з можливим ураженням міжхребцевого диска (*Рис. 2.18Е*).

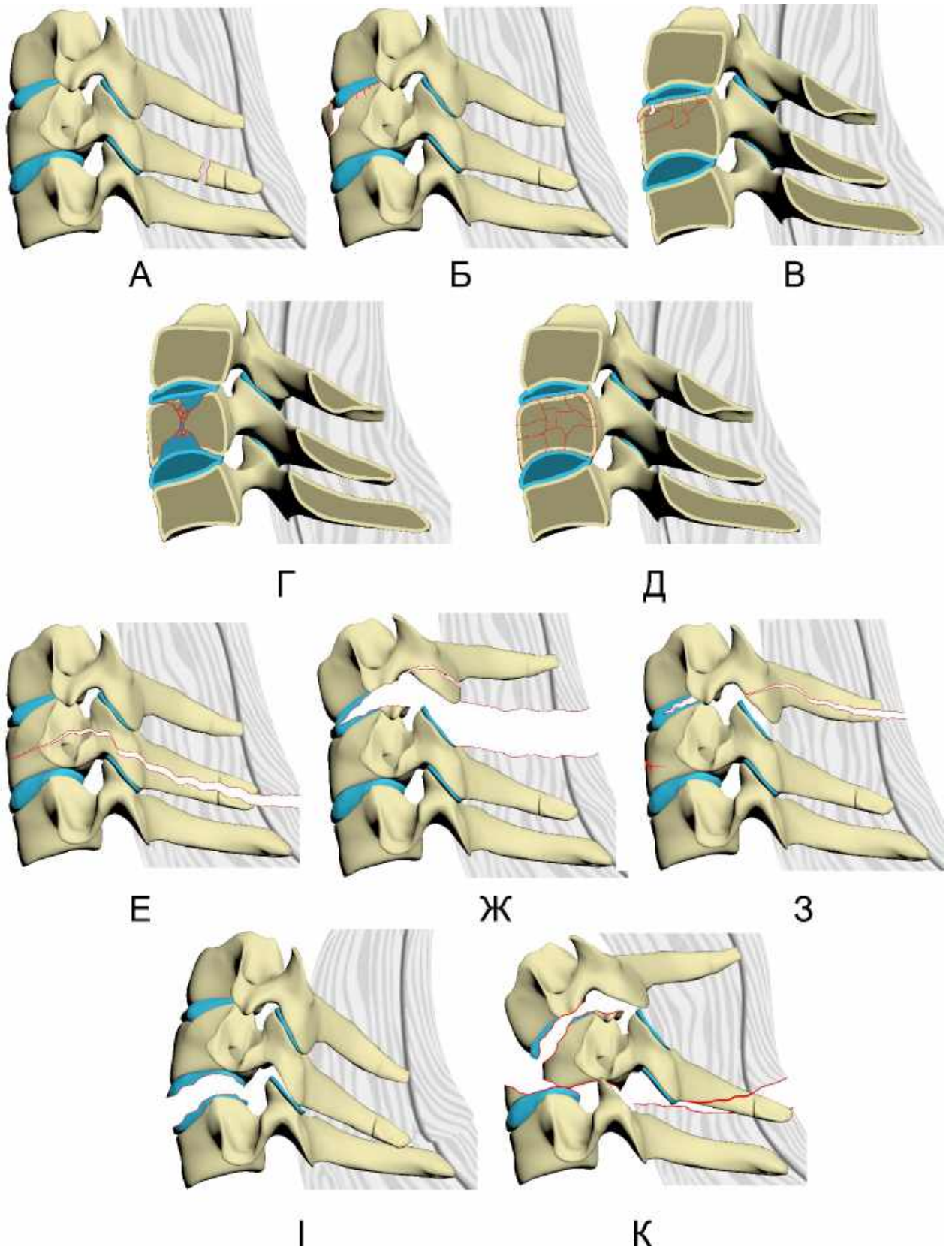


Рис. 2.18. Схематична характеристика ушкоджень згідно AO Subaxial Cervical Spine Classification

- В2 – травма зв'язкового апарату заднього опорного комплексу з повним розривом задніх капсульно-зв'язкових або кістково-капсульно-зв'язкових елементів. Можливо ушкодження тіла хребця або міжхребцевого диска (*Рис. 2.18Ж, З*).

- В3 – ушкодження зв'язкового апарату переднього опорного комплексу з діастазом анатомічних утворень. Зона ушкодження проходить через міжхребцевий диск або тіло хребця (характерно для анкілозуючого спондилоартриту). Неушкоджені фасеточні суглоби як правило запобігають грубому зміщенню (*Рис. 2.18І*)

У разі верифікації кожного з вищеописаних видів ушкодження остео-лігаментозного апарату і наявності зсуву, травми класифікуються як тип С.

3. Тип С: травма поступального руху по будь-якій осі: ця категорія включає травми зі зміщенням або зрушенням одного хребця щодо іншого в будь-якій площині. При цьому будь-яке поєднане ушкодження (А або В) вказується окремо як підтип. Ураження, де передні і задні хребетні елементи відокремлені один від одного (повний відрив одного хребця від іншого) також класифікуються як зсувні ушкодження (*Рис. 2.18К*).

Магнітно-резонансна томографія показала високу ефективність і якості неінвазивного інструменту візуалізації травматичних ушкоджень ШВХ. Цей метод добре відображає структури м'яких тканин; чутливість до травми міжхребцевого диска становить 93%, ушкодження задньої поздовжньої зв'язки – 93% і ушкодження міжкостистої зв'язки на 100%. МРТ в першу чергу рекомендована пацієнтам з неврологічним дефіцитом [97]. У деяких випадках МРТ дозволяє усунути необхідність у функціональній рентгенографії або тривалій іммобілізації [98].

Оскільки цей метод використовує неіонізуюче випромінювання, він не несе радіаційного ризику комп'ютерної томографії [99]. Під час магнітно-резонансної томографії пацієнт поміщується в сильне магнітне поле, що в свою чергу визначає ряд протипоказань, таких як імплантовані кардіостимулятори, кліпси, системи для остеосинтезу та металеві осколки. Крім того, певні труднощі

виникають при проведенні обстеження пацієнтам, які вимагають інтенсивної терапії (ШВЛ, кардіомоніторинг і ін.). Тому, в більшості випадків візуалізація виконується після мінімальної стабілізації вітальних функцій [100].

Стосовно до травматичного ушкодження ШВХ, МРТ найбільш ефективна для виявлення забоїв СМ, травматичних гриж міжхребцевих дисків, ушкоджень передньої і задньої поздовжньої зв'язки, епідуральних гематом і гематом м'яких тканин. За допомогою цієї методики також можна ідентифікувати асоційоване ушкодження хребетної артерії [101].

На підставі даних спондилограм, СК-томограм і МР-томограм виконувалася оцінка фактору компресії.

Техніка вимірювань.

Термін фактор компресії (ФК) має на увазі збірне поняття і відображає загальну характеристику патологічних анатомічних субстратів, які виникають при ушкодженнях хребетного рухового сегмента (сегментів), що призводить до деформації стінок хребетного каналу і, як наслідок, викликають стиснення структур хребетного каналу. ФК не передбачає детальне висвітлення патоморфологічної характеристики кожної з нозологічних форм, що мають місце в певній клінічній ситуації.

Для кількісної характеристики ФК виконувалось вимірювання сагітального розміру фактору компресії, що має абсолютну величину і характеризує відносний ступінь зміщення ФК в просвіт хребетного каналу.

Величина сагітального розміру ФК – це довжина перпендикуляра (б), опущеного від найбільш виступаючого дорзально ділянки деформованої вентральної стінки хребетного каналу ураженого ХРС (задньоверхній або задньонижній край зміщеного тіла хребця, фрагмент тіла хребця, фрагмент диско-зв'язкового апарату і т.д.) до лінії (а), що, з'єднує задньонижній край вищерозташованого, по відношенню до травмованого, з задньоверхнім краєм підлеглого хребця (*Рис. 2.19А*) (Патент України на винахід № 113119).

Патологічний субстрат ФК може бути представлений наступними утвореннями: неушкоджена ділянка тіла хребця, що викликає компресію в

результаті кифотичної деформації; неушкоджена ділянка тіла хребця, що викликає компресію в результаті зсуву; відламки тіла хребця; травматичні екструзії міжхребцевих дисків; епі- і субдуральні гематоми [102].

Зазначені елементи зустрічаються ізольовано або в комбінації (Рис. 2.19Б). У цьому дослідженні ми виконували визначення загального розміру ФК. Диференціація на морфологічні структури не виконувалася.

Грунтуючись на результатах МР-томографії виконувалася оцінка *ступеня тяжкості ушкодження СМ* із застосуванням The Brain and Spinal Injury Center score (BASIC score), наведена в табл. 6 (Додаток А) [103]. Базуючись на Т2-зваженому зображенні, виділяється 5 типів ушкоджень (Рис. 2.20).

Оцінка якості життя

Заповнення форми опитувальника проводилося згідно з методикою, відображеною в керівництві SF-36 Health Survey. Manual & interpretation guide. Індивідуальний характер тестування дозволив забезпечити наявність відповідей на всі запропоновані питання, що в подальшому полегшило обробку і підвищило точність результатів. Складові компоненти якості життя пацієнтів, що утворюють їх шкали і відповідні питання представлені в табл. 7 (Додаток А).

З метою оцінки адекватності сприйняття пацієнтами поставленого завдання і сумлінності її виконання для всієї вибірки по кожній з аналізованих шкал розраховувався коефіцієнт альфа Кронбаха.

Перед розрахунком показників по кожному пацієнту виконувалося перекодування отриманих даних згідно з таблицями, представленими в оригінальному керівництві. Потім визначалися трансформовані значення по кожній з аналізованих шкал з тим, щоб максимально можливе значення відповідало 100%, а мінімальне 0%. З цією метою використана формула:

$$\text{Трансформоване значення} = \frac{\sum \text{перекодованих балів} - \text{min}}{\text{max} - \text{min}} * 100$$

де: *min* і *max* відповідно мінімально та максимально можлива кількість перекодованих балів.

Отримані значення не нормувалися по популяційних показниках.

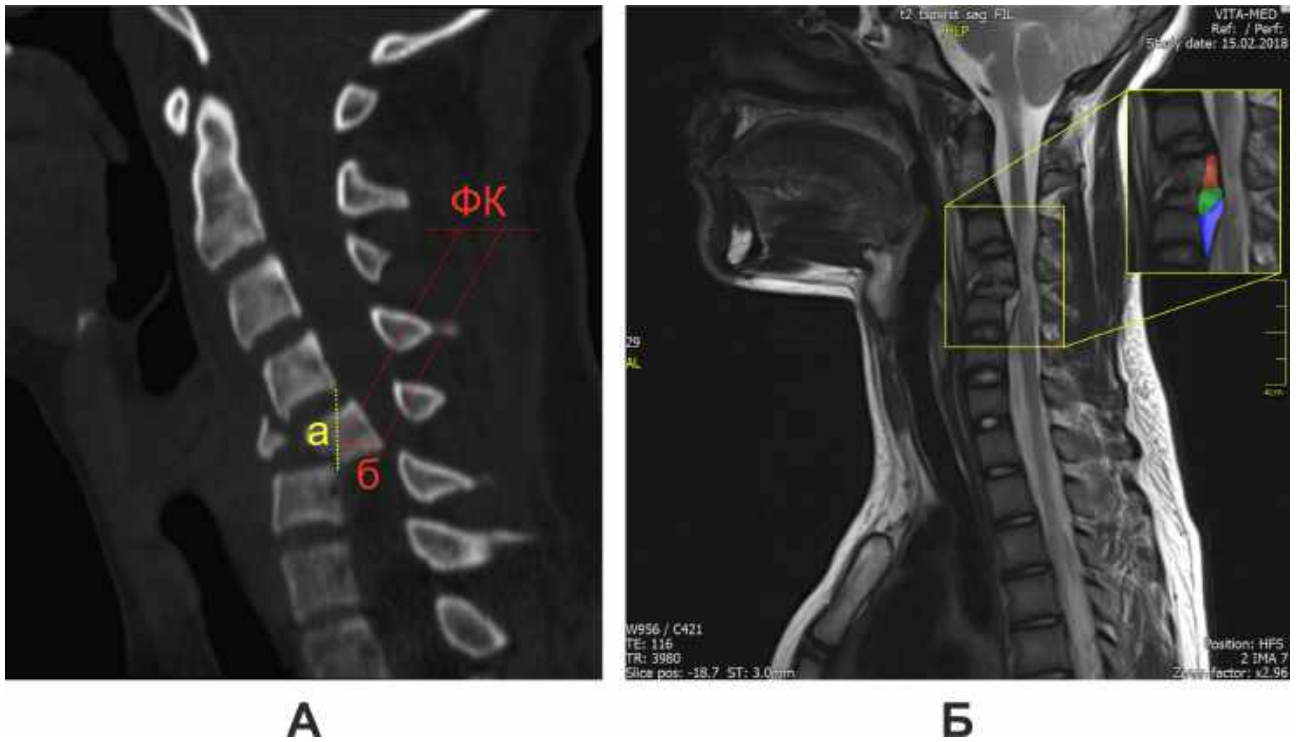


Рис. 2.19. Фактор компресії. А - схема вимірювання сагітального розміру ФК: а – лінія, що з'єднує задньонижній край вищерозташованого, по відношенню до травмованого, з задньоверхнім краєм підлягає хребця; б – перпендикуляр до зазначеної лінії. Б - Компресія хребетного каналу, що зумовлена морфологічно гетерогенним субстратом (на схемі: червоний – кісткова тканина, зелений – фрагменти міжхребцевого диска, синій – епідуральна гематома).

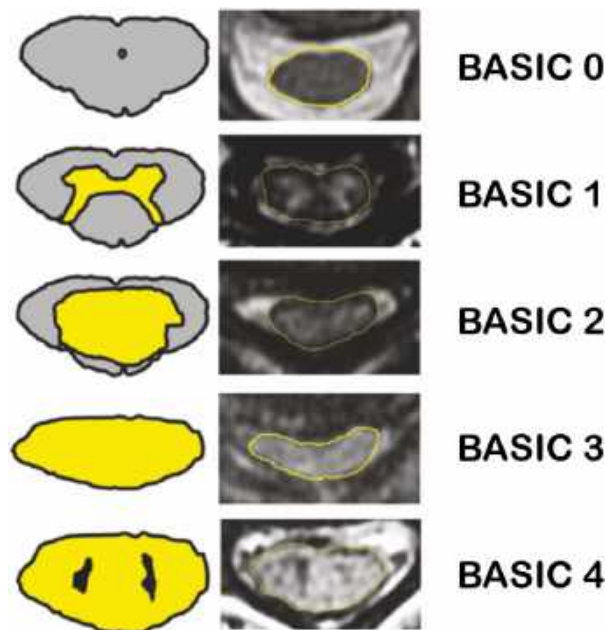


Рис. 2.20. Схема оцінки ступеня тяжкості ушкодження СМ із застосуванням The Brain and Spinal Injury Center score (BASIC score)

Визначення *особливостей напружено-деформованого стану шийного відділу хребта* при заміщенні тіл хребців штучними імплантатами різних конструкцій на підставі математичного моделювання з використанням методу кінцевих елементів.

Статистична обробка даних виконувалася із застосуванням середовища для статистичних розрахунків R (версія 3.6.2., R Foundation for Statistical Computing), що розповсюджується у відповідності зі Стандартною громадською ліцензією GNU (GPL), версія 2.

Відповідно до загальноприйнятих стандартів біомедичних досліджень при розрахунках ймовірність статистичної помилки першого роду приймалася $\alpha=0,05$; помилки другого роду $\beta=0,2$. Відповідно мінімальна надійність критеріїв приймалася за 95%, потужність за 80%.

Для якісних номінальних даних виконувалися угруповання даних по аналізованому параметру, побудова таблиць спряженості з подальшим розрахунком частоти і 95% довірчого інтервалу. Статистично значимі відмінності визначалися із застосуванням критерію «ксі-квадрат» (Chi-square) із зазначенням кількості ступенів свободи.

Якісні категоріальні дані, аналізовані в цьому дослідженні, оброблялися як кількісні дискретні зважаючи на чітку відповідність градації ступеня вираженості аналізованого параметра.

При обробці кількісних даних відповідність нормальному закону розподілу проводилася із застосуванням критерію Шапіро-Уїлкі (Shapiro-Wilk normality test).

У разі відповідності нормальному закону розподілу:

- дані представлені в форматі: математичне очікування \pm середньоквадратичне відхилення (mean \pm standard deviation; $m \pm SD$);
- належність до однієї генеральної сукупності двох нормально розподілених вибірок виконувалася з використанням критерію Левена (Levene's Test);
- статистично значущі відмінності двох пов'язаних вибірок визначалися із застосуванням двостороннього t-критерію Стьюдента

- відмінності двох незв'язаних вибірок оцінювалися із застосуванням t -критерію Крамера-Уелча (Welch Two Sample t -test)

В разі невідповідності нормальному закону розподілу:

- дані представлені у вигляді: медіана (перша квартиль \div третя квартиль); $Me (Q1 \div Q3)$;

- належність до однієї генеральної сукупності двох вибірок виконувалося шляхом порівняння форми розподілу із застосуванням критерію ксі-квадрат (Pearson's Chi-squared test of Independence);

- статистично значущі відмінності двох вибірок визначалися з застосуванням t -тесту Уїлкоксона-Манна-Уїтні (Wilcoxon signed rank test).

У ряду випадків, з метою більш наочного представлення результатів, дані представлялися в форматі M або Me (95% довірчий інтервал), що відповідає загальним принципам статистичної обробки даних в біомедичних дослідженнях.

Розрахунок мінімально допустимого обсягу вибірки виконувався із застосуванням програмного продукту $G * Power$ (версія 3.1.9.6, Institut für Experimentelle Psychologie), який розповсюджується безплатно [104].

В якості основного критерію, який береться до уваги при розрахунках, розглядався неврологічний статус пацієнтів. Використано наступні методики:

- ANOVA: для повторних вимірів.
- Середні: відмінності між двома незалежними групами.
- Пропорції: нерівності двох незалежних груп (точний тест Фішера).

Дані середнього, середнього квадратичного відхилення і співвідношення шансів, необхідні для розрахунку, отримані з раніше проведеного пілотного дослідження [105].

Враховувалося максимальне значення, отримане в результаті розрахунку за трьома методиками, яке склало 58 пацієнтів в кожній клінічній групі.

Обробка відсутніх значень проведена з використанням методу Multivariate Imputation by Chained Equations.

РОЗДІЛ 3.

КЛІНІКО-РАДІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАВМАТИЧНОГО УШКОДЖЕННЯ ШИЙНОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА НА СУБАКСІАЛЬНОМУ РІВНІ

Аналіз даних пацієнтів в доопераційному періоді, враховуючи проведений комплексний аналіз, дозволяє виявити певні закономірності і взаємозв'язки окремих аналізованих критеріїв. Ряд виявлених кореляційних параметрів має виняткове практичне значення, дозволяючи комплексно характеризувати ступінь і характер ушкодження як osteo-лігаментозного апарату, так і невральних структур, що має принципове значення у визначенні тактики лікування постраждалих і прогнозуванні результатів терапії.

Взаємозв'язок механізму травми і характеру ушкодження

Еволюція уявлень про біомеханіку хребта і ХСМТ, впровадження в клінічну практику більш досконалих методів візуалізації сприяли поступовому переходу від патоморфологічних (заснованих на механізмі травми) принципів систематизації ушкоджень до клінічних, які мають в більшій чи меншій мірі тактичну спрямованість [106]. Так, в ході накопичення експериментального і клінічного досвіду було достовірно доведено, що характер ушкодження хребта не має прямого або виключного зв'язку з механізмом травми. Крім величини і напрямків травмуючих сил, на характер ушкодження впливають орієнтація хребта в момент травми і структурні індивідуальні особливості хребетного стовпа. Ця особливість найбільш актуальна для ШВХ.

RW Nightingale і співавт. продемонстрували, що при травмах ШВХ, пов'язаних з безпосереднім впливом травмуючого фактора на череп, ушкодження хребта відбувається до початку руху голови, викликаного зовнішнім механічним впливом [107]. Руйнування фасеткових суглобів спостерігається, коли травмовані хребці знаходяться у відносній флексії, а вибухові переломи тіл хребців – у відносно нейтральному або екстензійному положенні, що суперечить класичним уявленням про біомеханіку ушкоджень.

Фактично вказівки на механізм ушкодження в сучасних класифікаціях (флексійне, екстензійне і ін.) використовують переважно для полегшення сприйняття комплексу травматичних змін (тобто як міг постраждати хребетно-руховий сегмент (ХРС) при незмінному за часом і точці прикладання впливі при повній відсутності впливу м'язового тону), ніж для реальної оцінки характеру травми при свідомо відомому її механізмі. Проте, як раніше активно використовувана класифікація травматичних ушкоджень ШВХ на субаксіальному рівні Argeson, так і в даний час AOSpine якщо не явно, то побічно передбачає певні залежності. Так, тип А ушкоджень класично розглядається як компресійний, що виникає при прямому стискувачому впливі, спрямованому вздовж осі хребта, вектор якого не відхиляється від вертикальної сагітальної осі більш ніж на 10° . Тип В передбачає флексійний або екстензійний вплив. Тип С імовірно обумовлений комбінацією флексії, екстензії і ротації в різних за інтенсивністю та вектором напрямках. Класичні керівництва, присвячені проблемі травматичного ушкодження ШВХ, розглядали можливість прогнозування характеру ушкоджень в залежності від механізму і обставин отримання ушкоджень. Так, травма «пірнальника» історично вважається компресивно-флексійним ушкодженням, ДТП – флексійно-екстензійним (за умови фіксації ременем безпеки), падіння в висоти – флексійно-ротаційним, падіння на площині – екстензійним або екстензійно-ротаційним. Аналіз даних літератури виявляє певні суперечливі погляди в наведеній схемі. В даний час більшість дослідників не акцентують уваги на можливому взаємозв'язку, явно не підтверджуючи, але і не спростовуючи її.

Аналіз отриманих нами даних не дозволив виявити будь-якого взаємозв'язку між аналізованими параметрами ($\chi^2=7,946$, $df=6$, $p=0,242$). Так, більше половини випадків аналізованої групи склали ушкодження типу А: 53,6% (95% ДІ: 45-62%). Ушкодження типу В зареєстровані в 25,7% (95% ДІ: 18,7-33,8%) випадків, в той час як тип С зустрічається в 15% (95% ДІ: 9,5-22%) випадків. Детальна характеристика частоти розподілу характеру ушкоджень і механізму травми представлена на *Рис. 3.1*.

Взаємозв'язок ступеня сегментарної деформації і характеру ушкодження

Аналіз даних літератури не дозволив виявити будь-яких значущих досліджень, присвячених характеристиці ступеня локальної кіфотичної деформації ХРС у пацієнтів, які перенесли травму субаксіального відділу ШВХ. Ряд авторів відзначає, що локальна деформація має провідне значення, поряд зі ступенем компресії структур хребетного каналу і ступенем нестабільності, в формуванні вторинних змін невральних структур. Порушення ліквородинаміки, деформація, зсув і «натяг» СМ найчастіше обумовлені саме кіфотичною деформацією травмованого ХРС. При цьому, більшість сучасних публікацій відображає стан сегментарного кіфозу тільки в післяопераційному періоді, розглядаючи цей параметр як ступінь стабільності досягнутого спондилодеза. Єдина згадка про біомеханіку ушкодження ШВХ вказує що, «неповні ушкодження тіла хребця, частіше ніж повні, можуть викликати кіфотичну деформацію на рівні перелому; ушкодження типу В рідко зумовлюють значущу зміну осі ШВХ; при ушкодженнях типу С може зустрічатися значна кіфотична деформація» [47]. Проведений нами аналіз до певної міри підтверджує це твердження. Так, виявлено статистично значущі відмінності значення сегментарного кіфозу у пацієнтів з різними за характером ушкодженнями ХРС субаксіального відділу ШВХ ($p < 0,001$). Апостеріорний аналіз виконаний із застосуванням критерію Манна-Уїтні. Результати представлені в табл. 8 (Додаток А).

Фактичні значення отриманих даних представлені на *Рис. 3.2*. Максимальні значення показника сегментарного кіфозу зареєстровані для ушкоджень типу А1: $13,51^\circ$ ($8,18 \div 20,07$), А2: $21,80^\circ$ ($20,12 \div 22,96$) і С: $20,01^\circ$ ($17,52 \div 21,99$), які, фактично, є піковими. При цьому, тільки значення групи А2 і С статистично достовірно відрізняються від інших типів ушкоджень. Медіана значень для груп А3, А4, В1, В2 і В3 знаходиться в діапазоні від $3,83^\circ$ до $7,39^\circ$, без статистичної різниці між групами.

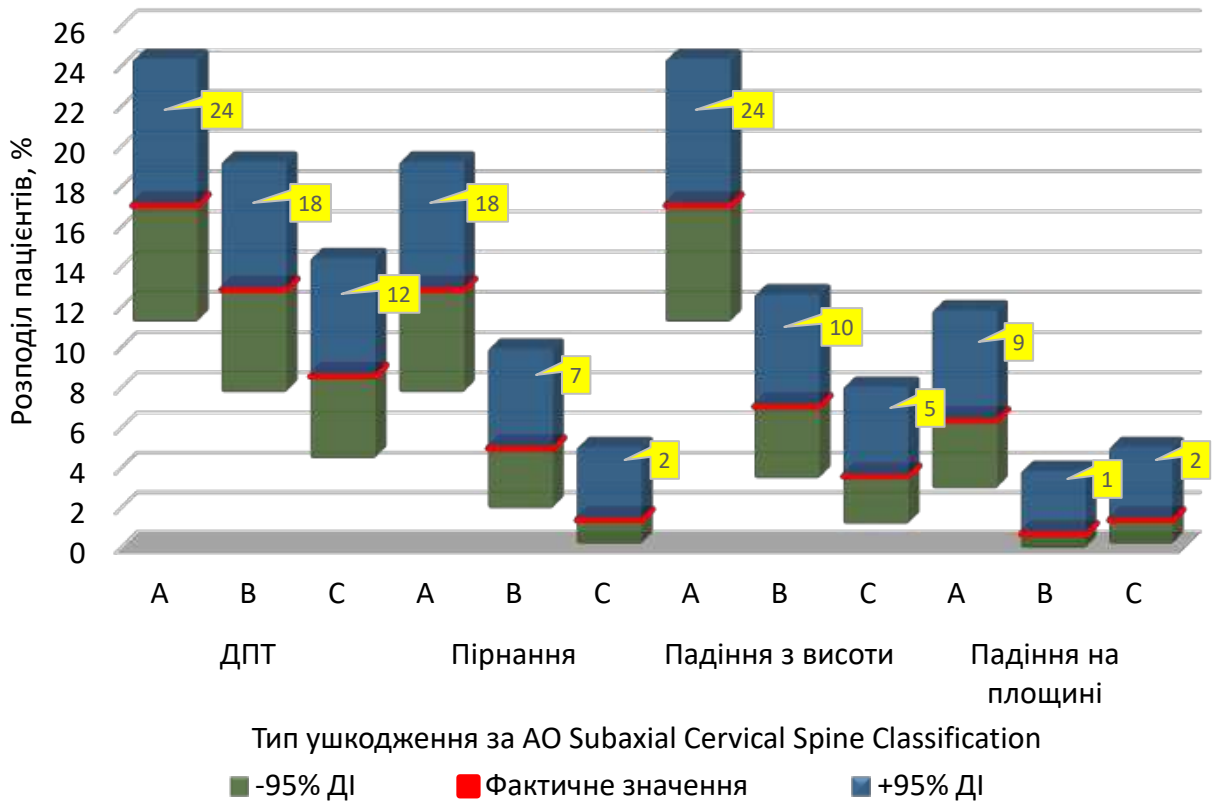


Рис. 3.1. Розподіл пацієнтів в залежності від обставин отриманої травми і характеру ушкоджень

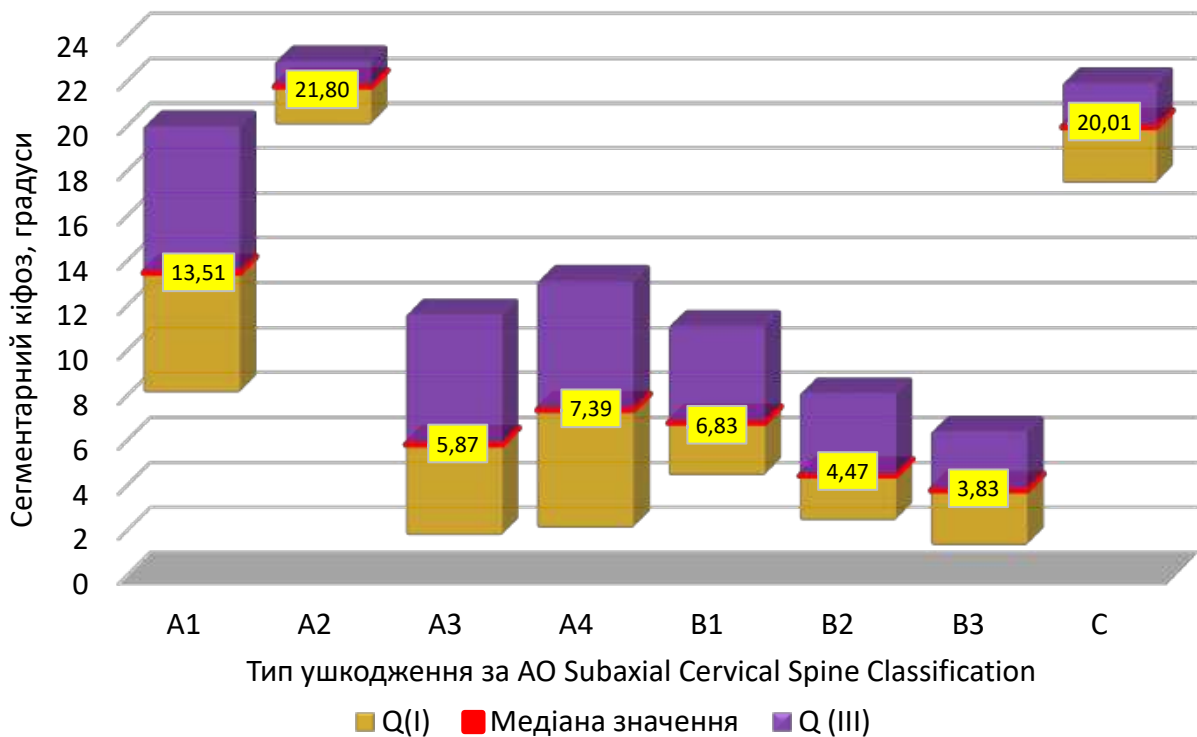


Рис. 3.2. Значення показника сегментарного кифозу ушкодженого ХРС в залежності від характеру ушкодження

Показник в групі А1, незважаючи на високе значення медіани ($13,51^\circ$) має широкий довірчий інтервал, що не дозволяє виявити відмінності з іншими групами ушкоджень.

Взаємозв'язок стану шийного лордозу і характеру ушкодження

При аналізі показника, що характеризує стан шийного лордозу, нами були виявлені закономірності, що до певної міри дублюють вищеописаний параметр. Так, максимальні значення відхилень від нормального сагітального контуру зареєстровані у пацієнтів з типом А2 та С ушкоджень за класифікацією AOSpine, які склали $-26,77^\circ$ ($-32,78 \div -20,91$) і $-26,70^\circ$ ($-36,30 \div -16,77$) відповідно. Зведена характеристика особливостей розподілу показника шийного лордозу у пацієнтів з травматичним ушкодженням ШВХ в залежності від типу ушкодження представлена на *Рис. 3.3*. В цілому, аналізуючи *Рис. 3.2* та *Рис. 3.3* визначається схожа картина за типом зворотної кореляції. При цьому, ушкодження типу А1, на відміну від значень сегментарного кіфозу, не виявляють значних змін сагітального контуру. Цей факт, мабуть, обумовлений тим, що при типі А1, на відміну від А2 і С, osteo-лігаментозні ушкодження менш виражені, і за рахунок компенсаторних механізмів активного м'язового тону не спостерігається значних змін сагітального контуру.

Статистичний аналіз показника сагітального лордозу виявляє значну різницю між групами: $\chi^2=63,306$, $df=7$, $p<0,001$. Результати апостеріорного аналізу представлені в табл. 9 (Додаток А). Таким чином, достовірні відмінності показника сагітального лордозу реєструються для груп А2 і С. Решта типів ушкоджень демонструють схожі показники: медіана в діапазоні від $-8,95^\circ$ ($-10,41 \div -3,24$), для ушкодження типу А1, і до $-0,705^\circ$ ($-5,115 \div 2,263$), для В3.

Взаємозв'язок ступеня сегментарної деформації і стану шийного лордозу

Згідно з даними літератури, найбільш критичним, при характеристиці біомеханічного стану нормального, травмованого і оперованого хребта є не аналіз ізольованих параметрів, що характеризують стан сагітального балансу, а їх взаємозв'язки ті співвідношення. Стосовно шийного відділу хребта цей факт

обумовлений наступним. Відомо, що при установці голови з будь-якого довільно обумовленого в нейтральне збалансоване і найменш енерговитратне положення потрібно визначення часу. При цьому, в абсолютній більшості випадків процес відбувається підсвідомо і для правильного сприйняття та передачі ваги голови повинний зберігатися певний взаємозв'язок між положенням голови в природному положенні стоячи, місцевими сагітальними кутами і загальною кривизною шийного відділу хребта.

В останні роки в багатьох дослідженнях рентгенівська візуалізація використовується для вивчення взаємозв'язку між параметрами, що відносяться до сагітального балансу ШВХ, включаючи центр маси голови, центр хребця С2, нахил Т1 і інші [4]. Так, Sang Hun Lee і співавт. виявили, що нахил Т1 і кут Кобба С2-С7 сильно корелюють, в той час як зміщення черепа і кут Кобба С2-С7 перебували в помірній кореляції [108]. Susan Núñez-Pereira і співавт. виявили, що кут «потилиця – С2» і кут Кобба С2-С7 також демонструють помірну кореляцію [109]. Jessica A. Tang і співавт. виявили тісний зв'язок між сагітальною вертикальною віссю С2-С7 і якістю життя у пацієнтів, які перенесли операцію на шийному відділі хребта [110]. Вищевказані дослідження показали, що кут сегмента, вирівнювання шийного відділу хребта і положення першого грудного відділу хребта є взаємозалежні і можуть зумовлювати прогресування дегенеративних змін. Однак даних, що характеризують ступінь кореляції показників локальної деформації і загального сагітального профілю у пацієнтів з травматичними ушкодженнями ШВХ, при аналізі літератури нами не виявлено.

З метою виявлення можливого взаємозв'язку аналізованих параметрів використано коефіцієнт рангової кореляції Спірмена, зважаючи на відмінності розподілів аналізованих параметрів від нормального (для ЗШЛ та СК $p=0,0042$ і $p<0,001$ відповідно). Отримані результати демонструють високі показники кореляції: $r=-0,919$, $p<0,0001$. Негативне значення коефіцієнта свідчить про можливу наявність зворотного зв'язку (Рис. 3.4). Високий ступінь кореляції скоріш за все частково обумовлений геометричною залежністю аналізованих значень.

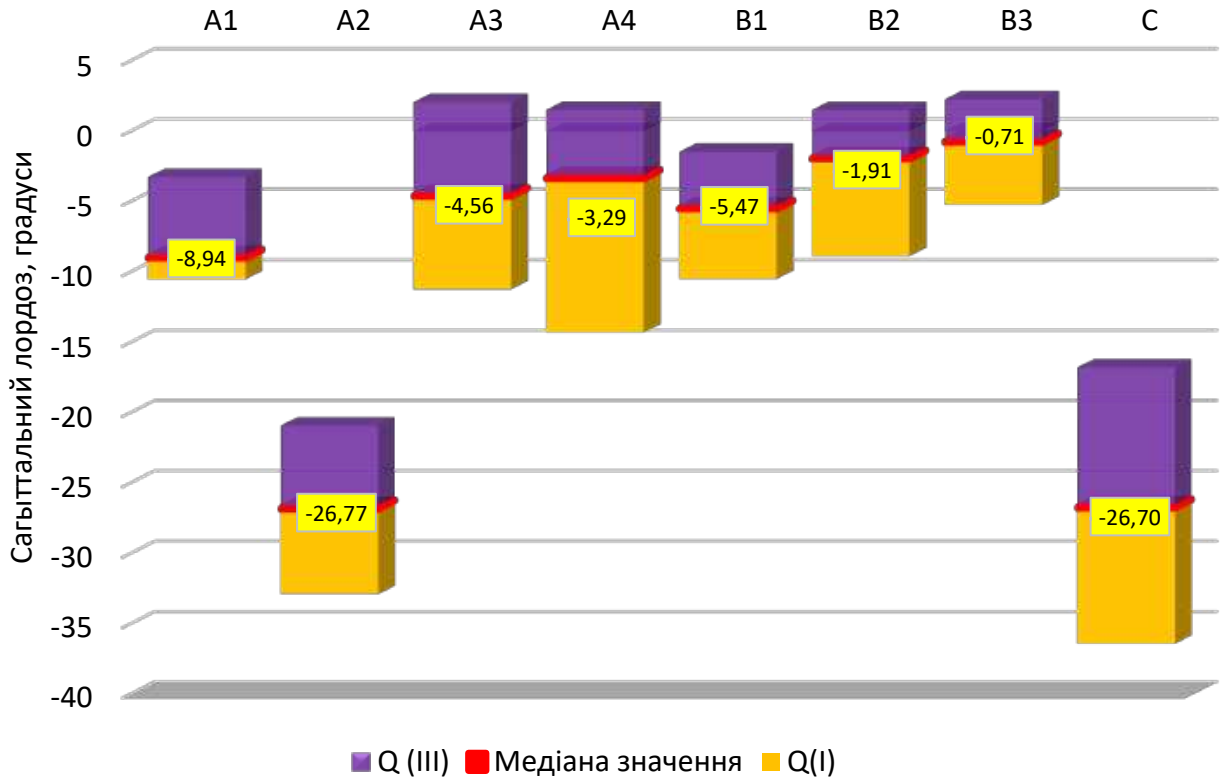


Рис. 3.3. Значення показника сагітального лордозу ШВХ у пацієнтів з травматичним ушкодженням на субаксіальному рівні в залежності від характеру ушкодження

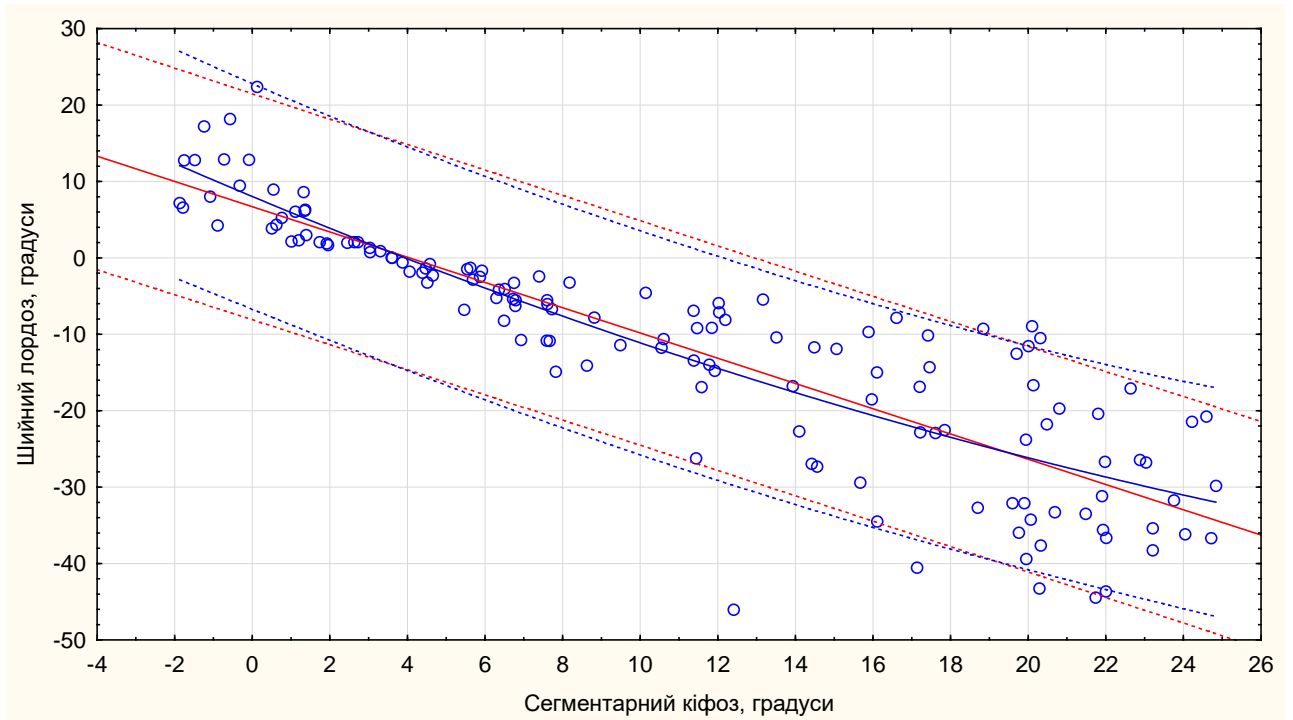


Рис. 3.4. Співвідношення значень сегментарного кіфозу і шийного лордозу.

Для визначення математичної залежності показників виконаний регресійний аналіз. Лінійна регресійна модель:

$$\text{ЗШЛ} = 6,7071 - 1,6529 * \text{СК},$$

де ЗШЛ – загальний шийний лордоз, СК – сегментарний кіфоз.

Коефіцієнт детермінації (R^2) для моделі склав 0,766, розраховані коефіцієнти достовірні при $p < 0,001$ (Рис. 3.4, Червона лінія).

Нелінійна регресійна модель:

$$\text{ШЛ} = 8,0387 - 2,1205 * \text{СК} + 0,0205 * \text{СК}^2$$

Коефіцієнт детермінації (R^2) для моделі склав 0,771 (Рис. 3.4, Синя лінія).

З огляду на незначну втрату прогностичної значимості і для простоти сприйняття для подальшого аналізу нами використана лінійна регресія.

Більш поглиблений аналіз можливих залежностей аналізованих параметрів представлений в табл. 10 (Додаток А). Поділ виконано на групи пацієнтів залежно від типу ушкодження. При цьому виявлено, що максимальні значення коефіцієнта Спірмана спостерігаються в групах А3, А4 і В3 типів ушкодження при високих коефіцієнтах достовірності ($p < 0,0001$). Взаємозв'язок аналізованих параметрів в групах А1 і А2 статистично не достовірний ($p \gg 0,05$). У групі з ушкодженнями типу С значення кореляції статистично значуще, проте коефіцієнт кореляції становить -0,57, що говорить про низький взаємозв'язок аналізованих значень.

Слід зазначити, що отримані дані досить складно трактувати з анатомічної точки зору. Ні дані літератури, ні результати наших досліджень не дозволяють об'єктивно пояснити настільки виражений дисонанс щодо подібних типів травматичних ушкоджень ХРС.

З огляду на вищеописані результати, нами було висунуто припущення, що ступінь кореляції значень СК та ЗШЛ може більшою мірою залежати від рівня відхилення зазначених показників від нормальних, ніж від типу ушкодження хребта. Для підтвердження зазначеної гіпотези всі пацієнти були розділені на групи в залежності від показника сегментарного кіфозу незалежно від типу і ступеня ушкодження ХРС. Результати представлені в табл. 11 (Додаток А).

Отримані дані переконливо демонструють, що найбільша залежність аналізованих параметрів реєструється при показниках локальної деформації в діапазоні від 0° до 10° . При високих показниках кифозу значення шийного лордозу схильні до значної варіації, що вірогідно обумовлено великим впливом компенсаторних механізмів і додаткових факторів, не врахованих в моделі. Загальна картина розподілу представлена на *Рис. 3.5*.

Взаємозв'язок типу і ступеня ушкодження osteo-лігаментозного апарату

AOSpine subaxial cervical spine injury classification system, будучи фрагментом OTA/AO Fracture and Dislocation Classification в рубриці 51. __. X, в даний час являє собою найбільш сучасний і універсальний інструмент для класифікації травматичних ушкоджень субаксіального відділу ШВХ [95, 106]. Класифікація враховує характер морфологічних змін, неврологічний статус і додаткові модифікатори. Незважаючи на широке поширення, на думку ряду авторів, найбільш великим недоліком зазначеної системи є відсутність кількісної оцінки. На відміну від раніше запропонованих систем, класифікація не дозволяє виконати бальну оцінку ушкодження, і базуючись на отриманому результаті вибрати оптимальну тактику терапії.

З іншого боку, шкала CSISS дозволяє оцінити в балах ступінь ушкодження ХРС, фактично будучи шкалою ступеня нестабільності, має тактичну спрямованість, але досить обмежену морфологічну описову частину. На підставі наявного клінічного матеріалу нами було проведено аналіз відповідності характеру ушкодження ступеню прогнозованої нестабільності. Результати представлені на *Рис. 3.6*.

Проведена статистична обробка виявляє значні відмінності показника ступеня нестабільності в залежності від типу ушкодження: $\chi^2=116,49$, $df=7$, $p<0,0001$. Подальший апостеріорний аналіз дозволяє визначити ряд закономірностей (Табл. 12, Додаток А).

Так, максимальні значення за шкалою CSISS очікувано реєструються при типі С ушкодження: $17(16,0\div 19,5)$ при максимально можливих 20 балах.

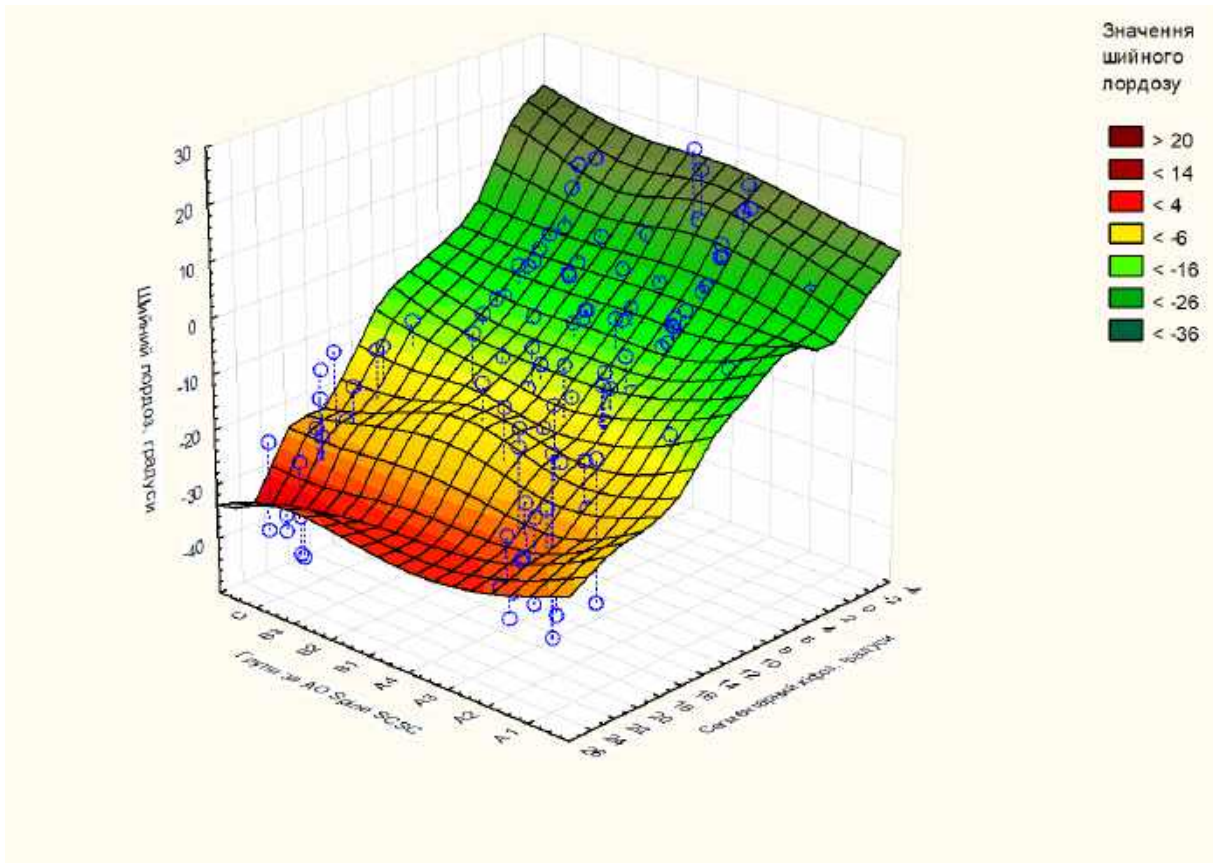


Рис. 3.5. Зведена характеристика співвідношень сегментарного кіфозу і шийного лордозу при різних типах ушкодження ХРС

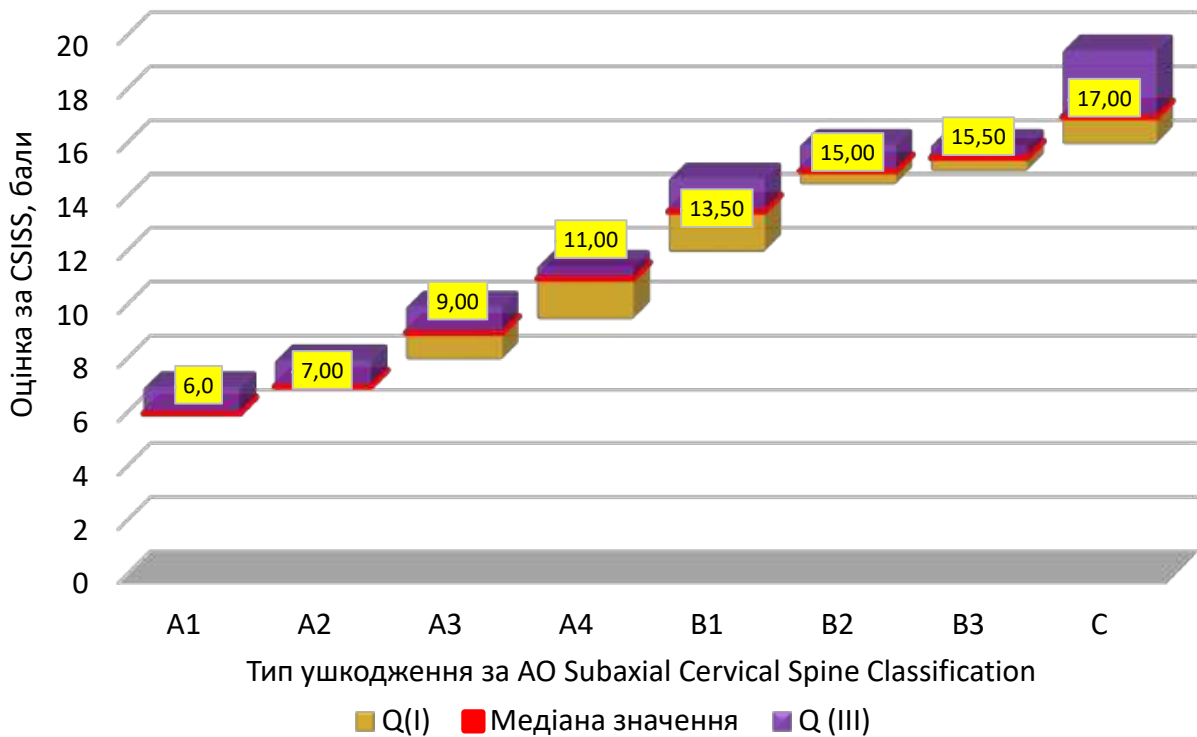


Рис. 3.6. Відповідність ступеня ушкодження ХРС (за CSISS) типу ушкодження (за AO Subaxial Cervical Spine Injury Classification)

Показник статистично відрізняється від усіх аналізованих груп. При В типі ушкодження значення медіани балів знаходиться в діапазоні від 13,5 до 15,5 балів. При цьому спостерігається незначне збільшення показника від В1 до В3. При порівнянні підгруп В1-В2 і В2-В3 достовірної різниці не зареєстровано ($p > 0,05$), в той час як В1 значимо відрізняється від В3.

У групі ушкоджень типу А реєструється досить широка варіабельність значень, з прогресивним наростанням від 6 балів ($6,0 \div 7,0$) для типу А1 до 11 балів ($9,5 \div 11,5$) для А4. Показники підгруп А1 і А2 статистично достовірно не відрізняються, в той час як різниця між А2, А3 і А4 достовірна.

Отримані результати досить прогнозовані, що в цілому диктується принципом побудови системи AOSpine. У той же час, при аналізі літератури нами не виявлено аналогічних досліджень, що досить чітко характеризують ступінь прогнозованої нестабільності.

Згідно з даними розробників CSISS, значення 7 балів і більше відповідають нестабільним ушкодженням і такі травми вимагають хірургічної стабілізації [94]. Як видно з *Рис. 3.6*, в нашому дослідженні реєструються пацієнти і з меншими показниками. При цьому слід враховувати, що шкала розглядає виключно ортопедичну складову травматичного ушкодження. Ми ж у визначенні тактики терапії використовували комплексний підхід, враховуючи ряд факторів, таких як ступінь компресії невральних структур хребетного каналу, вираженість і динаміка неврологічної симптоматики, ступінь локальної деформації і нестабільності травмованого ХРС. Більш детально зазначені фактори розглядаються нижче.

Взаємозв'язок типу ушкодження і розміру фактору компресії

Як зазначено вище, розмір фактору компресії, як патологічного субстрату, який безпосередньо впливає на структури хребетного каналу на рівні травмованого ХРС, має одне з провідних значень, поряд зі ступенем травматичних ушкоджень і ступенем деформації як в діагностичному, так і прогностичному аспекті. Виходячи з принципів класифікування ступеня і характеру ушкодження ХРС логічно припустити, що при належному рівні

деталізації всіх деструктивних проявів, що виникли в результаті травматичного впливу, розмір фактору компресії повинен мати прямий і безпосередній взаємозв'язок з певними класифікаційними рубриками. Однак, як за даними літератури, так і за нашими даними лінійної залежності не спостерігається. Цей факт, ймовірно, обумовлений наступним.

Відомо, що травма являє собою ряд динамічних подій, що відбуваються з плином часу, тоді як клінічна оцінка проводиться у пацієнта в статичному стані відносно сил і рухів [111]. Динамічні події, що відбуваються під час травми, не відображаються в наступних статичних анатомічних оцінках ушкоджених тканин [112]. Так, наприклад, ступінь оклюзії хребетного каналу, що виникає під час вибухового перелому тіла хребця, значно перевищує ступінь оклюзії, що спостерігається при комп'ютерній томографії, виконаній після травми. З огляду на це міркування, зрозуміло, що ступінь неврологічного дефіциту в більшій мірі корелює зі ступенем стенозу хребетного каналу, що мав місце до травми, ніж з компресією СМ фрагментами травмованого ХРС [113, 114]. Крім того, явища пасивного легаментотаксіса, спонтанного вправлення травматичних підввихів і вивихів до певної міри нівелюють взаємозв'язки між характером ушкодження і залишковим компресійним ефектом.

Проте, ряд авторів відзначає можливі кореляційні взаємозв'язки аналізованих параметрів, що частково підтверджується нашими даними.

При аналізі наявної вибірки нами використана поліноміальна логістична регресійна модель типу: (AOSpine group) ~ (фактор компресії). Визначено граничні коефіцієнти розподілу значення фактору компресії по групах. Прогностична ефективність моделі склала 56%, інформаційний критерій Акаїке 512,321. Результати аналізу представлені в табл. 13 (Додаток А).

Таким чином, визначено залежність:

$$\text{Границя групи} = 0,262 * \text{фактор компресії}$$

Ступінь кореляції аналізованих параметрів визначений як помірний, що, ймовірно, обумовлено рядом неврахованих факторів, описаних вище.

Взаємозв'язок ступеня ушкодження і розміру фактору компресії При аналізі співвідношення ступеня ушкодження ХРС за класифікацією CSISS і розмірів фактору компресії визначається схожа закономірність (Рис. 3.7). Для аналізу використана лінійна регресійна модель. Результати розрахунків наведені в табл. 14 (Додаток А).

В результаті проведеного аналізу визначена модель:

$$\text{Фактор компресії} = 1,4 + 0,72 * \text{CSISS}$$

Коефіцієнт детермінації моделі становить 0,486, загальна достовірність $p < 0,001$.

Таким чином, наведені дані демонструють відсутність безпосереднього лінійного взаємозв'язку між аналізованими параметрами. Травматичне ушкодження, як явище багатовимірне, характеризується безліччю параметрів, що безпосередньо або опосередковано впливають як на динаміку, так і на результат захворювання.

Так, наприклад, при додаванні в прогностичну модель показника сегментарного кіфозу, загальний скорегований конфідент детермінації підвищується до 0,59. Дані наведені в табл. 15 (Додаток А). Загальні показники моделі: $F=49,69 [2; 137]$, $p < 0,0001$.

Наведені дані переконливо демонструють, що єдиним методом досягнення оптимальних результатів при прогнозуванні, аналізі результатів діагностичних процедур, плануванні і виконанні хірургічних втручань, а також визначенні режиму післяопераційного періоду є прийняття до уваги великої кількості факторів.

Взаємозв'язок показників неврологічного дефіциту у постраждалих з ХСМТ на субаксіальному рівні ШВХ при застосуванні шкал ASIA і ISNCSCI

Травма хребта та спинного мозку є актуальною проблемою сучасної медицини саме в зв'язку із значною кількістю супутніх посттравматичних функціональних порушень як з боку СМ, так і з боку периферичних нервових утворень, обумовлених анатомічним ушкодженням, компресією або забоєм структур хребетного каналу різного ступеня тяжкості.

Ортопедична складова ХСМТ обумовлює початкову значну економічну частку терапії за рахунок необхідності виконання реконструктивних хірургічних втручань, що вимагають часто дорогих систем стабілізації. Однак, саме неврологічна складова травми, а саме дисфункція СМ або безпосередньо, або опосередковано є причиною високої летальності і визначає подальші витрати на тривалу реабілітацію і соціальну адаптацію постраждалих. Високий рівень втрати працездатності пов'язаний безпосередньо не з ушкодженням опорних структур хребта і розвитком нестабільності, а з розвитком стійкого неврологічного дефіциту. За даними ретроспективного аналізу вартості терапії пацієнтів з травматичним ушкодженням ШВХ, проведеним в США, на ліквідацію «ортопедичних» наслідків травми припадає не більше 7,5-9% від загальної суми витрат на лікування протягом 1 року після травми. Саме тому «неврологічна» складова травми має таке велике значення не тільки в нейрохірургічному аспекті, а й економічному для сучасного суспільства в цілому. Як зазначено вище, для оцінки рівня неврологічного дефіциту у постраждалих з ХСМТ в цілому і травмою субаксіального рівня зокрема, в даний час стандартом *de facto* є шкала ASIA. При цьому, незважаючи на значну поширеність і загальне визнання, шкала ASIA є свого роду скринінговим інструментом, не дозволяючи деталізувати специфіку неврологічних порушень. З іншого боку, досить докладним діагностичним інструментом є ISNCSCI, що дає можливість верифікувати мінімальні зміни статусу потерпілого. Слід зазначити, що більшість автоматизованих інструментів розрахунку ISNCSCI, з тим або іншим ступенем точності вирішують проблему визначення градації ASIA, проте похибка подібних методів не передбачає використання отриманих даних. Таким чином, градація по ASIA завжди виконується емпірично, а оцінка ISNCSCI – шляхом розрахунків. Аналіз літератури не виявив будь-яких робіт, присвячених співвідношенню показників даних оціночних інструментів.

Проведений поліноміальний логістичний регресійний аналіз ідентифікував високу кореляцію результатів оцінки неврологічного статусу пацієнтів із застосуванням аналізованих інструментів. Це видається цілком

закономірним, враховуючи, що оцінюється одне явище різними способами. Результати наведені в табл. 16 (Додаток А). Прогностична ефективність моделі склала 95,7%, інформаційний критерій Акаїке 43,07. Результати «прогноз / фактичне значення» представлені в табл. 17 (Додаток А). Таким чином, отримана модель:

$$ASIA = 0,277 * ISNCSCI$$

Іншими словами, якщо у пацієнта, наприклад, при оцінці неврологічного статусу загальна сума балів за шкалою ISNCSCI склала 58 балів, то з ймовірністю 96% він буде віднесений до групи В ($58 * 0,277 = 16,06$; $16,06 > 14,316$ і $16,06 < 7,103$, відповідно діапазон В). Закономірно, що рівню Е відповідає тільки 324 бала.

Незважаючи на згадану простоту, зазначена закономірність досить зручна при аналізі англomовної профільної літератури з метою зіставлення наявних результатів, тому що в більшості випадків використовується тільки один з описаних методів оцінки (Рис. 3.8).

Взаємозв'язок ступеня радіологічних змін структури СМ і ступеня вираженості неврологічних розладів

Поява в 1980-х роках і подальше широке поширення МРТ в значній мірі дозволило розширити як діагностичні, так і прогностичні можливості оцінки травматичного ушкодження СМ. Історично, найбільше прогностичне значення надавалося зміні МР-сигналу на T2ВІ [115, 116]. У гострій фазі ХСМТ зміну сигналу на T2ВІ пов'язують з основними патогістологічними змінами, що відбуваються в СМ, які досить докладно вивчені як в експериментальних, так і клінічних дослідженнях [117]. При цьому, гіпоінтенсивний сигнал на T2ВІ відповідає накопиченню дезоксигемоглобіну під час гострої і метгемоглобіну в підгострій стадії геморагії [118]. Гіперінтенсивний сигнал на T2ВІ менш специфічний і обумовлений поєднанням вазогенного набряку, цитотоксичного набряку, аксонолізу, мієлінолізу і запального клітинного інфільтрату [119].

У разі госпіталізації і первинної оцінки ступеня тяжкості постраждалих з неврологічно ускладненим або неускладненим травматичним ушкодженням ШВХ на субаксіальному рівні закономірно найбільш критичним і актуальним

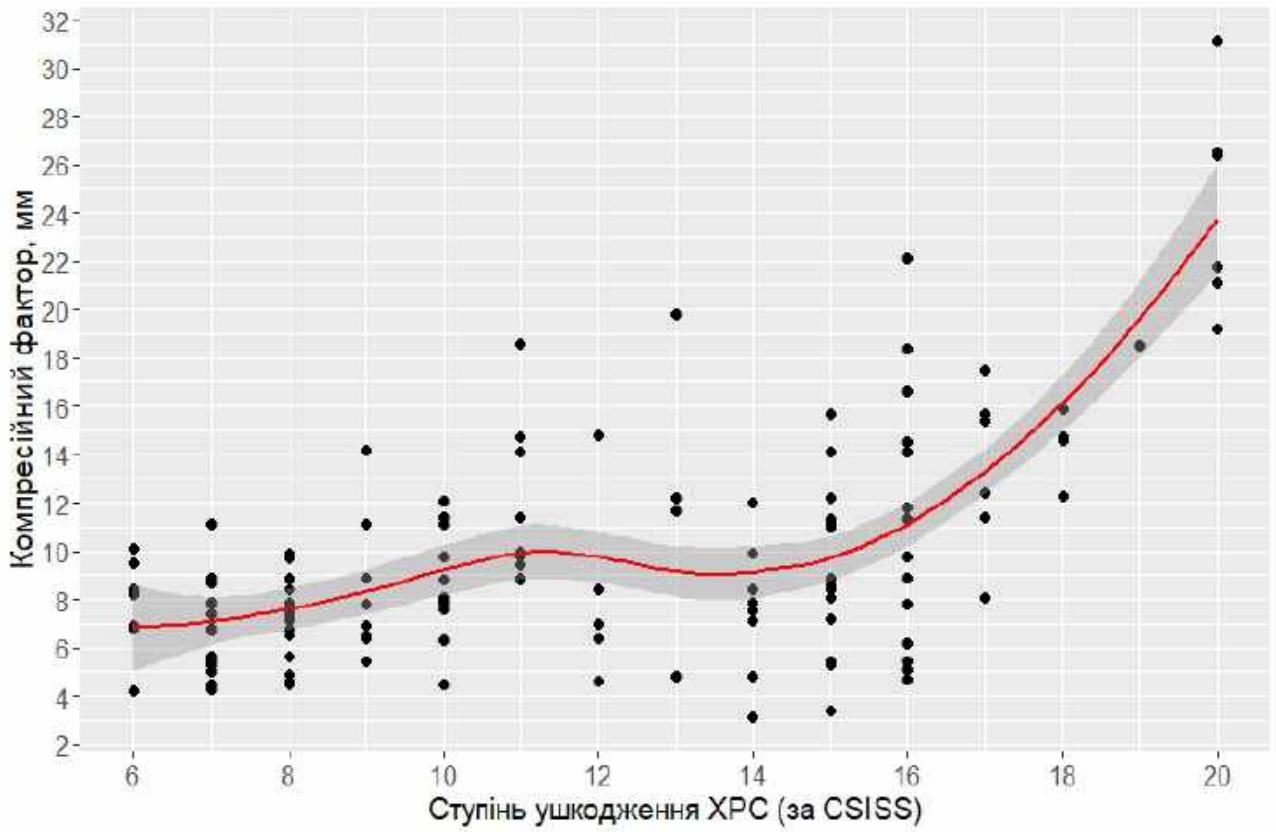


Рис. 3.7. Співвідношення показників ступеня ушкодження ХРС і розмірів фактору компресії

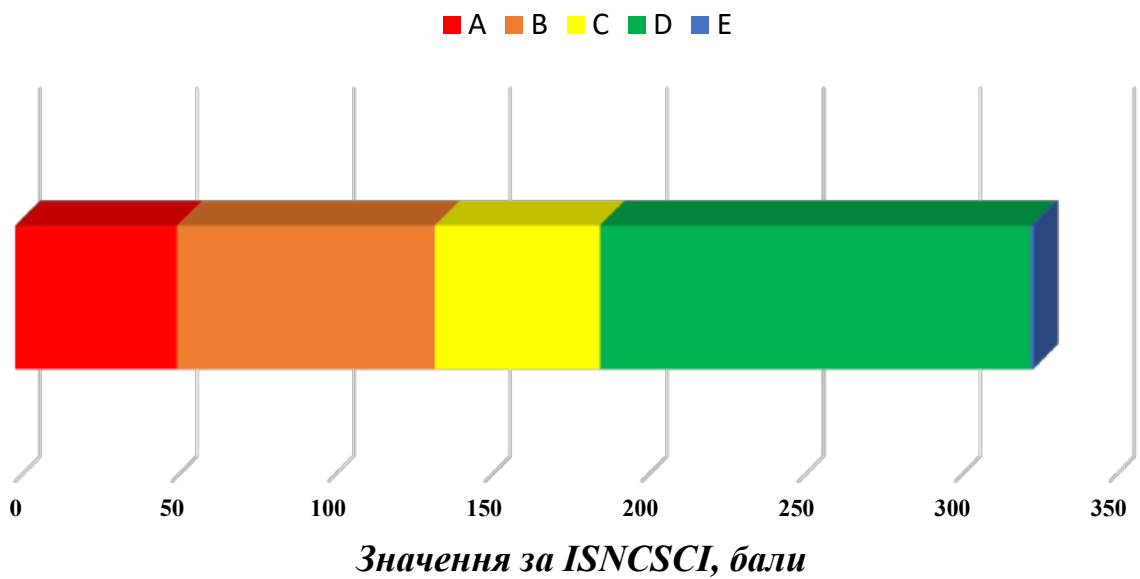


Рис. 3.8. Співвідношення показників ISNCSCI і ASIA.

питанням є ступінь вираженості неврологічних розладів. При цьому, незважаючи на досить широке застосування у вітчизняній практичній охороні здоров'я МР-візуалізації, характер і ступінь травматичних змін СМ, а також градація цих змін з використанням будь-якої з розроблених шкал у постраждалих, за нашими даними, практично не застосовується. Поряд з цим, багато авторів відзначають, що МРТ, виконана в Т2ВІ режимі є єдиним, за винятком поки що малодоступних трактографії і дифузійно-зваженої томографії, методом неінвазивної оцінки і прогнозування регресу неврологічних розладів.

У нашому дослідженні, на підставі наявних даних був проведений регресійний аналіз, що визначив ступень кореляції між клінічними і МРТ проявами травматичних змін СМ у постраждалих з ХСМТ ШВХ на субаксіальному рівні. Лінійна регресія демонструє високий ступінь кореляції аналізованих показників. Так, корегований коефіцієнт детермінації становить 0,851 при загальних показниках аналізу $F=199,7$ [4; 135], $p<0,001$. З метою визначення інтервалів використана поліноміальна логістична регресія. Результати наведені в табл. 18 (Додаток А).

Таким чином, отримані дані демонструють переконливий взаємозв'язок між ознаками травматичних змін СМ і виразністю неврологічних розладів. Зазначена закономірність в подальшому може бути використана як при визначенні тактики терапії, так і прогнозу тривалості та ефективності лікування у постраждалих з травматичним ушкодженням СМ на субаксіальному рівні.

Взаємозв'язок характеру ушкодження osteo-лігаментозного апарату і ступеня вираженості неврологічних розладів

Розподіл на «ортопедичну» і «нейрохірургічну» складові ХСМТ, що склався історично, в останні десятиліття зазнає певних змін. Ізольований розгляд і сприйняття тільки характеру osteo-лігаментозних змін без урахування неврологічного статусу у пацієнтів з травматичними змінами ШВХ на субаксіальному рівні не приводить і не може привести до оптимального тактичного рішення. Як відзначають багато авторів, тільки комплексний підхід і оцінка травмованого хребта як єдиної структури, яка охоплює і вміст хребетного

каналу, дозволяють досягти максимально можливих результатів, враховуючи, що навіть мінімальна позитивна динаміка може мати критичне значення для соціальної реабілітації постраждалих.

При оцінці залежності ступеня вираженості неврологічної дисфункції від типу ушкодження ХРС визначається наступна картина: найбільш груба неврологічна симптоматика визначається в група А4 і С (Рис. 3.9). Показники за шкалою ISNCSCI становлять відповідно 97 (40÷144) балів і 83 (42÷178) бала. Дещо більші показники реєструються при А3 типі ушкодження: 196 (131,5÷288,5) балів (Рис. 3.10). У межах інших груп медіана значень знаходиться в діапазоні від 251 до 289 балів з досить широким міжквартильним розмахом. З огляду на значне відхилення розподілу показника від нормального ($W=0,911$; $p<0,001$) з метою оцінки значущості відмінностей використано тест Крускала-Уолліса. Виявлено статистично значущі відмінності ($\chi^2=31,58$, $df=7$, $p<0,001$). Результати значущості міжгрупових відмінностей наведені в табл. 19 (Додаток А). Отримані дані свідчать, що тільки ушкодження типу А4 і С статистично значущо відрізняються від інших груп. Подібні результати до певної міри узгоджуються з сучасними уявленнями про біомеханіку ХСМТ і мають певне патанатомічне підґрунтя. Так, відомо, що при типі А ушкоджень страждає переважно передній опорний комплекс, ступінь ушкодження якого, прогресивно наростаючи, фактично і обумовлює підкласи від А1 до А4. При цьому, дуги хребців, що формують спільно з лігаментозним апаратом задню стінку хребетного каналу, найчастіше залишаються практично інтактними. Відповідно, спонтанної декомпресії, яка може бути зумовлена ушкодженням заднього опорного комплексу, що більш характерно для типу В ушкоджень, не виникає. Тому, ступінь неврологічних розладів при типі А має безпосередній взаємозв'язок зі ступенем руйнування тіла хребця.

На противагу цьому, при типі В подібної кореляції не відзначається. Показники ISNCSCI для груп В1, В2 і В3 складають, відповідно до наших даних, 289 (136,75÷324) балів, 276 (170÷307,5) бали і 253 (151,75÷295,75) бала відповідно.

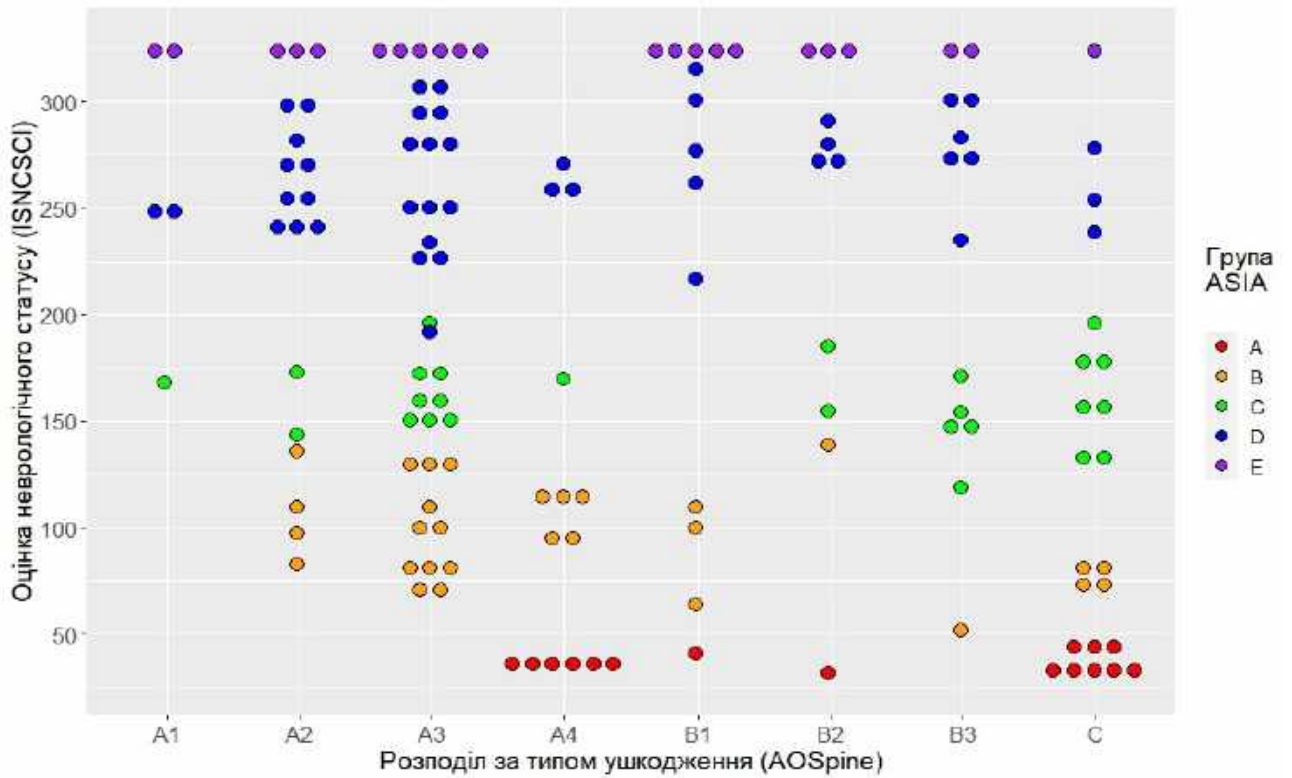


Рис. 3.9. Показники неврологічного дефіциту у пацієнтів при різних типах травматичних ушкоджень ХРС ШВХ на субаксіальному рівні

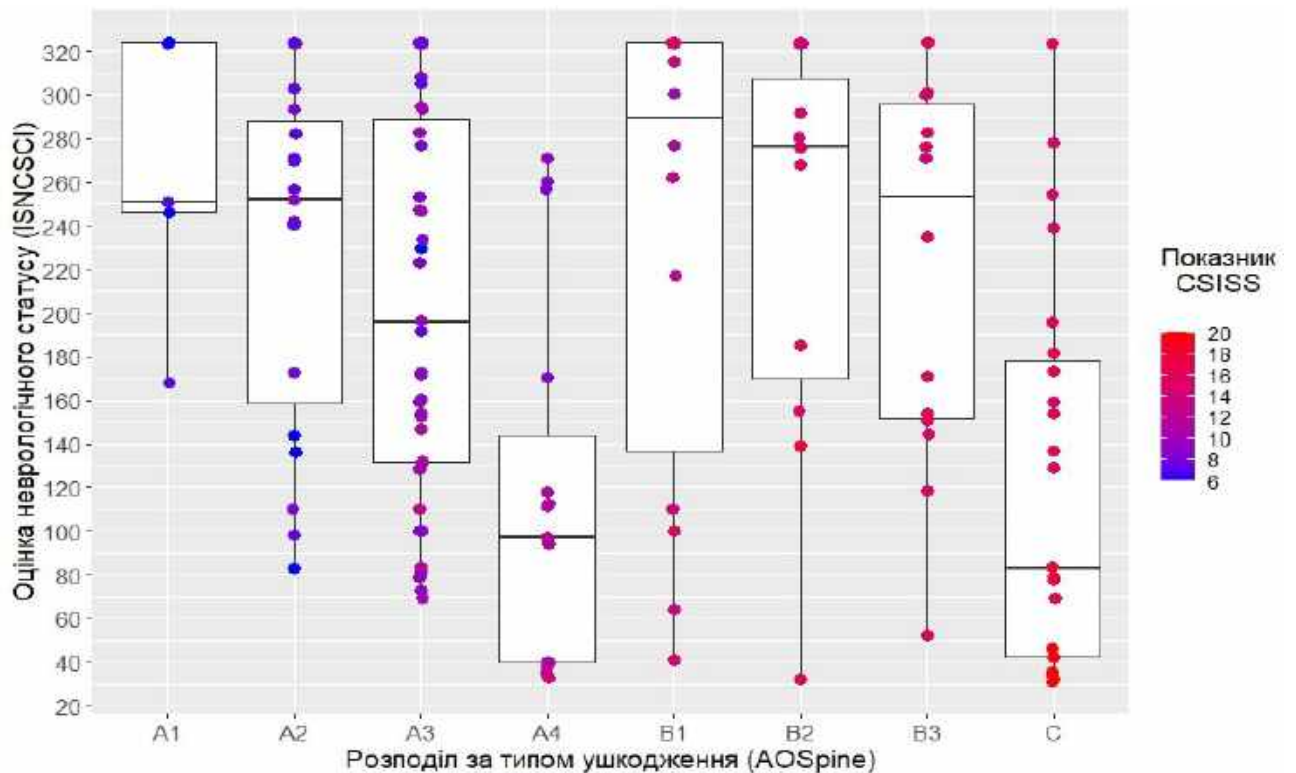


Рис. 3.10. Взаємозв'язок рівня нестабільності та вираженості неврологічних розладів у постраждалих з різними типами ушкоджень ХРС

При цьому, як відзначають деякі дослідники, кісткова компресія грає вторинну роль у формуванні неврологічних розладів. Значно більше значення має ушкодження невральних структур, що виникає безпосередньо під час травми в результаті зміни осі хребта при гіперфлексії або гіперекстензії, яка паралельно і призводить до певного паттерну остео-лігаментозних ушкоджень. Крім того, при типі В значно частіше реєструються травматичні грижі міжхребцевих дисків, що виникають в результаті ушкодження задньої поздовжньої зв'язки і/або оболонкові гематоми. Однак в цілому, частково завдяки і спонтанній декомпресії, що виникає при руйнуванні заднього опорного комплексу, ушкодження типу В неврологічно більш сприятливі в порівнянні з високими ступенями типу А.

Ушкодження типу С, відповідно до класифікації AOspine, є найбільш різномірною групою, що включає всі види травм, що супроводжуються «зсувними» зміщеннями як в передньо-задній, так і бічній проекції, а також всі можливі елементи ротації. Відповідно, тип С характеризується дуже широким спектром ушкодження кісткових структур, від повністю інтактних, як наприклад при повному зчепленому двосторонньому вивиху, до повного руйнування всіх опорних структур. Однак, характерною особливістю є практично завжди грубе ушкодження диско-зв'язкового апарату травмованого ХРС, що і зумовлює високі значення при оцінці по CSISS (*Рис. 3.6*). З огляду на настільки різномірний характер травматичних змін, неврологічний дефіцит при подібних травмах досить варіабельний. У нашому дослідженні при типі С реєструються всі класи ASIA, від А до Е, і найбільшого розмаху значень по ISNCSCI, від 31 до 324 балів (*Рис. 3.9*). При цьому, більшість випадків характеризується грубими неврологічними розладами (медіана = 83 бали, що відповідає ASIA В), і найбільшою кількістю пацієнтів з ASIA А – 8 постраждалих, при 6 у групі А4 і не більше одного в інших.

За даними літератури, ураження невральних структур хребетного каналу при подібних ушкодженнях як правило пов'язане з вираженою нестабільністю. Найчастіше спостерігається вторинна травма СМ в разі відсутності належної

імобілізації під час транспортування, при виконанні необхідних діагностичних процедур. Ушкодження цього типу, за нашими даними, характеризуються найбільшою дисоціацією між ступенем компресії структур хребетного каналу і виразністю травматичних змін в СМ.

Взаємозв'язок між показниками нестабільності і вираженості неврологічних розладів

Як зазначено вище, одним з ключових критеріїв, що характеризує ХСМТ, є ступінь нестабільності ушкодженого ХРС, моніторинговим параметром якого в даний час є показники шкали CSISS. Відповідно, закономірним є припущення, що ступінь ушкодження СМ може мати певний взаємозв'язок з показниками CSISS. Аналіз наших даних демонструє наступні результати (*Рис. 3.11*). Лінійна регресійна модель характеризується високим рівнем достовірності ($F=19,6$ [1; 138], $p<0,0001$), проте і досить низьким коефіцієнтом детермінації: 0,215. Цей факт, вірогідно, пояснюється тим, що при різних типах ушкодження, ступінь нестабільності має різний вплив на формування неврологічних розладів. Подібне припущення підтверджується при аналізі *Рис. 3.9*. Так, для кожного типу ушкодження, в більшій чи меншій мірі характерна залежність: при збільшенні показника CSISS зменшуються значення ISNCSCI. Проведені розрахунки по групах класифікатора AOspine надані в табл. 20 (Додаток А).

При аналізі результатів слід відзначити, що значення коефіцієнта при показнику суми балів CSISS завжди негативне, тобто спостерігається зворотна залежність: зі збільшенням ступеня нестабільності кількість балів по ISNCSCI зменшується. Розраховані коефіцієнти статистично достовірні для А3, А4, В2 і С типів ушкоджень, при цьому значуще не відрізняються. В середньому, збільшення показника CSISS на один бал призводить до зниження ISNCSCI на 30 балів в межах аналізованого діапазону значень. Отримані результати мають таке статистичне підтвердження. При аналізі лінійної багатofакторної залежності типу:

$$ISNCSCI \sim CSISS + AOspine,$$

de: ISNCSCI – рівень неврологічного дефіциту пацієнтів з травматичним ушкодженням ШВХ на субаксіальному рівні,

CSISS – оцінка рівня нестабільності,

AOspine – група, що характеризує тип ушкодження згідно AOspine Subaxial Classification System,

визначається, що скоригований коефіцієнт детермінації моделі дорівнює 0,382 при $F=11,74$ [8; 131], $p<0,0001$. У той же час, при аналізі моделі з урахуванням взаємодії факторів CSISS + AOspine, тобто при:

ISNCSCI ~ CSISS * AOspine

прогностична ефективність моделі збільшується до 42,5% ($F=7,577$ [15; 124], $p<0,0001$). Дисперсійний аналіз виявляє статистично значущу різницю коефіцієнтів детермінації ($p=0,0427$). Відповідно, отримані дані демонструють, що не тільки абсолютні значення показника нестабільності і характеру ушкодження, але і взаємовідношення цих факторів відіграє значну роль у зумовленні ступеня неврологічних розладів у пацієнтів.

Взаємозв'язок між розмірами фактору компресії і ступенем вираженості неврологічних розладів

Велика кількість публікацій як вітчизняних, так і зарубіжних авторів переконливо свідчить про наявність безпосереднього взаємозв'язку між ступенем компресії структур хребетного каналу при травматичному ушкодженні хребта та ступенем вираженості неврологічних розладів. Більш поглиблений аналіз літератури, тим не менш, не дозволив виявити ступінь і характер подібної залежності. Цей факт, частково обумовлений відсутністю уніфікованої методики вимірювання травматичного субстрату, що компримує СМ, його оболонки, корінці і надає безпосередній вплив на ліквроо- і гемодинаміку в зоні ушкодження. Запропонований нами спосіб, завдяки простоті вимірів, має високий рівень відтворюваності (85% при $p=0,0003$).

При аналізі наших даних отримана наступна залежність:

ISNCSCI = 334,111 - 14,116 * фактор компресії (мм)

Наведена модель має помірну прогностичну здатність (коефіцієнт детермінації 0,4785), проте високий рівень статистичної достовірності (р коефіцієнта і інтерсепта $<0,001$) при $F=126,6$ [1; 138].

Візуально дані представлені на *Рис. 3.12*. При оцінці розподілу відзначається, що найбільший взаємозв'язок показників зареєстрований в групах зі значеннями ASIA B-D, в той час як в групах ASIA A і ASIA E відзначається досить широку варіабельність розмірів фактору компресії при аналогічних показниках неврологічного статусу.

Цей факт, очевидно, має певну патанатомічну основу. При грубих неврологічних розладах, які часто поєднуються з високим рівнем нестабільності травмованого ХРС, ступінь компресії може грати вторинну роль, тому що основна травматизація СМ відбувається безпосередньо в момент травми, а подальша картина нейровізуалізації не відображає всієї повноти ступеня механічного впливу на структури, розташовані в хребетному каналі. З іншого боку, як часто спостерігається у пацієнтів з ASIA E, навіть значні розміри компресуючого фактора при стабільному сегменті можуть не приводити до неврологічних порушень.

Крім того, аналіз *Рис. 3.12* дозволяє зробити висновок, що за інших рівних умов найменший розмір компресуючого фактора, пов'язаний з певним рівнем ISNCSCI реєструється у пацієнтів похилого віку. Ця закономірність визначається як статистична тенденція, тому що $p=0,08451$ не досягає необхідного рівня значущості. Проте, зазначена особливість знаходить своє підтвердження в літературі. Відзначається, що з віком у пацієнтів прогресує ймовірність розвитку дегенеративно-дистрофічних змін, в т.ч. і стенозу хребетного каналу. Подібний фон безумовно є несприятливим фактором і при однакових за характером і мірою ушкодженнях визначає більш значні неврологічні наслідки. Крім того, з віком знижуються амортизаційні характеристики диско-зв'язкового апарату, більш критичними стають як первинні, так і вторинні гемодинамічні порушення паренхіми СМ, обумовлені зниженням еластичності судинної стінки. Все це визначає більш несприятливий перебіг захворювання у пацієнтів похилого віку.

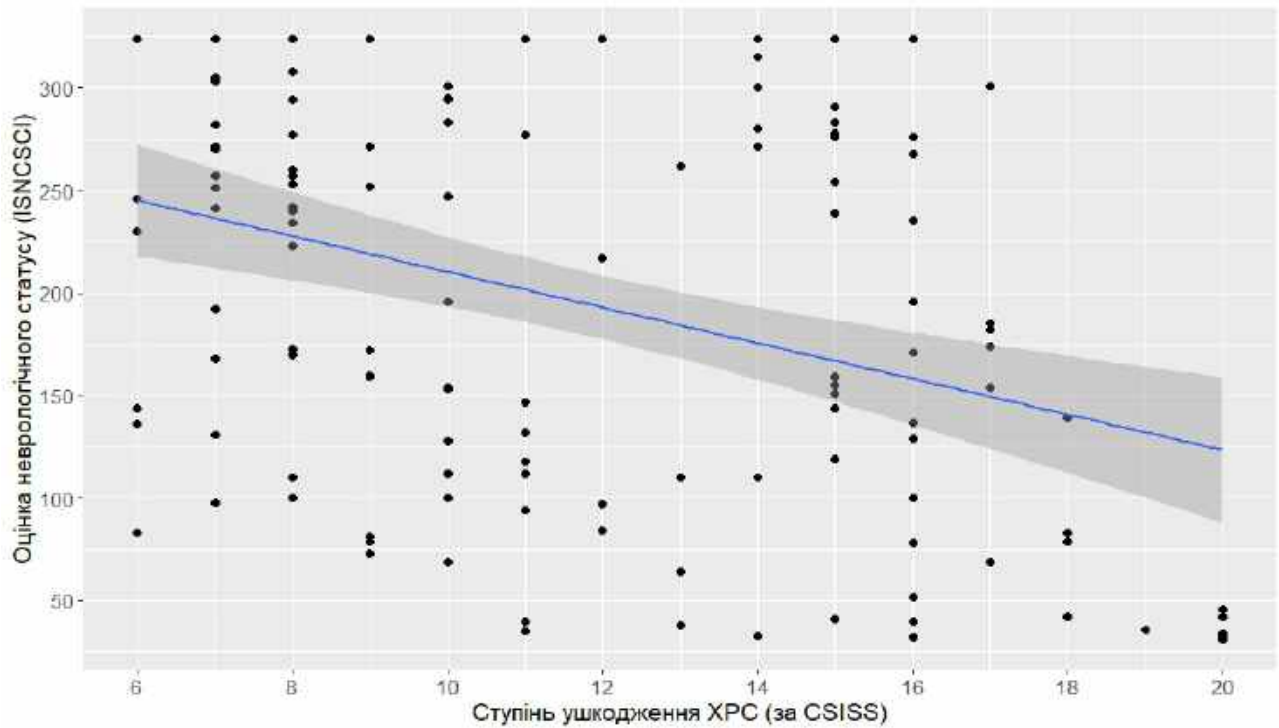


Рис. 3.11. Взаємозв'язок ступеня ушкодження ХРС і вираженості неврологічних розладів.

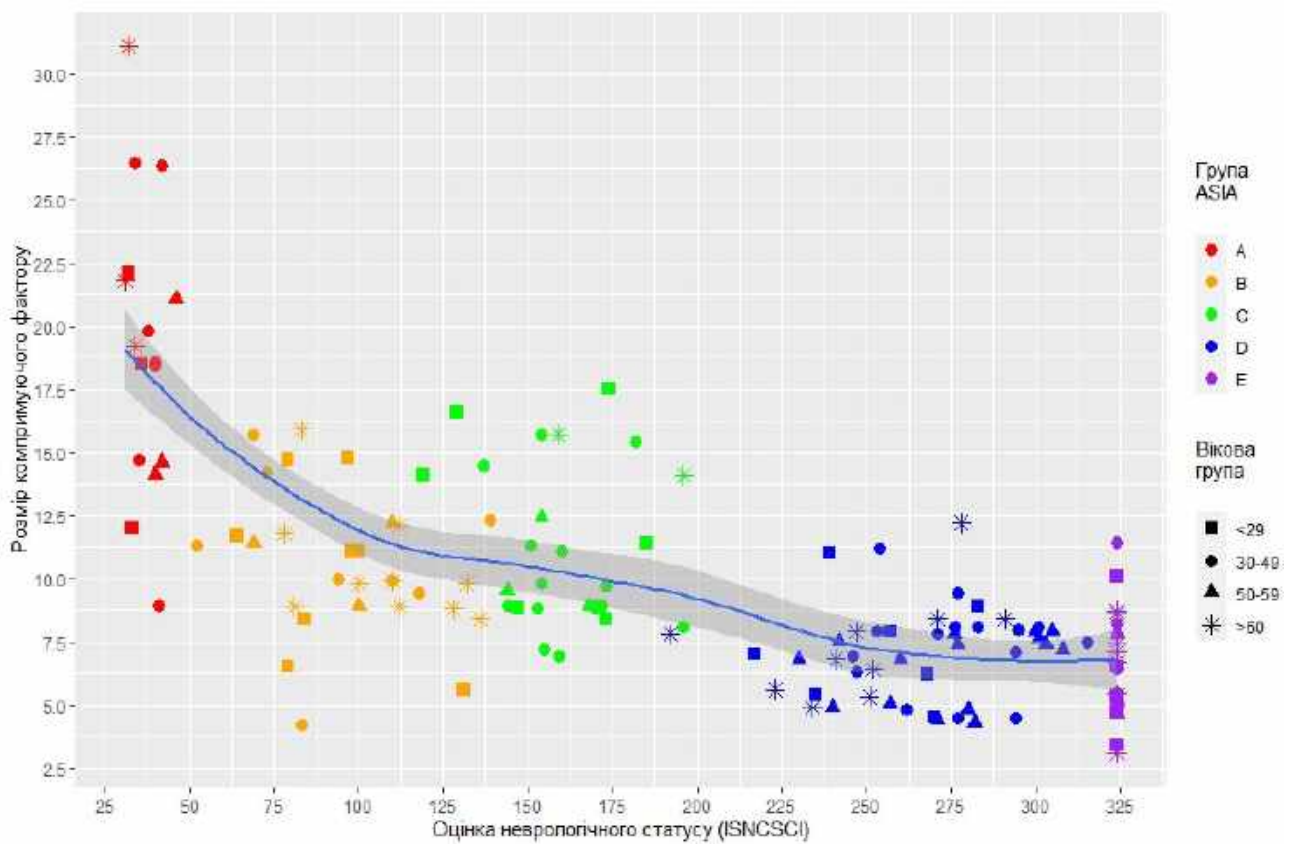


Рис. 3.12. Взаємозв'язок розміру фактору компресії і вираженості неврологічних розладів.

Оцінка загальної закономірності

З метою виявлення всіх факторів, що достовірно впливають на неврологічні прояви ХСМТ на субаксіальному рівні ШВХ нами був використаний алгоритм покрокової адаптації регресійної моделі (stepwise regression fitting). Первинна модель включала всі проаналізовані фактори: Стать, Вік, Обставини травми, Характер ушкодження ХРС, Ступінь ушкодження ХРС, Розмір фактору компресії, сегментарний кіфоз, Загальний шийний лордоз.

Кореляційна матриця, побудована з метою виявлення мультиколінеарності моделі представлена на *Рис. 3.13*.

Поетапний аналіз забезпечив покрокове виключення малозначних критеріїв. Аналізувалися моделі як без взаємодії вищеописаних факторів, так і із взаємодією.

Оптимальна модель без взаємодії факторів наступна:

$$\mathbf{ISNCSCI} \sim \mathbf{AOSpine} + \mathbf{CSISS} + \mathbf{Compress\ factor}$$

де: *ISNCSCI* – рівень неврологічного дефіциту пацієнтів з травматичним ушкодженням ШВХ на субаксіальному рівні,

CSISS – оцінка рівня нестабільності,

AOSpine – група, що характеризує тип ушкодження згідно *AOSpine Subaxial Classification System*,

Compress factor – розмір фактору компресії.

Розрахована статистична достовірність склала $F=19,52$ [9; 130], $p<0,0001$, при прогностичної ефективності 67,4%.

Беручи до уваги, що параметр *AOSpine* є номінативною змінною, математична залежність виглядає наступним чином

$$\mathbf{ISNCSCI} = 448,816 + \mathbf{AOSpine} - 13,021 * \mathbf{CSISS} - 13,056 * \mathbf{Compress\ factor}$$

Значення коефіцієнта *AOSpine* представлено в табл. 21 (Додаток А). При урахуванні взаємодії факторів розрахована наступна оптимальна модель:

$$\begin{aligned} \mathbf{ISNCSCI} \sim & \mathbf{AOSpine} + \mathbf{CSISS} + \mathbf{Compress\ factor} + \mathbf{Segm\ kyph} + \\ & + \mathbf{AOSpine: CSISS} + \mathbf{CSISS: Compress\ factor} + \mathbf{CSISS: Segm\ kyph} + \\ & + \mathbf{Compress\ factor: Segm\ kyph} \end{aligned}$$

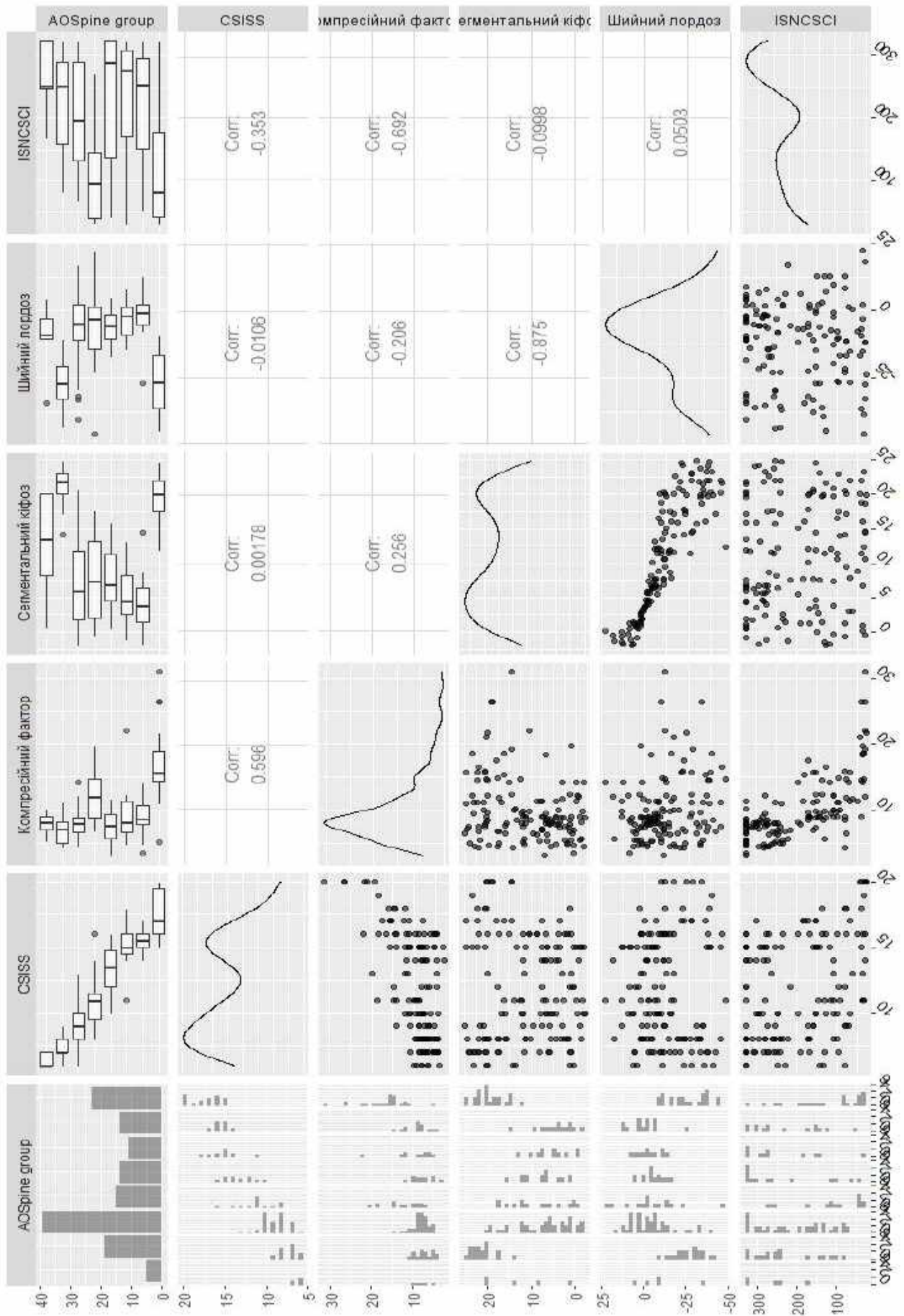


Рис. 3.13. Кореляційна матриця основних параметрів моделі

de: ISNCSCI – рівень неврологічного дефіциту пацієнтів з травматичним ушкодженням ШВХ на субаксіальному рівні,

CSISS – оцінка рівня нестабільності,

AOSpine – група, що характеризує тип ушкодження згідно AOSpine Subaxial Classification System,

Compress factor – розмір фактору компресії;

Segm kyph – величина сегментарного кіфозу.

Прогностична ефективність моделі досягає 79,2% при рівні статистичної значущості $F=11,7$ [20; 119], $p<0,0001$.

При порівнянні двох наведених моделей відзначається, що в разі урахування взаємодії факторів, статистично значущим параметром стає показник сегментарного кіфозу, як ізольовано, так і в поєднанні зі значеннями компресуючого фактора і ступеня нестабільності. Характерним також є той факт, що характер ушкодження ХРС (група по AOSpine) взаємодіє тільки зі ступенем ушкодження, що свідчить про значний взаємозв'язок зазначених параметрів.

Важливість взаємодії різних факторів, що характеризують ХСМТ, при їх впливі на ступінь неврологічних розладів підтверджується статистично значущими відмінностями вищеописаних моделей ($F=2,828$; $p=0,0026$).

ВИСНОВОК

Проведений аналіз і статистична обробка даних пацієнтів в доопераційному періоді ХСМТ на субаксіальному рівні ШВХ дозволили виявити певні закономірності і взаємозв'язку параметрів, що характеризують ушкодження osteo-лігаментозного апарату і ступінь ушкодження невральних структур. Побудована високоінформативна регресійна модель взаємозв'язку рівня неврологічних розладів і характеру osteo-лігаментозних змін при ХСМТ ШВХ.

РОЗДІЛ 4.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КІНЦЕВО-ЕЛЕМЕНТНОЇ МОДЕЛІ ШИЙНОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА ПРИ РІЗНИХ ВАРІАНТАХ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ

В теперішній час для дослідження біомеханічних характеристик хребта широко застосовується математичне моделювання з використанням методу кінцевих елементів (МКЕ). З цією метою МКЕ стали застосовувати ще в 1973 р. [120]. У 1996 р. Yoganandan N. з співавт. повідомили про створення математичної моделі (ММ) CIV-CVI на основі застосування комп'ютерно-томографічних зрізів з кроком 1 мм і кріомікротомії [120]. Була отримана можливість відображати реальне співвідношення елементів ХРС, досліджувати рухи в ХРС без навантажень і з навантаженнями, визначати напружено-деформований стан (НДС) шийних сегментів. Такі властивості не представляється можливим вивчати будь-якими іншими методами дослідження біомеханіки хребта. Тому використання МКЕ незамінне для отримання важливої інформації про розподіл внутрішніх напружень в ХРС при варіантах спондилодезу з використанням різних варіантів імплантатів.

З метою визначення особливостей НДС шийного відділу хребта при заміщенні тіл хребців штучними імплантатами різних конструкцій було виконано математичне моделювання з використанням методу кінцевих елементів. Для виконання поставленого завдання були побудовані три кінцевоелементні моделі шийного відділу хребта (Рис. 4.1).

Моделі імітували шийний відділ хребта людини на ділянці від хребця С3 до хребця С7, включаючи міжхребцеві диски ті фасеткові суглоби з міжсуглобовим хрящем. Між тілами хребців і міжхребцевих дисків, а також, в фасеткових суглобах використовували контакт типу «bonded». Хребець С5 був заміщений трьома різними конструкціями: Mesh (Рис. 4.2А), Mesh з додатковою фіксацією вентральної пластиною (Рис. 4.1Б) та ТЗІ, конструктивно аналогічний використаному нами (Рис. 4.1В).

Також вивчені варіанти кріплення імплантату до тіл хребців за допомогою одного і двох гвинтів. Відповідні моделі наведені на *Рис. 4.2*.

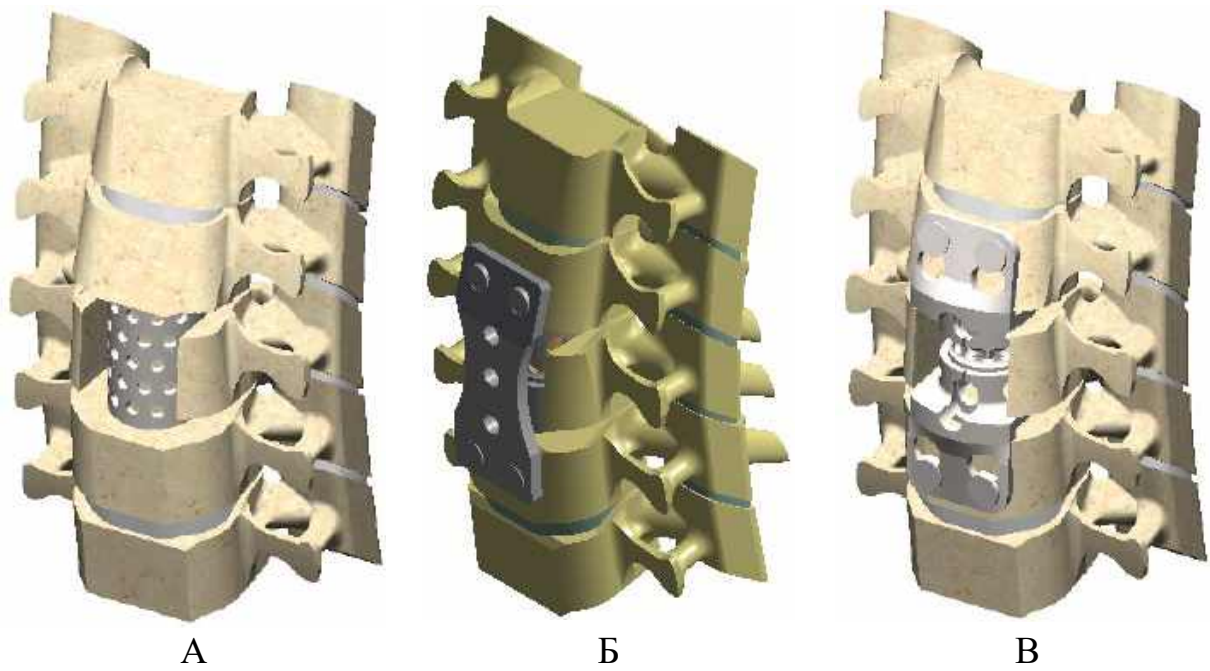
Використані при моделюванні механічні характеристики біологічних тканин наведені в табл. 22 (Додаток А). Напружено-деформований стан моделей вивчали при чотирьох варіантах навантаження: на стиск, вигин при нахилі вперед, вигин при нахилі назад і ротаційному впливі. Схеми навантаження моделей наведені на *Рис. 4.3*.

Моделі мали жорстке закріплення за нижню площину тіла хребця С7 (*Рис. 4.3А*). Величина навантаження на моделі становила 100 Н. Навантаження на стиск здійснювали розподіленим навантаженням величиною 36 Н по верхній поверхні тіла хребця С3 і по 32 Н на верхню площину його фасеткових суглобів (*Рис. 4.3Б*). Нахил вперед імітували навантаженням 100 Н на передній край тіла хребця С3 (*Рис. 4.3В*), а нахил назад – навантаженням по 50 Н на його дуги (*Рис. 4.3Г*). Ротаційне навантаження здійснювали силою 100 Н по верхній поверхні тіла хребця С3 (*Рис. 4.3Д*).

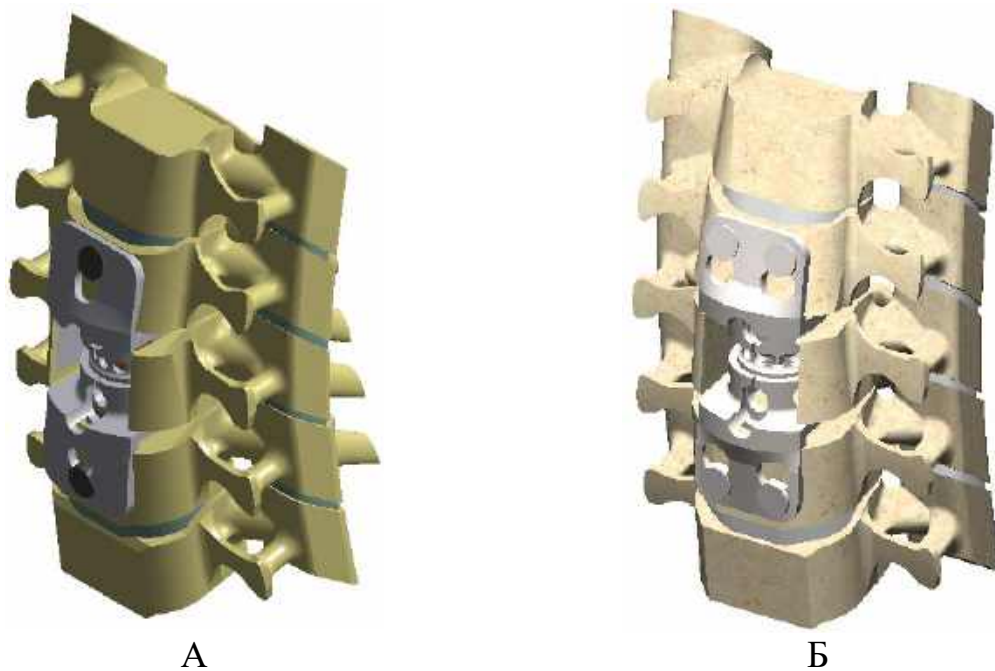
Модель складається з 145282 тетраедальних 10-вузлових ізопараметричних КЕ, і має 245105 вузлів [121]. Критерієм оцінки напружено-деформованого стану моделей вибрано напругу за Мизесом [75, 122]. Модель побудовано за допомогою програмного комплексу SolidWorks, розрахунки методом кінцевих елементів проводили за допомогою пакета COSMOSWorks, що входить до складу комплексу [123].

В результаті проведеного дослідження ми отримали картину напруженого деформованого стану моделей шийного відділу хребта, в якому тіло хребця С5 заміняли трьома видами імплантатів.

На *Рис. 4.4* приведена картина розподілу напруги в моделях під дією осьового стискуючого навантаження. Закономірно, що у всіх моделях основне навантаження беруть на себе металеві конструкції, проте в кістковій тканині спостерігаються деякі особливості. У табл. 23 (Додаток А) наведені максимальні значення напруження в різних елементах моделей.



*Рис. 4.1. Зовнішній вигляд моделей шийного відділу хребта з імплантатами:
 А – Mesh; Б – Mesh в поєднанні з вентральною пластинною; В – ТЗІ*



*Рис. 4.2. Зовнішній вигляд моделей шийного відділу хребта з ТЗІ з різними
 способами кріплення: А – одним гвинтом; Б – двома гвинтами*

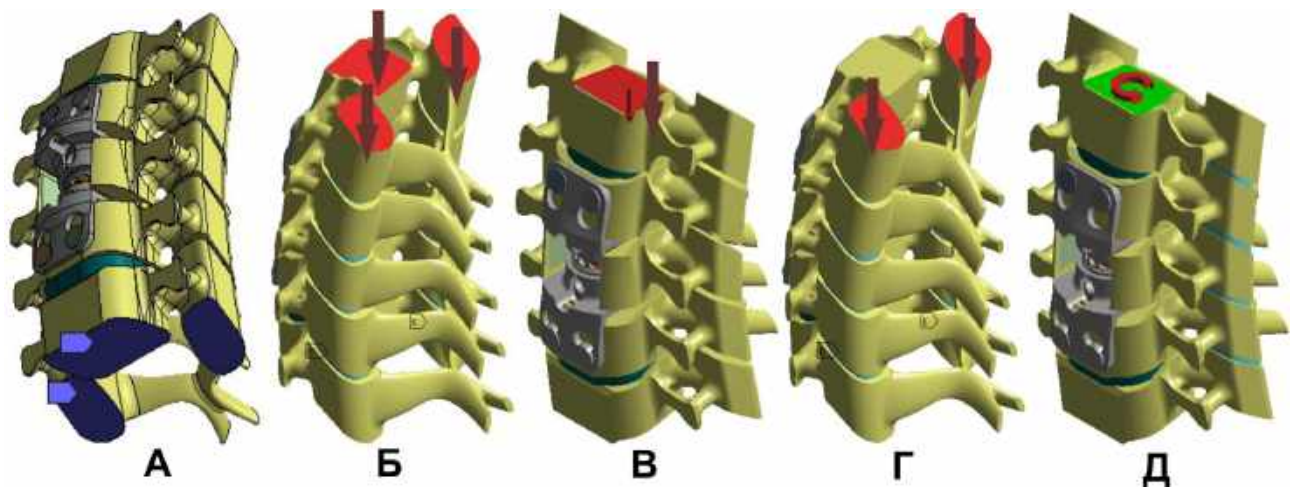


Рис. 4.3. Схеми навантаження моделей: А – закріплення моделей по нижній поверхні хребця С7; Б – навантаження на стиск; В – навантаження на згинання; Г – навантаження на розгинання; Д – ротаційне навантаження.

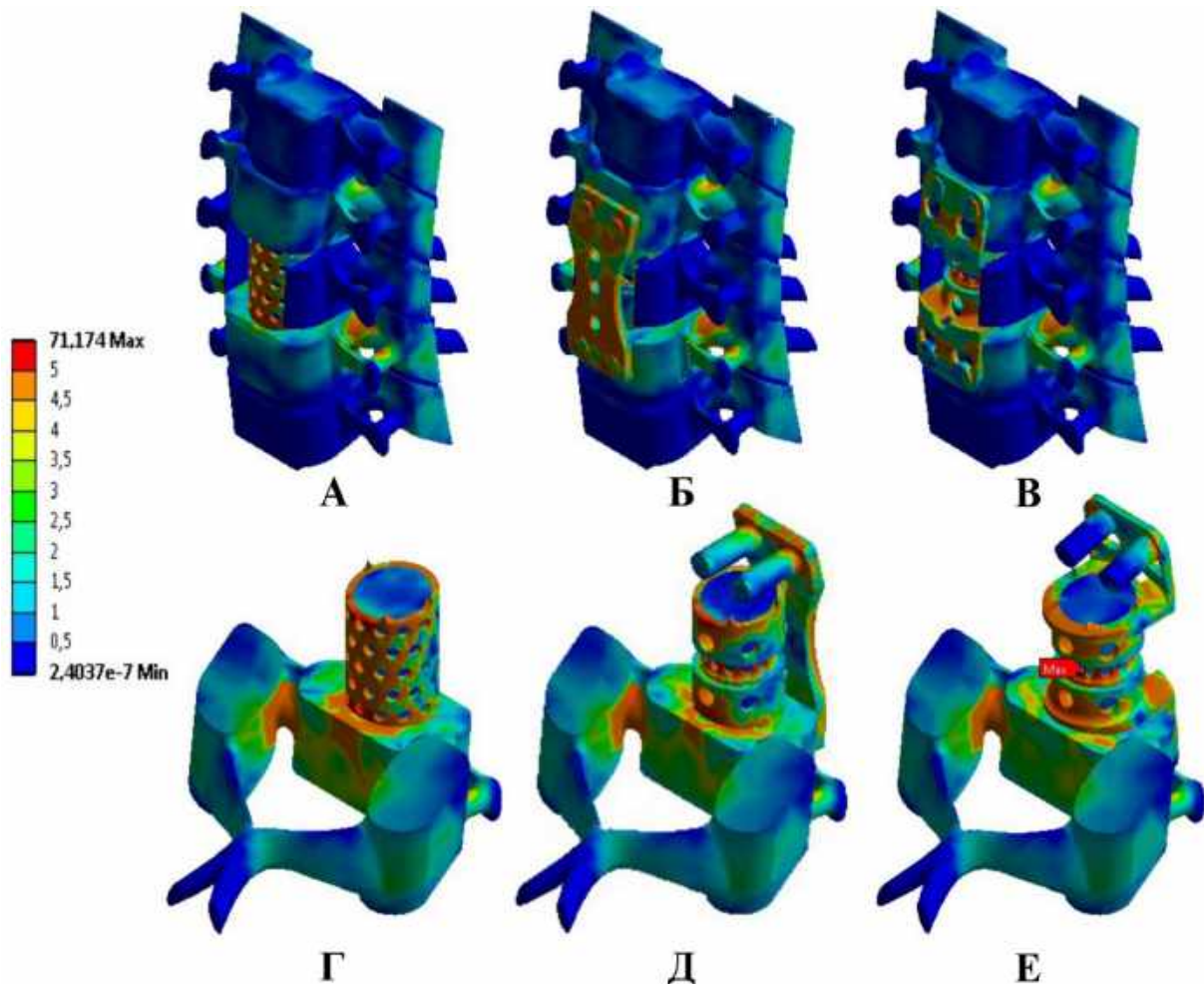


Рис. 4.4. Картина розподілу напружень в моделях під впливом стискаючого навантаження: А – Mesh (вид спереду); Б – Mesh з вентральної пластини (вид спереду); В – ТЗІ (вид спереду); Г – Mesh (вид ззаду); Д – Mesh з вентральної пластини (вид ззаду); Е – ТЗІ (вид ззаду).

Проведені дослідження показали, що при навантаженні на стиск в кістковій тканині тіл хребців основні відмінності спостерігаються в хребцях С4 і С6, суміжних з ушкодженим. Найбільші показники величини напружень спостерігаються в моделі «Mesh без додаткового кріплення». Так, на нижній поверхні тіла С4 і верхньої поверхні С6 максимальні величини напруг складають 3,0 і 10,0 МПа відповідно.

У моделях з додатковим кріпленням рівень напружень в цих зонах значно нижче. Якщо по верхній поверхні хребця С4 напруги в моделях «Mesh з пластиною» і «ТЗІ» практично однакові – 2,6 і 2,7 МПа відповідно, то в хребці С6 відмінність значно більша – 7,2 і 5,8 МПа. По нижній поверхні хребців С4 і С6 картина розподілу напружень практично ідентична.

Найбільші відмінності спостерігаються на поверхні хребця, який має контакт з кейджем, тобто на нижній поверхні хребця С4: 7,9; 6,1 і 5,5 МПа для моделей «Mesh ізольовано», «Mesh з пластиною» і «ТЗІ» відповідно.

Найбільш навантаженою частиною хребців виявилися корні дуг хребця С6. У цій зоні максимальні значення напруги складають 18,2 МПа для моделі без додаткового кріплення, 17,2 МПа для моделі з вентральною пластиною і 16,5 МПа для моделі з ТЗІ. У коренях дуг інших хребців рівень напружень значно нижче при незначних відмінностях.

У міжхребцевих суглобах найбільші відмінності в величинах напруг спостерігаються в хребцях С4 і С5. У цих зонах гірші показники демонструє модель з Mesh без додаткового кріплення 2,9 МПа в хребці С4 і 1,9 МПа для хребця С5.

ТЗІ дозволяє більш ефективно розвантажити фасеткові суглоби – 2,6 МПа для хребця С4 і 1,5 МПа для хребця С5. Модель «Mesh + пластина» показала проміжні значення – 2,8 і 1,6 МПа в відповідних зонах. Найменші напруги на зубцях кейджа виникають в моделях «ТЗІ» – 2,9 і 2,1 МПа для хребців С4 і С6 відповідно. В «Mesh + пластина» показники в 2 рази вище – 5,9 і 4,2 МПа. На зубцях ТЗІ величини напруг складають 5,5 і 3,5 МПа для хребців С4 і С6 відповідно, що значно менше, ніж в моделі з пластиною (8,9 і 9,8 МПа) і в моделі

з встановленим Mesh без додаткового кріплення (10,2 і 12,5 МПа). Більш наочно величини напружень в різних елементах моделей можна порівняти на діаграмах (Рис. 4.5).

Дослідження моделей під дією стискаючого навантаження показали, що використання додаткового кріплення при заміщенні тіла хребця імплантом дозволяє знизити рівень напруги в кістковій тканині хребців. ТЗІ, з цієї точки зору, більш ефективний.

Наступним етапом дослідження було моделювання роботи відповідних імплантатів при нахилі голови вперед. Картина розподілу напружень в досліджуваних моделях при даному навантаженні представлена на Рис. 4.6. Як і в попередньому дослідженні, основні навантаження приймають на себе металеві конструкції. Виконано аналіз абсолютних значень максимальних напружень, що виникають в кісткових структурах моделей, на підставі даних, наведених в табл. 24 (Додаток А). Як і при дослідженні на стиск, при згинанні в тілах хребців найбільші напруги виникають в місцях контакту кістки з імплантованими системами. Це нижня поверхня хребця С4 і верхня поверхня тіла хребця С6.

У першому випадку величина напруги становить 9,0; 8,1 і 5,0 МПа для моделей «Mesh без додаткової фіксації», «Mesh + пластина» і «ТЗІ» відповідно. У другому випадку рівень напруги становить 10,3; 6,5 і 4,1 МПа для відповідних моделей. При нахилі вперед корні дуг хребців розвантажуються і напруги тут не перевищують значення 1,5 МПа в дугах хребця С6 в моделі без додаткової фіксації. У двох інших моделях напруги в цій зоні знаходяться на рівні 1,1 МПа.

Фасеткові суглоби в даному випадку практично не навантажені і рівень напружень тут не доходить до позначки 1,0 МПа без будь-яких значущих відмінностей між моделями. Основні зміни в розподілі напружень спостерігаються на кріпильних елементах конструкції. Найбільше навантаження припадає на верхні кріпильні елементи, розташовані в тілі хребця С4. Так, на гвинтах в цій зоні рівень напружень становить 15,8 МПа для моделі «Mesh + пластина» і 12,3 МПа для «ТЗІ».

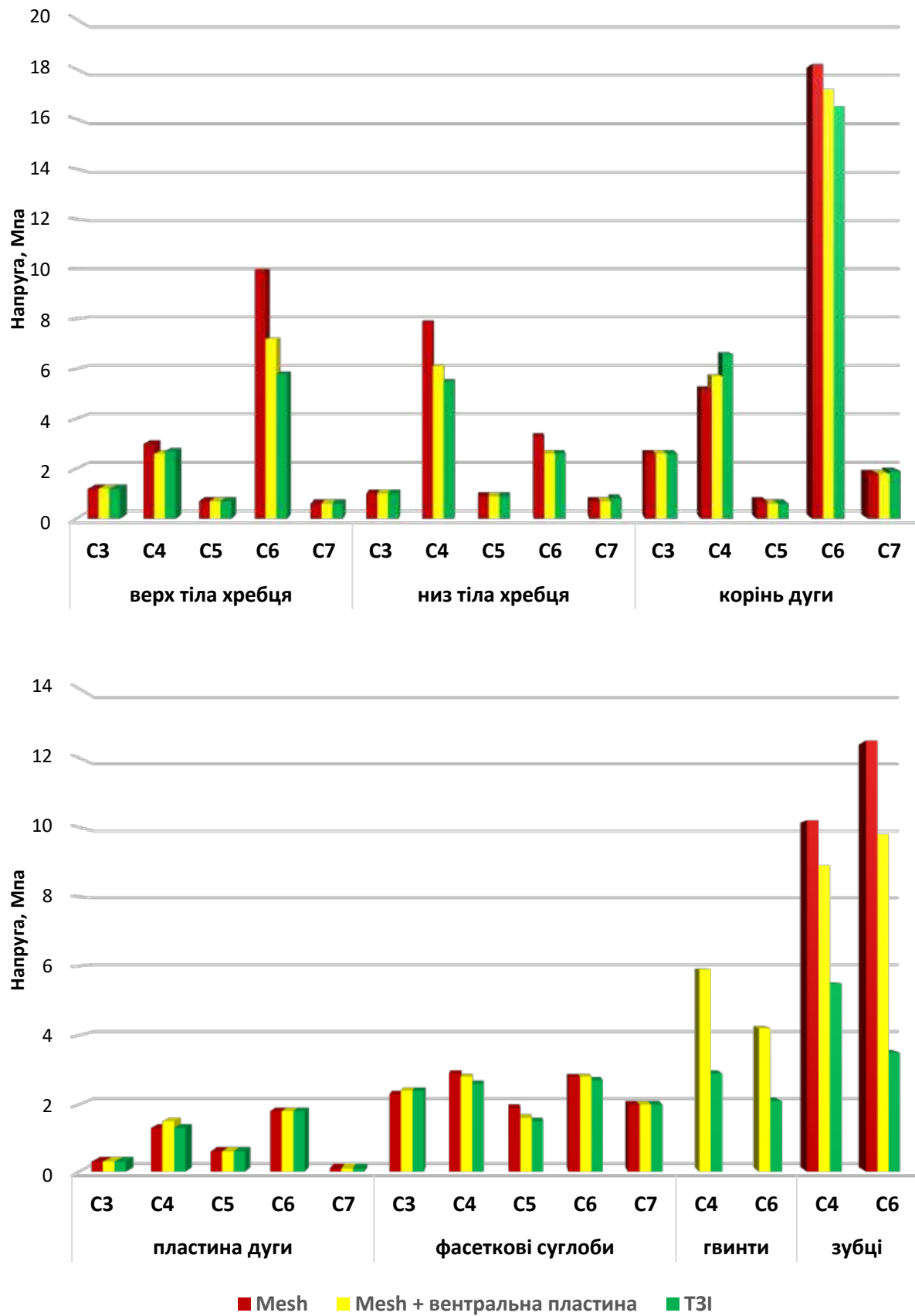


Рис. 4.5. Діаграми максимальних значень напруг, що виникають під дією стискаючих навантажень, в різних зонах моделей

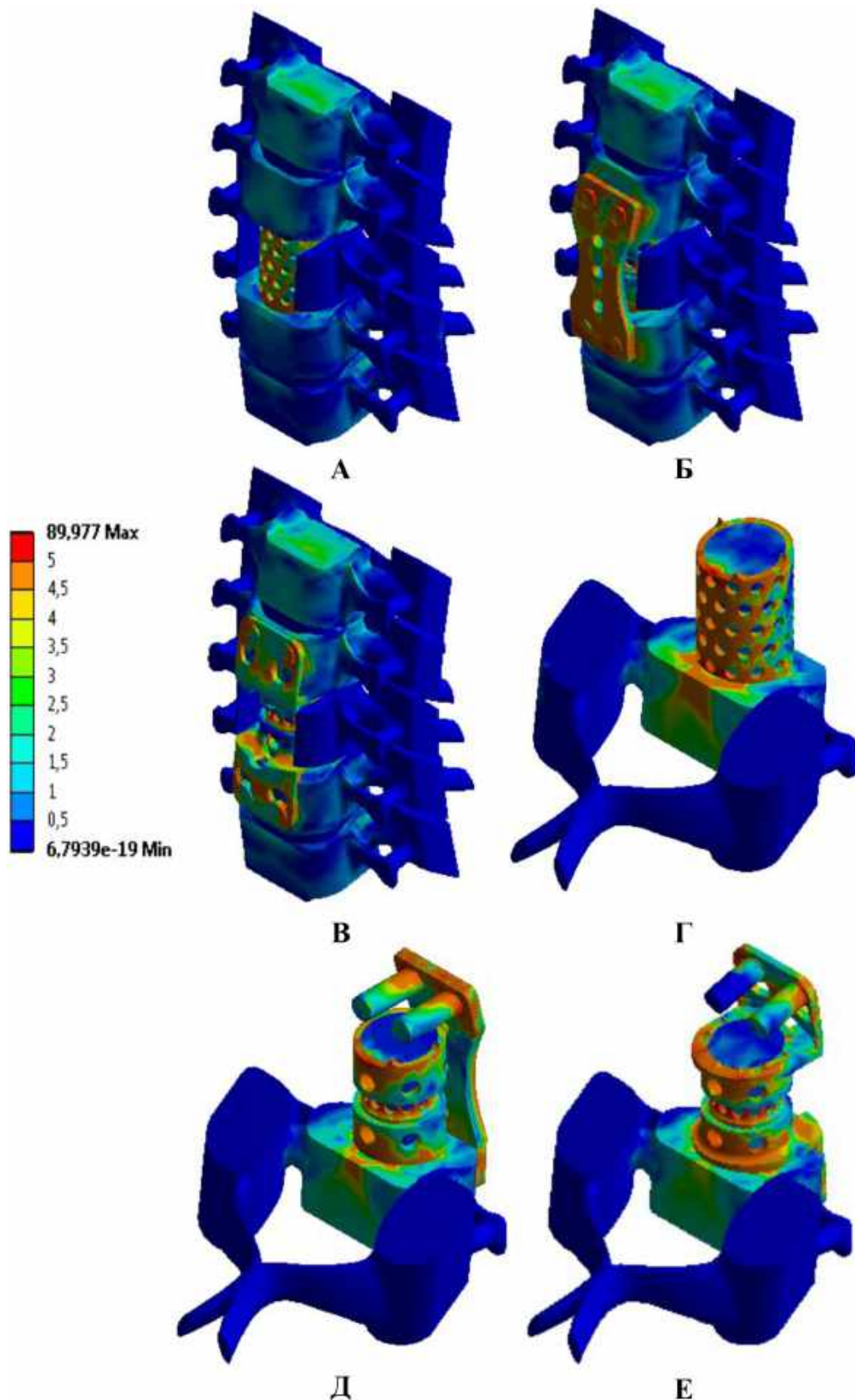


Рис. 4.6. Картина розподілу напружень в моделях при нахилі голови вперед: А – Mesh (вид спереду); Б – Mesh з вентральною пластиною (вид спереду); В – ТЗІ (вид спереду); Г – Mesh (вид ззаду); Д – Mesh з вентральної пластиною (вид ззаду); Е – ТЗІ (вид ззаду).

Величина максимальних напружень на гвинтах в тілі хребця С6 трохи нижче і становить 11,8 і 6,1 МПа для моделей з вентральною пластиною і ТЗІ відповідно.

Що стосується зубців на контактній площині тілозамінних систем, то тут найбільші напруги виникають на зубцях Mesh без додаткової фіксації і складають 20,9 МПа з боку хребця С4 і 27,0 МПа на стороні хребця С6. Це вдвічі перевищує значення максимальних напружень при використанні ТЗІ – 13,0 і 10,2 МПа відповідно. Конструкція з вентральною пластиною показала найменші значення напруг в цих зонах – 9,9 і 7,2 МПа.

Більш наочно порівняти величини максимальних напружень в різних зонах моделей при нахилі голови вперед можна на наведених діаграмах (*Рис. 4.7*).

Таким чином, можна зробити висновок, що при нахилі голови вперед найбільш навантаженою зоною стають місця контакту тіл хребців з зубцями тілозамінних систем. Найменший рівень напружень в цій зоні показала модель з вентральною пластиною. В інших аналізованих ділянках мінімальні показники зареєстровані при застосуванні ТЗІ.

Картина напружено-деформованого стану моделей при нахилі голови назад приведена на *Рис. 4.8*. Відзначено що, основне навантаження, як і раніше, несуть металеві конструкції. У кісткових структурах напруги переміщуються на задній опорний комплекс. Абсолютні значення максимальних напружень, що виникають в елементах моделей при нахилі голови назад, наведені в табл. 25 (Додаток А). При цьому, місцями пікових напруг, як і в попередніх дослідженнях, залишаються зони контакту хребців з тілозамінною системою.

По верхній поверхні тіла хребця С6 величини максимальних напружень складають 3,8 МПа для моделі без додаткової фіксації, 2,6 МПа – для моделі з вентральною пластиною, 2,9 МПа – для моделі з ТЗІ. На нижній поверхні тіла хребця С4 рівень максимальних напружень досягає значень 11,6; 7,6 і 7,5 МПа для відповідних моделей. Оскільки основне навантаження зміщується на задній опорний комплекс, максимальні значення напружень спостерігаються в коренях дуг хребця С6 – 20,7 МПа для моделі без додаткової фіксації, 20,2 МПа – для

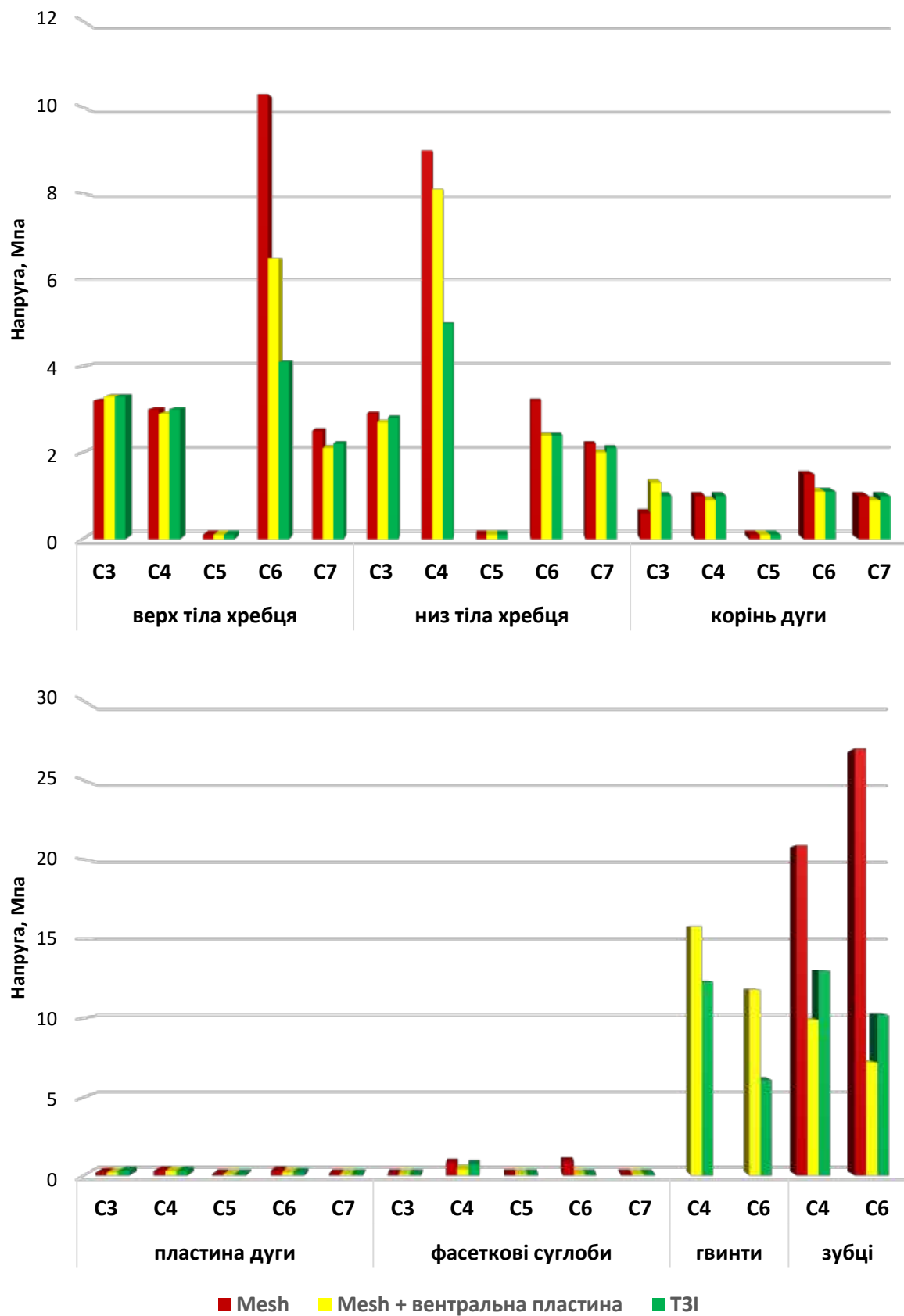


Рис. 4.7. Діаграми максимальних значень напруг, що виникають при нахилі голови вперед, в різних зонах моделей.

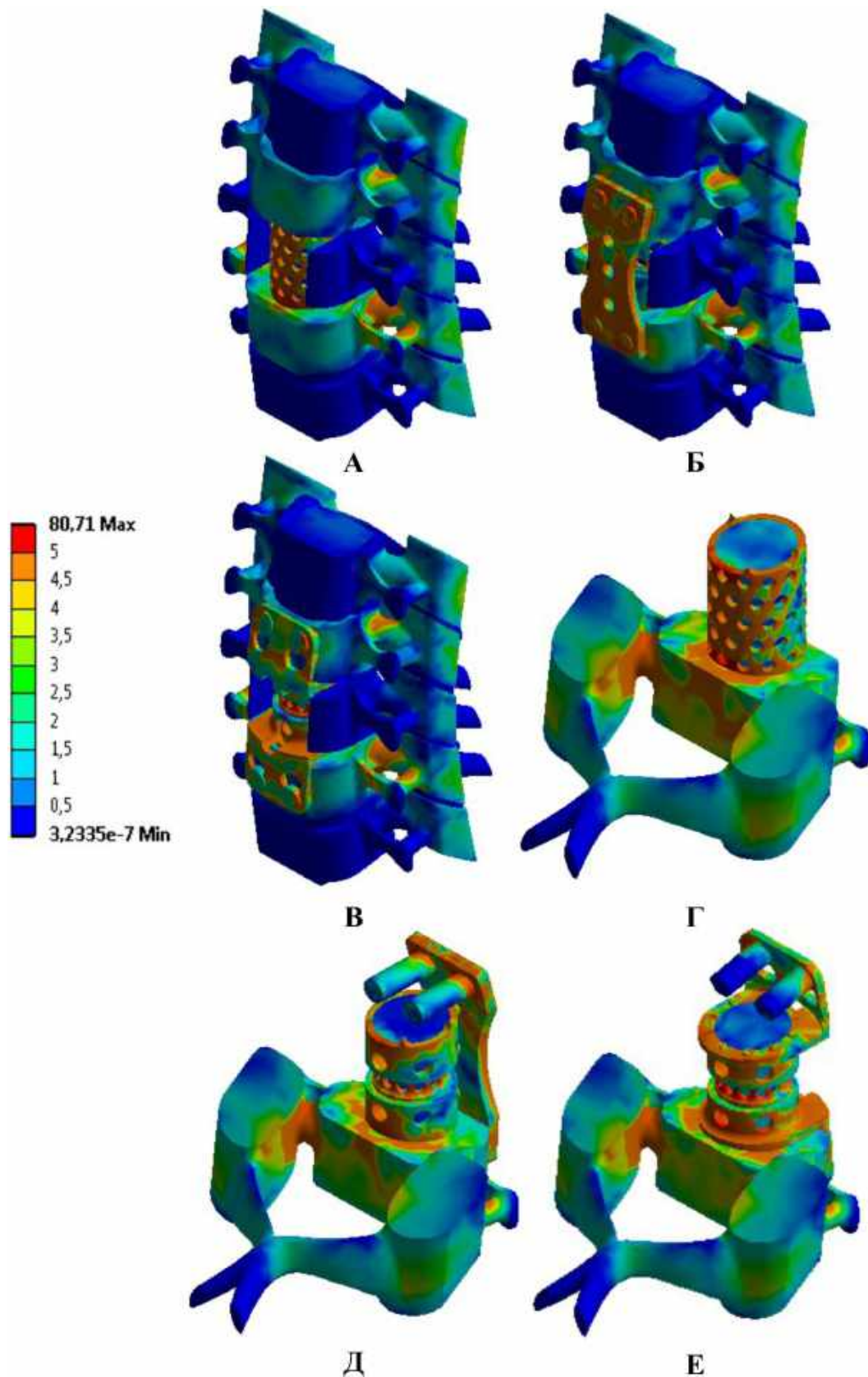


Рис. 4.8. Картина розподілу напружень в моделях при нахилі голови назад: А – Mesh (вид спереду); Б – Mesh з вентральною пластиною (вид спереду); В – ТЗІ (вид спереду); Г – Mesh (вид ззаду); Д – Mesh з вентральної пластиною (вид ззаду); Е – ТЗІ (вид ззаду).

моделі з вентральною пластиною і 22,4 МПа – для моделі з телескопічним імплантом. Така ж закономірність в дугах хребця С4, де в моделі з mesh без додаткової фіксації рівень напружень найменший – 7,5 МПа. Додаткова фіксація призводить до збільшення напруги в дугах хребця С4 при нахилі назад – 10,0 МПа при фіксації пластиною, 9,6 МПа – при застосуванні ТЗІ. Зростають також напруги в фасеткових суглобах. Максимальні значення напруг припадають на хребці С4 і С6. Додаткова фіксація демонструє позитивний вплив на розподіл напружень в цих зонах. Якщо імплантація mesh без фіксації призводить до підвищення напруги до 3,9 МПа в суглобах хребця С4 і до 4,1 МПа – в суглобах С6, то в моделях з додатковою фіксацією в суглобах хребця С4 рівень напружень становить 3,8 і 3,7 МПа в моделях «Mesh + пластина» і «ТЗІ» відповідно, а в суглобах хребця С6 величини напруг складають 3,5 МПа в обох моделях. Найбільш навантаженими, як і при нахилі вперед, залишаються гвинти в тілі хребця С4 – 10, 2 МПа для моделі з пластиною і 7,6 МПа для моделі з ТЗІ. Крім того, відзначено, що ТЗІ більш дозовано навантажує гвинти в тілі хребця С6 – 4,4 МПа в порівнянні з вентральною пластиною – 7,6 МПа. Що стосується зубців, то тут перевага на стороні конструкції з пластиною – 9,8 МПа на хребці С4 і 11,1 на хребці С6. ТЗІ і mesh без додаткової опори призводять до зростання напруги на зубцях з боку хребця С4 до 12,9 і 12,5 МПа відповідно, на стороні тіла хребця С6 – до 14,5 і 17,8 МПа. Наочно оцінити рівень напружень в різних відділах моделей при нахилі голови назад можна за допомогою діаграм, представлених на *Рис. 4.9*. При аналізі розподілу напружень в моделях при зазначеному вигляді навантаження важко віддати перевагу якійсь одній конструкції, оскільки спостерігається неоднозначний розподіл напружень. Тому, можна зробити висновок, що при нахилах голови назад поведінка моделей з різними конструкціями практично рівнозначна.

На *Рис. 4.10* наведені картини напружено-деформованого стану моделей під дією ротаційного навантаження. В цьому випадку конструкції виконують свою функцію розвантаження ушкодженого хребця С5, але призводять до надмірних напружень в суміжних хребцях. Абсолютні значення максимальних

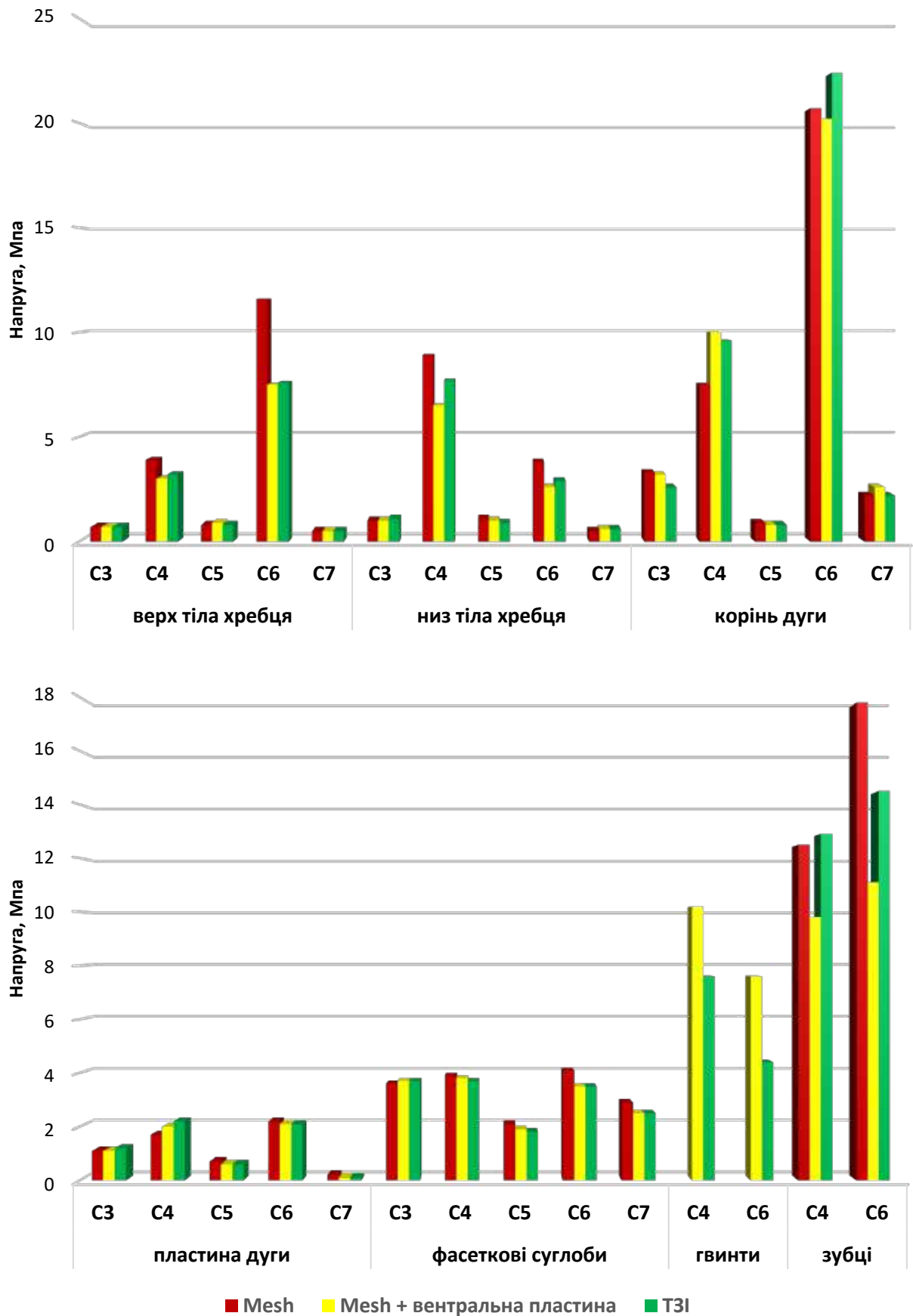


Рис. 4.9. Діаграми максимальних значень напруг, що виникають при нахилі голови назад, в різних зонах моделей.

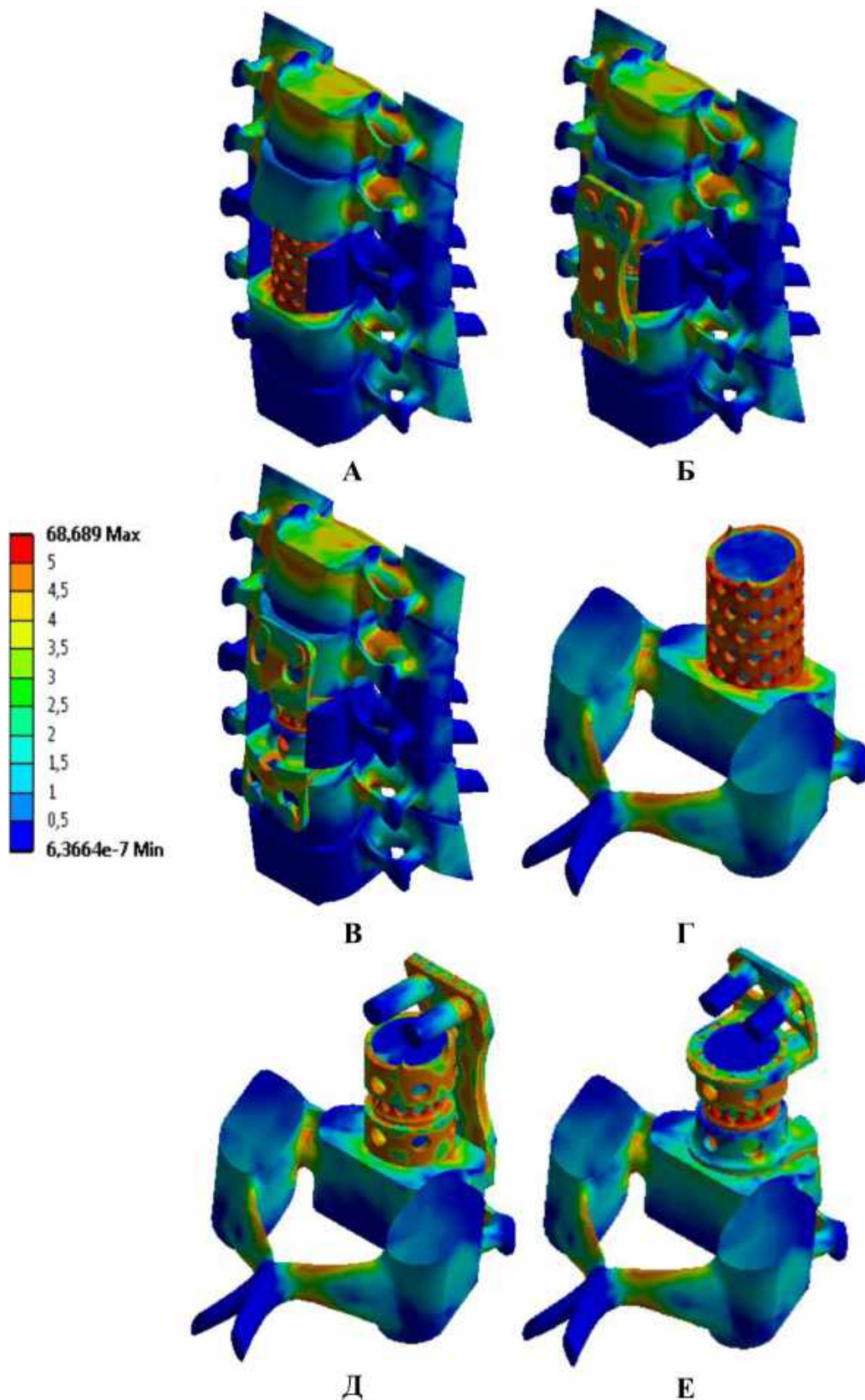


Рис. 4.10. Картина розподілу напружень, що виникають в моделях при ротаційних рухах: А – Mesh (вид спереду); Б – Mesh з вентральною пластиною (вид спереду); В – ТЗІ (вид спереду); Г – Mesh (вид ззаду); Д – Mesh з вентральною пластиною (вид ззаду); Е – ТЗІ (вид ззаду).

напружень в різних відділах моделей наведені в табл. 26 (Додаток А).

Дослідження показало, що при ротації максимальні напруження виникають в елементах хребця С3, першого рухомого елемента в системі «хребет-імплантат», і досягають рівня 4,9 МПа для моделі без додаткової фіксації і 4,8 МПа в моделях з додатковою фіксацією імплантату. Традиційно, високий рівень напруги спостерігається і в тілах хребців С4 і С6. Так, на нижній поверхні хребця С4 значення напруг складають 3,7 МПа для моделі без додаткової фіксації і 3,3 та 2,0 МПа в моделях з додатковою фіксацією імплантату пластиною і ТЗІ відповідно. На верхній поверхні тіла хребця С6 напруги досягають значень 4,0; 2,9 і 2,7 МПа для відповідних моделей. У коренях дуг найвищий рівень напружень зафіксований в хребцях С3 і С6 на моделі без додаткової фіксації mesh – 13,8 і 10, 3 МПа відповідно. У моделях з додатковою фіксацією mesh рівень напружень в коренях дуг трохи нижче і становить 10,5 і 6,0 МПа в хребцях С4 і С6 відповідно. При моделюванні установки ТЗІ аналізоване значення зареєстровано на рівні 11,5 і 5,2 МПа.

При ротації високий рівень напружень спостерігається також в пластинах дуг хребців і досягає максимальних значень на хребці С6 – 6,5 МПа для моделі без додаткової фіксації і 5,8 та 5,7 МПа в моделях з додатковою фіксацією імплантату пластиною і ТЗІ відповідно. На фасеткових суглобах інтенсивність напружень трохи спадає – до рівня 2,0-2,2 МПа в хребцях С3 і С6 без значних відмінностей між моделями. Що стосується кріпильних елементів імплантату, то слід зазначити дуже низький рівень напруги на гвинтах ТЗІ 3,2 МПа на хребці С4 і 0,6 МПа в хребці С6. У той час як в моделі з вентральною пластиною ці показники досягали рівня 8,9 і 5,7 МПа відповідно. На зубцях тілозамінних імплантів спостерігається прямо протилежна ситуація. Найменший рівень напружень зафіксований в моделі з пластиною – 4,8 і 5, 4 МПа з боку хребців С4 і С6 відповідно. У моделі з ТЗІ дані показники становлять 4,3 і 9,8 МПа. У моделі без додаткової фіксації – 6,5 і 14,3 МПа.

Наочно порівняти рівень напружень в різних елементах моделей при ротації можна на діаграмах, наведених на *Рис. 4.11*. Дослідження напружено-

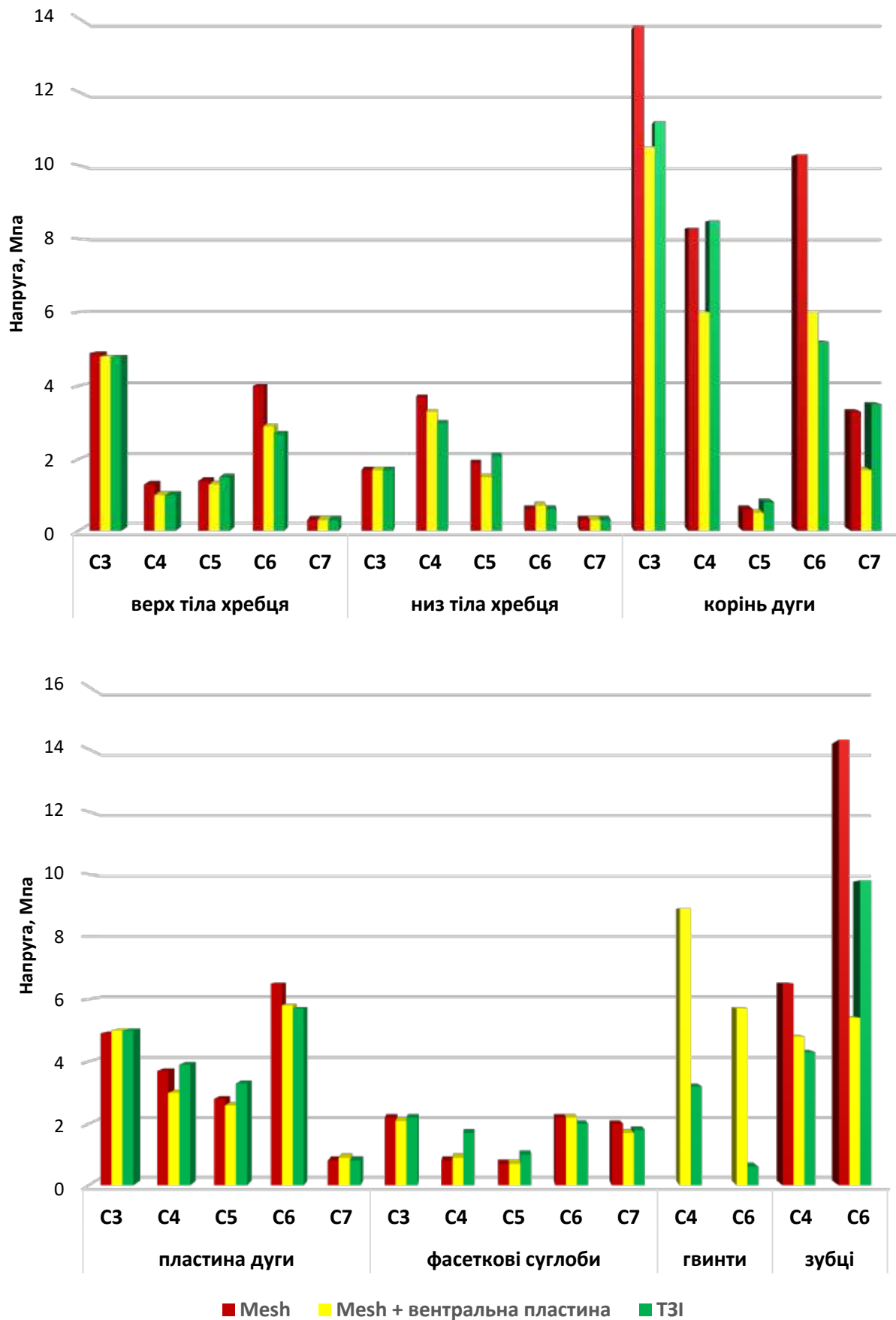


Рис. 4.11. Діаграми максимальних значень напруг, що виникають при ротаційних рухах, в різних зонах моделей.

деформованого стану моделей при ротаційних навантаженнях показало, що додаткова фіксація призводить до перерозподілу інтенсивності напружень з зубців імплантованої тілозамінної системи на елементи додаткового кріплення.

Останнім етапом роботи було вивчення впливу кількості фіксуючих гвинтів на характер розподілу напружень в кісткових елементах моделей. Картини розподілу напружень в залежності від кількості кріпильних гвинтів при різних навантаженнях наведені на *Рис. 4.12*. При аналізі наведених малюнків можна зробити висновок, що наявність одного і двох гвинтів не приводить до істотного перерозподілу напружень в моделях. Зони пікових напруг виявляються на одних і тих же ділянках.

Аналіз абсолютних значень максимальних напружень в моделях з одним і двома гвинтами при різних навантаженнях можна зробити на підставі даних, наведених в табл. 27 (Додаток А).

Отримані дані показують, що зони максимальних напружень розташовуються традиційно в місцях контакту кейджа і тіл хребців. Це нижня поверхня тіла хребця С4 і верхня С6, корені дуг цих же хребців, фасеткові суглоби, гвинти і зубці імплантату.

Основні відмінності в величинах напруг теж спостерігаються в цих зонах. У моделі з двома гвинтами є перевищення величин напружень на гвинтах і зубцях, особливо при нахилі вперед і ротації.

Більш наочно порівняти відмінності моделей з одним і двома гвинтами кріплення можна по діаграмах, наведених на *Рис. 4.13*.

Дані проведеного дослідження напружено-деформованого стану моделей з використанням одного і двох кріпильних гвинтів показали, що наявність другого гвинта призводить до підвищення напруги саме на гвинтах, а також на зубцях тілозамінно-стабілізуючої системи.

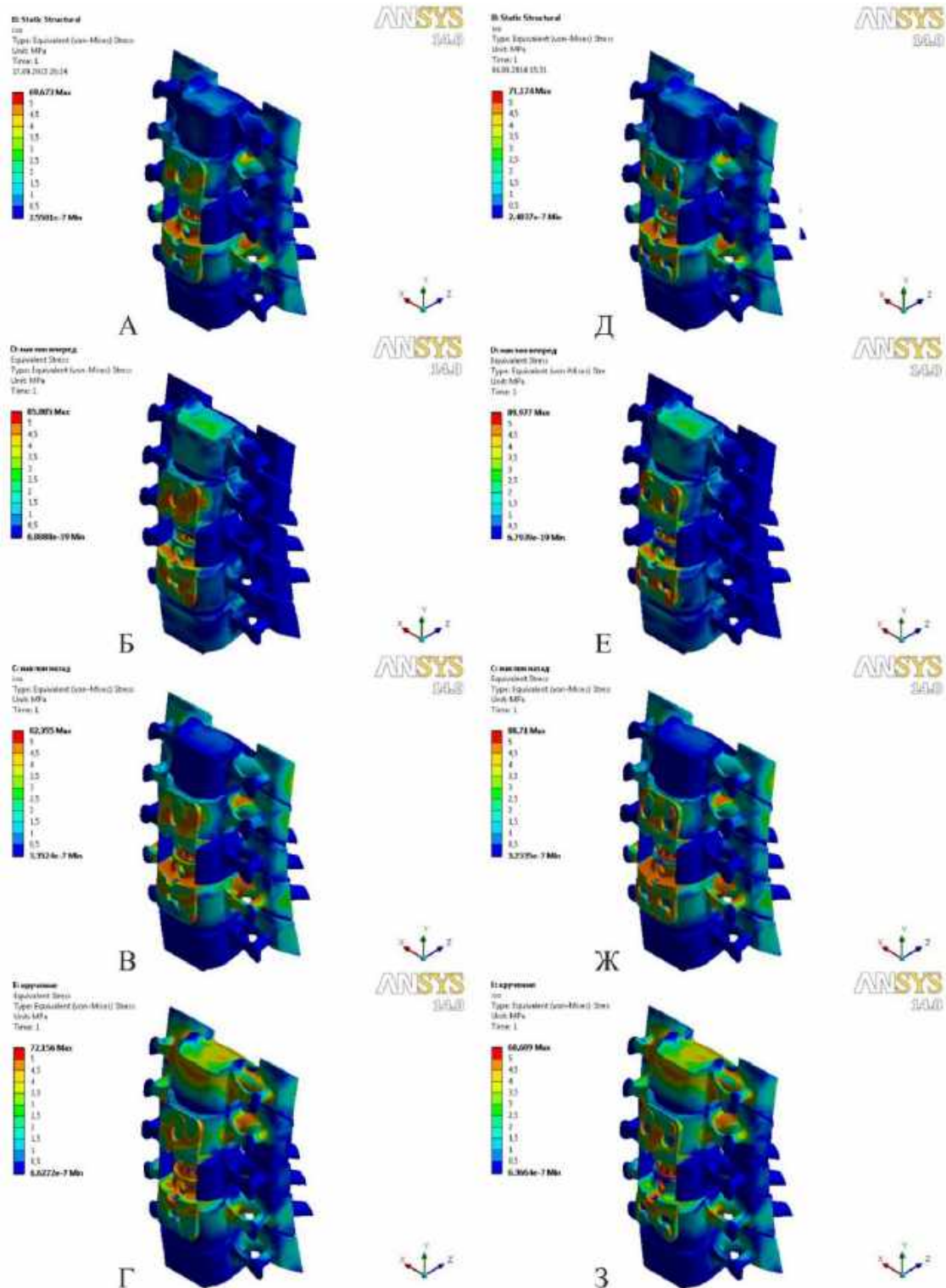
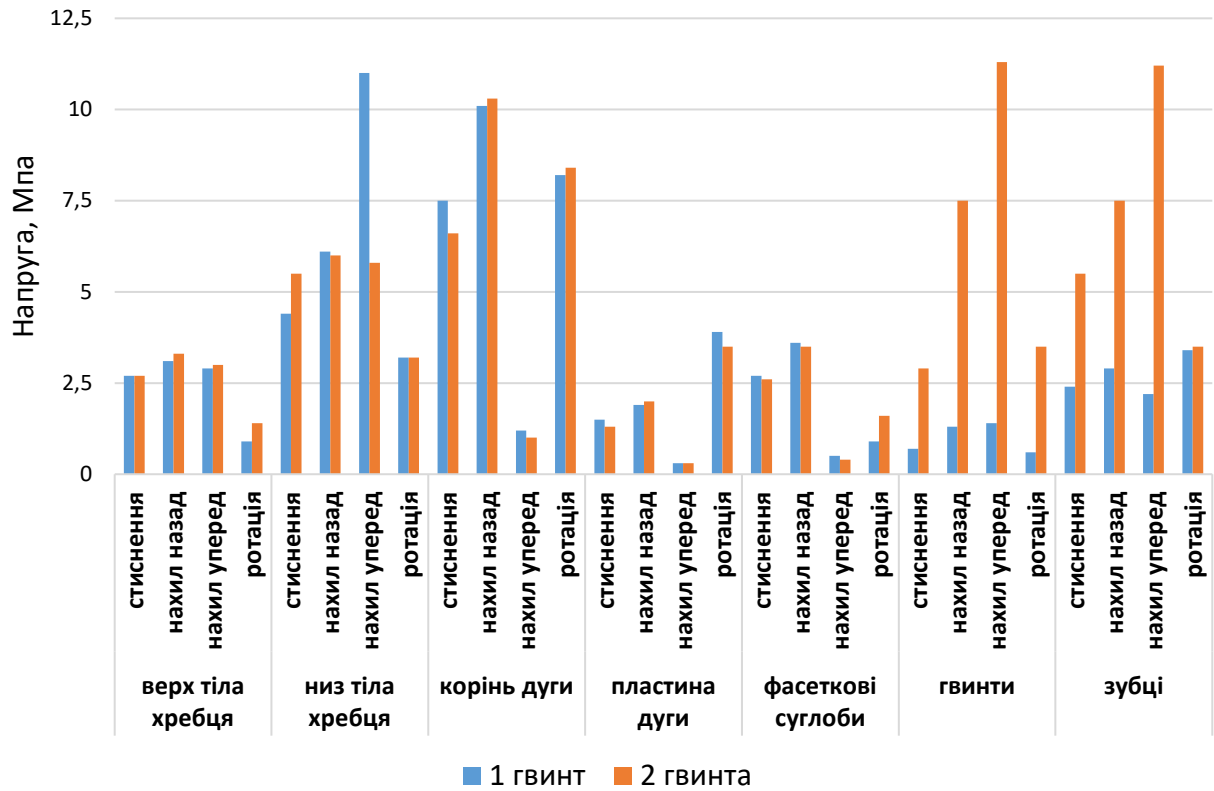
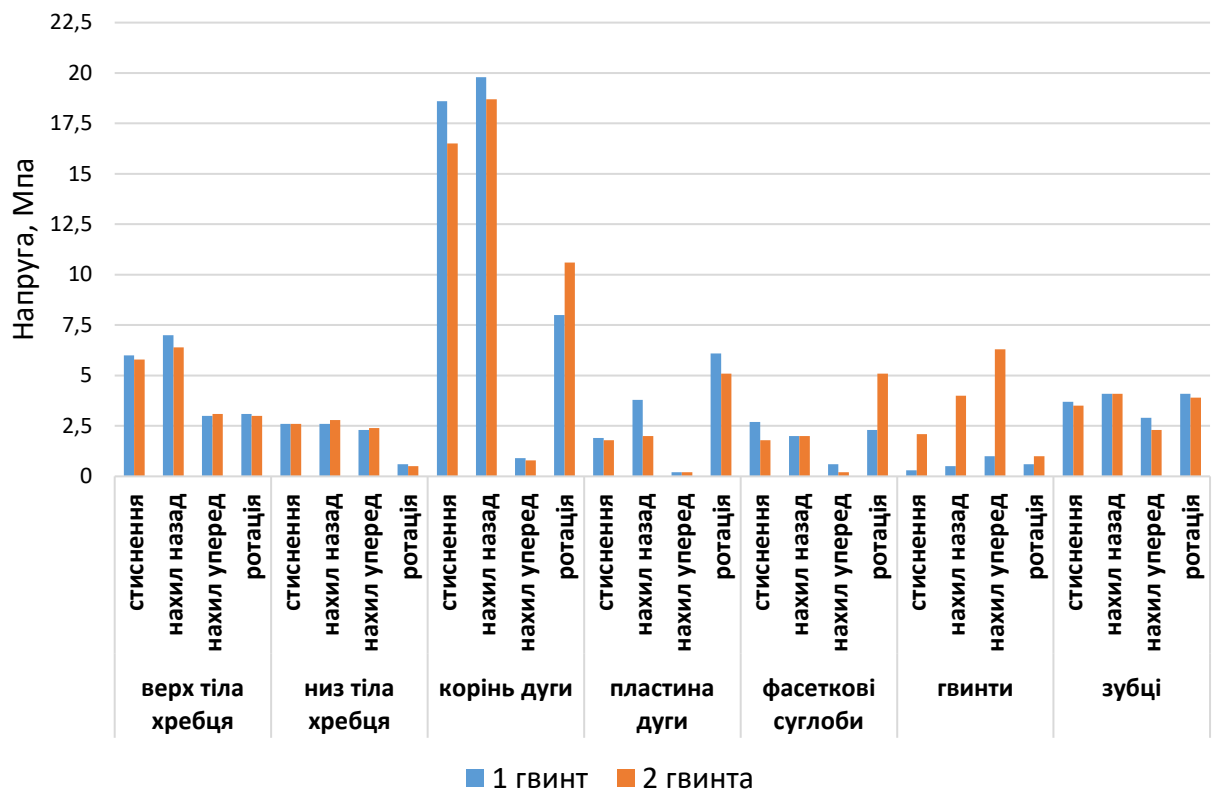


Рис. 4.12. Картина розподілу напружень в моделях з ТЗІ при використанні кріплення одним і двома гвинтами: А – один гвинт, навантаження на стиск; Б – один гвинт, нахил голови вперед; В – один гвинт, нахил голови назад; Г – один гвинт, ротаційне навантаження; Д – два гвинти, навантаження на стиск; Е – два гвинта, нахил голови вперед; Ж – два гвинта, нахил голови назад; З – два гвинта, ротаційне навантаження.



А



Б

Рис. 4.13. Діаграми максимальних значень напруг, що виникають під дією навантажень на стиск, в моделях з кріпленням одним і двома гвинтами: А – хребець С4; Б – хребець С6.

ВИСНОВОК

Результати проведеного дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Наявність додаткового кріплення дозволяє знизити рівень максимальних напружень в кістковій тканині хребців, що контактують з імплантатом.

2. Тілозамінний імплант показав найнижчий рівень напружень в елементах моделі при навантаженнях на стиск і нахилі голови вперед. При нахилі назад і ротації показники напруг в обох моделях мають незначні відмінності в ту чи іншу сторону на різних ділянках.

3. Отримані дані свідчать про те, що стабілізуючі можливості ТЗІ більше, в порівнянні з іншими тілозамінними системами, а напруга і навантаження на елементи хребців нижче, що в значній мірі запобігає резорбцію кісткової тканини, забезпечує максимальне збереження інтраопераційно сформованого сагітального профілю оперованого сегмента і сприяє досягненню первинно-стабільного спондилодезу.

РОЗДІЛ 5.

ХІРУРГІЧНЕ ЛІКУВАННЯ ХВОРИХ ПРИ ХРЕБЕТНО-СПІННОМОЗКОВІЙ ТРАВМИ ШИЙНОГО ВІДДІЛУ

5.1. Показання до виконання хірургічного лікування

Питання про необхідність і обсяг передбачуваного хірургічного лікування пацієнтів з ХСМТ на субаксіальному рівні ШВХ до теперішнього часу залишається досить спірним і суперечливим. Незважаючи на значну кількість проведених про- і ретроспективних досліджень, великий обсяг публікацій, присвячених оптимізації тактики терапії пацієнтів, до теперішнього часу не сформовано будь-якого уніфікованого протоколу, що дозволяє, хоча-б з рекомендаційної точки зору, визначити найбільш ефективний спосіб лікування конкретно взятого пацієнта.

Значний дисонанс і широка варіабельність думок провідних фахівців спирається на історично сформовану концепцію розгляду ХСМТ ізольовано з точки зору ортопедичних ушкоджень або неврологічних розладів. Відповідно, обраний пріоритетний напрямок у визначенні підходу до терапії постраждалих з ХСМТ і визначає загальні підходи, які часто кардинально відрізняються.

Аналіз літератури останніх десятиліть не виявляє будь-яку позитивну тенденцію в даному напрямку. Більш того, використання класифікації AOSpine, яка все ширше застосовується в даний час в профільних монографіях провідних світових фахівців, *de facto*, зводить травму ШВХ суто до ортопедичної проблеми. Слід зазначити, що безпосередньо вказаний інструмент оцінки характеру ушкодження є фрагментом великої класифікації ушкоджень опорно-рухового апарату людини. Додаткові рубрики AOSpine, покликані висвітлити характер неврологічних розладів малоінформативні. Крім того, класифікація не має бальної оцінки, і, відповідно, не дозволяє досить аргументовано, а в ряді випадків і юридично обґрунтовано вибрати оптимальний метод лікування.

Практично єдиним, досить широко відомим використовуваним в 2000-х роках інструментом визначення тактики терапії постраждалих з ХСМТ на субаксіальному рівні ШВХ з урахуванням ортопедичних і неврологічних проявів, є запропонована ще 1976 року і в подальшому неодноразово модифікована Шкала White and Panjabi [124] (Табл. 28, Додаток А). Ушкодження вважається нестабільним при сумі балів, що дорівнює або перевищує «5».

Слід зазначити, що деякі пункти, наведені в шкалі, у даний час не оцінюються, так тракційний тест має скоріше історичне, ніж діагностичне значення. Однак, безперечною перевагою описаного методу є можливість оцінити стабільність травмованого хребта тільки на підставі клінічної картини і рентгенограм ШВХ в стандартних проекціях.

Іншим, досить простим, клінічно орієнтованим інструментом уніфікації характеру ушкоджень і тактики лікування є Класифікація субаксіальних ушкоджень (Sub-axial Injury Classification and Severity Scale (SLIC)), що запропонована в 2007 групою з вивчення спінальної травми [125] (Табл. 29, Додаток А). Однією з незаперечних переваг SLIC є бальна оцінка тяжкості травми, досить докладно розроблений лікувально-тактичний алгоритм і значна доказова база [126].

Тактика лікування визначається по пороговому значенню оцінки SLIC. Якщо отриманий результат між 1 і 3, то може проводитися консервативна терапія. Якщо сума склала 5 і більше, рекомендується хірургічне втручання, що включає декомпресію, реконструкцію і стабілізацію в залежності від клінічної ситуації. Значення 4 бали є прикордонним і тактика в більшій мірі визначається конкретною клінічною ситуацією. Однак, і ця система тактичної оцінки до теперішнього часу має скоріше історичний інтерес, ніж практичне значення, з огляду на, як зазначено вище, практично повний перехід на AOSpine.

У даній роботі, як і в цілому в роботі клініки, ми основну увагу приділяли саме неврологічній складовій травми, розглядаючи ортопедичний компонент як вторинний фактор, який фактично або потенційно викликає і/або збільшує наявну неврологічну симптоматику. Даний підхід, на нашу думку, є найбільш

обґрунтованим з практичної точки зору, тому що саме ступінь вираженості неврологічних розладів у віддаленій перспективі визначає якість життя постраждалих, їх соціальну адаптацію і необхідність стороннього догляду та медичного забезпечення. З іншого боку дані, наведені в вищеописаних класифікаціях, а також результати власних досліджень визначають комплексний підхід до терапії постраждалих.

Відповідно, у визначенні тактики, нами, спираючись на значну кількість як вітчизняних, так і міжнародних досліджень, були розроблені певні критерії, які максимально враховують клініко-радіологічні особливості ХСМТ у постраждалих і дозволяють індивідуально визначити найбільш ефективний тип терапії.

Характер osteo-лігаментозних ушкоджень

Спираючись на численні публікації клінічного використання AOSpine при визначенні тактики і обсягу терапії нами були відібрані основні критерії, тезисно наведені нижче.

A1 – переломи стабільні, в більшості випадків проводиться консервативна терапія з ранньою реабілітацією. У разі вихідної деформації або збільшення кіфотичної ангуляції більш ніж на 15° показаний передній моносегментарний або бісегментарний корпорадез з метою корекції і збереження сагітального профілю ШВХ.

A2 – переломи стабільні, і зазвичай підлягають консервативній терапії аналогічно A1. Також, при A2-переломах збільшення кіфотичної ангуляції більш ніж на 15° є показанням до переднього корпорадезу, який, на відміну від A1 завжди виконується бісегментарно.

A3 – переломи супроводжуються ризиком міграції кісткових фрагментів дорсально із подальшим розвитком неврологічних порушень. Крім того, ризик вторинної кіфотичної деформації значно вище, в порівнянні з A1 і A2. Тому, в залежності від ступеня ушкодження тіла хребця, рекомендується вентральний моно- або бісегментарний корпорадез. Пацієнти без вираженої симптоматики, з відсутністю кіфотичної деформації, звуження хребетного каналу і збереженням

вільних лікворних просторів можуть лікуватися консервативно з обов'язковою фіксацією ШВХ жорстким гололотримачем на термін не менше 6 тижнів. При цьому обов'язковим є контроль бісегментарного кіфотичного кута в динаміці. Мінімальне зростання кіфотичної ангуляції є показанням до хірургічної стабілізації.

A4 – переломи характеризуються значним ураженням опорних структур хребта із залученням обох замикальних пластин і суміжних міжхребцевих дисків і розглядаються як нестабільні ушкодження. Ризик задньої міграції кісткових фрагментів з компресією анатомічних утворень хребетного каналу, а також ризик вторинної кіфотичної ангуляції значно вище, в порівнянні з A3. Переломи типу A4 є абсолютним показанням до вентрального бісегментарного корпорадезу.

B1 – ушкодження нестабільні, рекомендується задній бісегментарний спондилодез з точки зору відновлення цілісності зв'язкового апарату заднього опорного комплексу. Вентральний корпорадез не показаний, оскільки в разі консолідації та видалення імплантів можлива ремобілізація рухового сегмента. Незважаючи на нестабільність, ці травми мають тенденцію до хорошого зрощення і в окремих випадках можуть лікуватися консервативно при гіперекстенції в жорсткому шийному ортезі. Подібна терапія, проте, вимагає динамічного радіологічного контролю як в процесі іммобілізації, так і на етапі реабілітації.

B2 – травми нестабільні, і рекомендується хірургічна стабілізація. Хірургічний доступ (передній, задній або комбінований), а також рішення про протяжність фіксації (моно- або бісегментарно) в основному залежить від A-компонента (ступінь руйнування тіла хребця).

B3 – ушкодження нестабільні, рекомендований передній моносегментарний корпорадез.

C – ушкодження вкрай нестабільні і в ряді випадків вимагають термінової хірургічної стабілізації. Зважаючи на високу варіабельність C-травм передбачається індивідуальна хірургічна стратегія. Проте, хірургічний доступ

(передній або комбінований передньо-задній), а також питання про протяжність фіксації (моно-, бі- або мультисегментарна) в значній мірі визначається А-компонентом.

Відповідно, травми типу А4, В2, В3 і С є абсолютним показанням до хірургічного лікування, при інших типах ушкоджень тактика визначається нижчеописаними критеріями.

Ступінь остео-лігаментозних ушкоджень

Методика визначення ступеня остео-лігаментозного апарату при травматичному ушкодженні ШВХ із застосуванням CSISS описана вище у відповідному розділі. Слід зазначити, що ретроспективний аналіз, проведений розробниками CSISS, свідчить про переваги хірургічного лікування у пацієнтів з сумою балів 7 і більше, аналогічної думки дотримується більшість незалежних експертів [127]. Однак ряд дослідників рекомендує більш агресивну хірургічну тактику, розглядаючи граничним значенням 6 балів [128]. Автори відзначають певну кореляцію між сумою балів і наявністю неврологічних розладів. Так при значенні CSISS 7 балів і більше неврологічні розлади зареєстровані у 79% пацієнтів, у той час як при значенні менше 7 балів – тільки у 15%.

Результати наших досліджень, наведені в Главі 3, свідчать про значну кореляцію зазначених методів оцінки, проте, в ряду випадків ушкодження типу А1 і А2 мають показники за шкалою CSISS 7 і більше балів, що дозволяє оцінювати подібні травми як нестабільні і розглядати хірургічне втручання в якості пріоритетного методу лікування. Подібна ситуація, очевидно, зумовлена особливостями травми, коли при впливі згинального навантаження відбувається ушкодження не тільки переднього опорного комплексу, тією чи іншою мірою вираженості, а й розрив зв'язкового апарату фасеткових суглобів, що добре візуалізується розширенням суглобової щілини на СКТ. Відповідно, втрата опороздатності тіла хребця в поєднанні з гіпермобільністю в сегменті створює безпосередні умови для прогресування кіфотичної деформації, за рахунок втрати висоти компримованого хребця під впливом підвищеного навантаження. У

табл. 30 (Додаток А) представлено кількісний розподіл пацієнтів за типом/ступенем ушкодження.

У групі А1 у 3 пацієнтів зареєстровано 6 балів за CSISS, однак показники сегментарного кіфозу у цих постраждалих склали $13,5^{\circ}$, $20,1^{\circ}$ і $0,6^{\circ}$. Таким чином у двох з трьох зазначених пацієнтів показанням до хірургічного лікування є кіфотична деформація. Аналогічна ситуація і в А2 групі. У 3 пацієнтів з 6 балами за CSISS показники сегментарного кіфозу склали $14,1^{\circ}$, $19,9^{\circ}$ і $23,1^{\circ}$ що також стало показанням до хірургічного втручання.

Показник сегментарного кіфозу

Наступним критерієм, що враховується при визначенні не тільки безпосередніх показань, а й передбачуваної тактики хірургічного втручання є показник сегментарного кіфозу. Слід зазначити, що хірургічне втручання при травматичному ушкодженні ШВХ на субаксіальному рівні має своїм завданням не тільки декомпресію структур хребетного каналу, а й реконструкцію та відновлення сагітального контуру травмованого хребта. Відповідно, при тактичному плануванні слід попередньо оцінювати можливості тих чи інших методик по оптимальному досягненню поставлених завдань.

Аналіз даних літератури демонструє, що поряд з декомпресивно-стабілізуючими хірургічними техніками при травматичних ушкодженнях хребта досить часто можуть бути використані реконструктивно-стабілізуючі хірургічні втручання, закономірно, тільки в тих випадках, коли не потрібна декомпресія невральних структур. Стосовно до ШВХ подібна тактика має певні особливості:

- Наведені вище дані переконливо демонструють, що навіть при найбільш легких (А1, А2) типах ушкодження ХРС, поряд з тілами хребців, в тій чи іншій мірі страждають бічні опорні колони, що в першу чергу супроводжується ушкодженням зв'язкового-капсульного апарату фасеткових суглобів. Відповідно, з метою досягнення максимальних показників відновлення зазначених структур і виключення формування динамічної нестабільності в віддавленому післяопераційному періоді, оптимальним є формування лордозу в травмованому ХРС.

- Дослідження біомеханіки травмованого хребта, а також наші дані, наведені в розділі 4, демонструють, що навантаження на структури переднього опорного комплексу зростає тим більше, чим більше виражена кіфотична деформація в ХРС.

Таким чином, при розгляді вентрального моносегментарного міжтілового корпоралеза з використанням міжтілового кейджа і вентральної пластини слід враховувати, що виконана реконструкція повинна сформувати лордозний контур, а ризик пролабування кейджа в тіло компримованого хребця тим вище, чим більше виражений вихідний кіфоз і ступінь руйнування замикаючої пластини [129].

Відомо, що максимальна профільна ангуляція у кейджа для моносегментарного спондилодезу в ШВХ становить 10° , а рекомендована при травматичному ушкодженні не більше 8° . Лордоз травмованого ХРС, що формується інтраопераційно, з урахуванням подальшої втрати корекції, повинен становити не менше 5° . Відповідно, виходячи з вищевикладеного, при виборі тактики хірургічного втручання, сегментарний кіфоз 5° і більше розглядався нами як абсолютний критерій для виконання тілозамінно-стабілізуючого втручання. У нашому дослідженні у 99 з 140 пацієнтів показник сегментарного кіфозу склав 5° і більше.

Фактор компресії

Одним з найбільш важливих критеріїв, що визначає фактичну або потенційну неврологічну симптоматику у пацієнтів з травматичних ушкодженням ШВХ на субаксіальному рівні є наявність і розмір патологічного травматичного субстрату, розташованого в хребетному каналі. При цьому, до теперішнього часу не регламентовано будь-яких чітких меж, що дозволяють диференціювати пацієнтів з абсолютними показаннями до хірургічної декомпресії. До певної міри наслідуючи принципи хірургії дегенеративних захворювань ШВХ, що мають значно більшу доказову базу, нами в якості критичного розміру компримуючого фактора була прийнята його величина – 5 мм. Як зазначено вище, поняття фактор компресії є комплексним, тобто

гетерогенним за своєю морфологічною структурою. У тих випадках, коли основна вентральна компресія визначається кістковими фрагментами, показано декомпресивно-стабілізуючі втручання, тому що така картина більш характерна для А3, А4 і С типів. У всіх інших випадках, коли в ролі патологічного субстрату виступають фрагменти зруйнованого міжхребцевого диску, зв'язкового апарату, оболонкові гематоми або комбінація цих утворень, очевидно, що тактика хірургічного лікування визначається можливістю видалення компресії зі збереженням тіла компресованого хребця, якщо до його резекції немає інших, вищеописаних показань. У нашій вибірці у 124 пацієнтів з 140 розмір фактору компресії склав 5 мм і більше.

В цьому аспекті особливу увагу привертають ушкодження типу В1 і С, при яких, найчастіше, ортопедично більш доцільним є задній спондилодез. З іншого боку, подібні травми досить часто супроводжуються епідуральними гематомами або травматичними грижами міжхребцевих дисків, що визначає пріоритетним вентральний доступ за принципом «декомпресія з боку компресії».

*Як приклад наводимо наступний клінічний випадок: Пацієнт М., 58 років, отримав травму в побуті при падінні з дерева. З діагнозом ХСМТ, переломовивих С6-С7, забій СМ, госпіталізований в травматологічне відділення *** районної лікарні з метою подальшого лікування, на наступну добу після травми переведений в ДУ ІНХ НАМН. На момент надходження у пацієнта відзначається тетрапарез (3 бали) з акцентом в кистях (до 2 балів), різкий больовий синдром. Після виконання необхідного комплексу діагностичних процедур (Рис. 5.1.) пацієнту встановлено діагноз: ХСМТ, лівобічний зчеплений вивих С6-С7, перелом дуги і суглобового відростка С6, травматична грижа С6-С7 міжхребцевого диску (АОSpine тип С), тетрапарез, ASIA С, різкий больовий синдром. МРТ ШВХ пацієнту не виконано, тому що анамнестично відомо про зроблений в 1985 р накістковий металоостеосинтез правої плечової кістки імовірно металевою пластиною. На СКТ ШВХ визначається значних розмірів травматична грижа з компресією СМ. В якості можливих варіантів хірургічного втручання розглядалися:*

1 варіант – відкрите пряме вправлення зчепленого вивиху, видалення уламків дуги і суглобового відростка С6, трансартикулярний спондилодез С6-С7 з подальшою вентральною дискектомією, міжтіловим моносегментарним корпорадезом РЕЕК-кейджером і вентральною пластиною С6-С7.

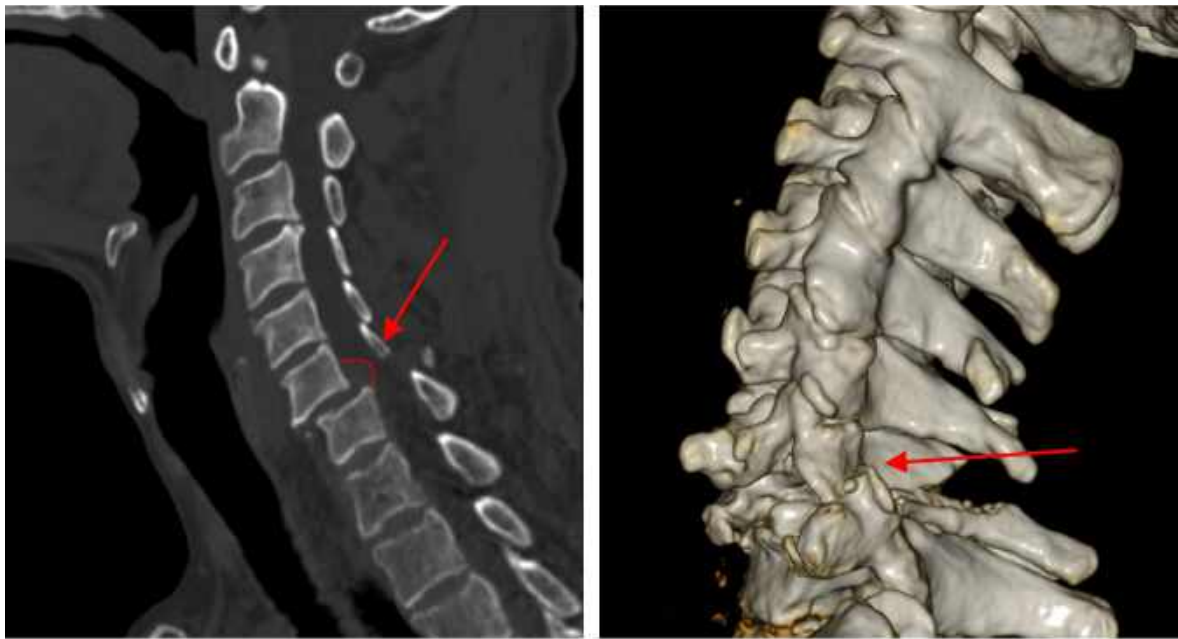
2 варіант – резекція тіла С6, декомпресія СМ, ревізія епідурального простору, відкрите непряме вправлення перелоמו-вивиха, міжтіловий корпорадез імплантом типу Mesh і вентральної ригідною пластиною.

Переваги 2 варіанту: виконання поставленого завдання з одного хірургічного доступу; можливість більш повної ревізії епідурального простору; корекція осі хребта виконується тільки після видалення компруючого фактора, що значно зменшує ризик додаткової травматизації СМ; ширші можливості корекції сегментарної кривизни травмованого ХРС. Результати виконаного хірургічного втручання представлені на Рис. 5.2. Пацієнт виписаний на 5 добу, неврологічний статус на час виписки ASIA D.

Порушення ліквородинаміки

Стан невральних структур хребетного каналу є пріоритетним критерієм при визначенні тактики курації постраждалих з ХСМТ. Сучасні методи нейровізуалізації дозволяють досить детально характеризувати стан лікворних просторів СМ. Велика кількість досліджень переконливо демонструє, що порушення лікворотоку у пацієнтів з ХСМТ, особливо на рівні ШВХ, значною мірою детермінує регрес неврологічних розладів як за рахунок феномена «лікворного удару», так і опосередковано впливаючи на мікроциркуляцію травмованого СМ. Крім того, достовірно доведена роль порушень ліквородинаміки у формуванні посттравматичної гідромієлії і прогресуванні травматичної мієлопатії.

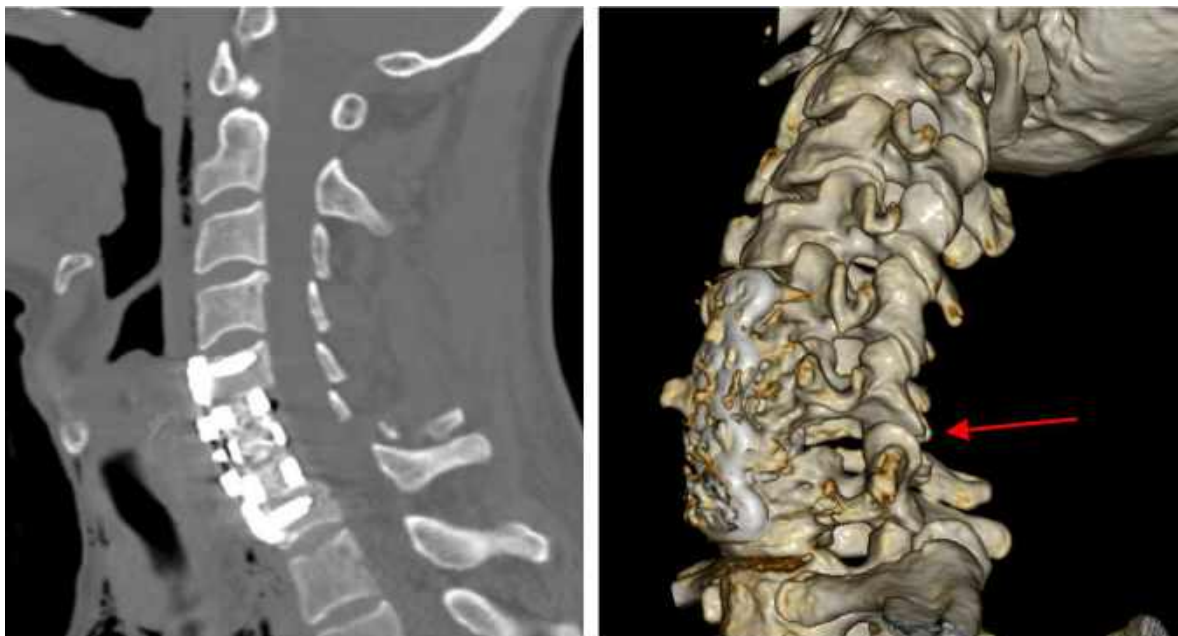
Наявність компруючого фактора є основною, але не єдиною причиною ліквородинамічних розладів при ХСМТ. набряк паренхіми СМ навіть на тлі мінімально вираженого дегенеративно обумовленого стенозу хребетного каналу може призводити до значного звуження лікворних просторів.



А

Б

Рис. 5.1. Пацієнт М., 58 років, травма при падінні з дерева. СКТ ШВХ. А – сагітальна реконструкція (стрілкою вказано наявність травматичної грижі міжхребцевого диску). Б – 3-D реконструкція (вказано лівобічний зчеплений вивих С6-С7)



А

Б

Рис. 5.2. Пацієнт М., 3 доба після вентрального декомпресивно-стабілізуючого втручання. СКТ ШВХ. А – сагітальна реконструкція Б – 3-D реконструкція (вказано вправлений вивих С6-С7)

Характерно, що подібна ситуація досить резистентна до фармакокорекції навіть значними дозами СПВП, через те, що ліквородинамічні розлади значно погіршують мікроциркуляцію, сприяючи тим самим прогресуванню набряку і приводячи до вторинних ушкоджень СМ. В якості параметру, обраного нами як граничний критерій показань до вентральної декомпресії, стало звуження вентрального лікворного простору на рівні травми на 50% і більше.

Неврологічний статус

Незважаючи на значну кількість розглянутих вище чинників, що дозволяють з тією чи іншою мірою патогенетичної обґрунтованості визначити оптимальну тактику терапії, частина критеріїв залишається неврахованими, приймаючи до уваги значний поліморфізм ХСМТ як патологічного процесу. Тому, будь-яке погіршення неврологічного статусу пацієнта в доопераційному періоді розглядалося нами як абсолютне показання до хірургічної декомпресії, як методу, що максимально сприяє збереженню/відновленню неврологічної функції.

Розглядаючи загальний алгоритм визначення показань до виконання вентрального декомпресивно-стабілізуючого хірургічного лікування, слід окремо розглянути ушкодження типу С. Даний характер травм, по-перше, характеризується значним ушкодження всіх опорних структур, а по-друге, часто демонструє не тільки вентральну, але і дорзальну компресію як за рахунок кісткових фрагментів, так і порушення осі хребта (підвивихи і вивихи). В даний час в світовій нейрохірургічній практиці спостерігається тенденція переходу від 360°-стабілізації до ізольованої вентральної. Ми, також у визначенні тактики керуємося принципами мінімізації хірургічної інвазії. Відповідно, у разі наявності вивихів, спочатку виконувалася спроба закритого одномоментного вправлення, при неефективності – відкритого непрямого вправлення і лише за відсутності ефекту – відкрите пряме вправлення з подальшим заднім спондилодезом. Задня декомпресія СМ виконується тільки в разі задньої компресії СМ. Закономірно, що зазначені випадки не включені в нашу вибірку пацієнтів.

Підводячи підсумки опису використаного нами алгоритму визначення тактики терапії пацієнтів з травматичним ушкодженням ШВХ на субаксіальному рівні слід зазначити, що установка міжтілової опори після резекції тіла хребця не може розглядатися в якості стабілізації. Як показують наші дані, наведені в розділі 4, ізольована установка Mesh, без доповнення вентральною пластиною, призводить до виникнення ділянок критичної напруги в зоні контакту «Mesh – тіло хребця», що в перспективі обумовлює пролабування конструкції і втрату досягнутої інтраопераційної корекції.

Як приклад наводимо наступний клінічний випадок: *Пацієнт Л., 1981 р.н., отримав травму під час пірнання у водойму 05.08.201*. З діагнозом ХСМТ, перелом С6 тип А4, ASIA А перебував на лікуванні в *** обласної клінічної лікарні, де виконана вентральна резекція тіла С6 з установкою Mesh. 02.04.18 родичі пацієнта звернулися за консультацією в поліклініку ДУ ІНХ НАМН, відзначаючи, що у пацієнта протягом всього післяопераційного періоду не відзначено мінімального регресу неврологічних розладів, але наріс больовий синдром. Результати СКТ ШВХ наведені на Рис. 5.3.*

Наведений випадок в черговий раз демонструє той факт, що установка будь-якої міжтілової опори в ШВХ, що не фіксується до тіл хребців, обов'язково, навіть в разі подальшого заднього спондилодезу, повинна доповнюватися встановленням вентральної пластини.

5.2. Техніка хірургічної декомпресії спинного мозку та блокуючого міжтілового корпорозу.

Міжтіловий спондилодез з використанням вертикального циліндричного сітчастого імпланта типу Mesh і ригідної вентральної пластини

Пацієнт під ендотрахеальним наркозом знаходиться в положенні лежачи на спині, під плечі підкладають невеликий валик, плечі відтягують вниз, шляхом тракції за руки, і фіксують.

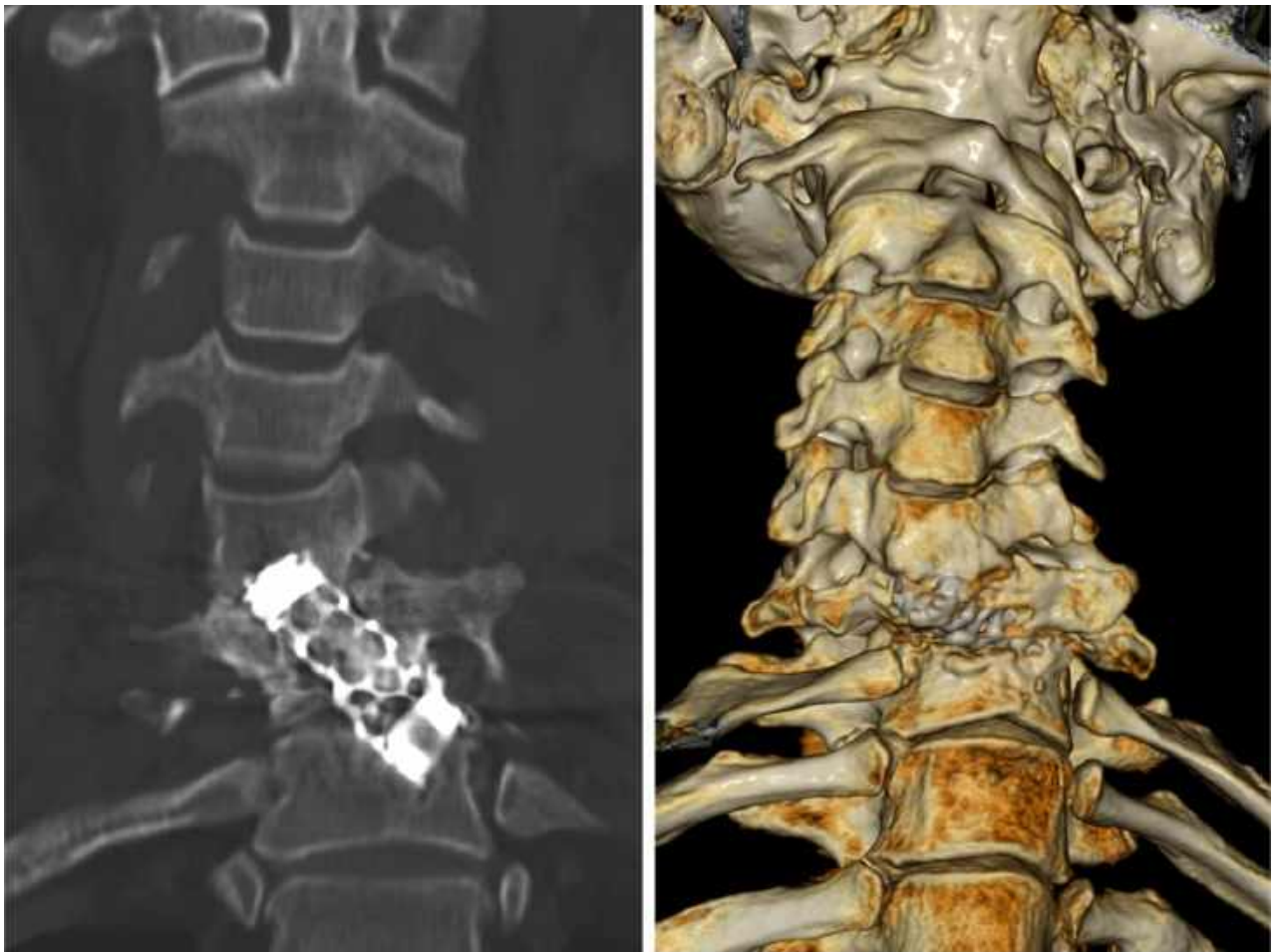
**А****Б****В**

Рис. 5.3. Пацієнт Л., 37 років, 8 місяців після вентральної корпоректомії С6 і установки Mesh без додаткової фіксації. СКТ ШВХ. А – реконструкція у фронтальній проекції, Б – 3D реконструкція ШВХ, В – 3D реконструкція Mesh

Голова в стані розгинання, фіксована лямками або спеціальним пристроєм, злегка нахилена в сторону, протилежну стороні операційного розрізу, або встановлена суворо в сагітальній площині, що залежить від уподобань хірурга (Рис. 5.4).

Такий стан і фіксація голови дозволяє виконувати тракцію шийного відділу хребта хворого на етапі установки імплантату в кістковому дефекті після резекції ушкодженого тіла хребця або виконувати вправлення вивихів, якщо такі присутні, під час хірургічного втручання за методикою, розробленою в клініці.

Нами застосовувалася техніка хірургічного втручання і використанням переднього паратрахеального доступу за методом Сміт-Робінсона. Можливий як правобічний, так і лівобічний доступ. Анатомічними орієнтирами місця розрізу в залежності від рівня ушкодженого хребця служили: С3 – під'язикова кістка, С4-С5 – щитовидний хрящ, С6 – перстнеподібний хрящ, С7-Т1 – надключична зона.

Хірург і асистент розташовуються по обидва боки від хворого, при цьому хірург знаходиться на стороні розрізу. З метою профілактики кровотечі перед розрізом проводилася інфільтрація м'яких тканин фізіологічним розчином з додаванням малих доз адреналіну (гідропрепаровка). Шкірний розріз по передньо-внутрішньому краю правої м. Sternocleidomastoideus. При розрізі шкіри, підшкірної клітковини і м. Platysma, виконувався ретельний гемостаз із застосуванням електрокоагуляції. Пальпаторно визначається місце положення сонної артерії по її пульсації. Розсікаються і розшаровуються друга (lamina superficialis fasciae colli propriae) і третя фасції шиї (lamina profunda fascia colli propriae).

Обережно проводиться препаровка переднього краю м. Sternocleidomastoideus, тому що в цій зоні може знаходитися велика вена, що з'єднує передню яремну вену з лицьовою. При відсутності можливості відтіснити, її перев'язують. Розтинають і розшаровують фасцію навколишньокивального м'язу. Під м. Omohyoideus розташована фасція, що оточує загальну сонну артерію, яремну вену і блукаючий нерв.

Верхнє черевце м. omohyoideus, розташоване під м. sternoclenoidomastoideus і йде в косому напрямку зверху вниз і зсередини назовні, відтісняється вгору або вниз. При хірургічних втручаннях на двох і більше ХРС зазначений м'яз перетинають наступним чином. М'яз мобілізують протягом 2-2,5 см. На виділене місце поруч накладають два затискачі. Між затискачами м'яз перетинають, кінці його прошивають лігатурами, які на цих же затискачах розводять в сторони. Після закінчення операції, тобто при ушиванні операційної рани, м'яз може бути зшитий зазначеними лігатурами. Однак ця маніпуляція не обов'язкова, оскільки відсутність відновлення її безперервності не призводить до виникнення будь-яких функціональних розладів.

Після виконання описаних маніпуляцій відкривається доступ до парафарингіального простору. Розширниками Фарабефа трахея, глотка, стравохід і щитовидна залоза відводяться медіально, а судинно-нервовий пучок – латерально. У разі необхідності, можлива перев'язка щитовидних артерій і вен. Претрахеальна фасція розшаровується рухами тупфера уздовж осі хребта. В глибині операційної рани виявляється передня поверхня тіл хребців і міжхребцеві диски. З метою орієнтації, щодо центру хребців, слід мати чітку візуалізацію внутрішніх країв м. Longus coli з двох сторін. Щоб не допустити помилок у визначенні рівня операції в міжхребцеві диски вводяться рентгенконтрастні мітки і виконується рентгенологічний контроль. Визначають межі передбачуваної декомпресії. Після коагуляції внутрішніх країв м. Longus coli їх відшаровують распатером і розводять в сторони за допомогою самоутримуючого розширювача. Передня поздовжня зв'язка, на необхідному протязі по центру тіл хребців коагулюється, відшаровується распатером і також розводиться в сторони на лігатурах. Кровотеча з передньої поверхні тіл хребців, в зоні відшарування зв'язки, зупиняється воском. Фіброзні кільця дисків, суміжних з ушкодженим тілом хребця, розсікають вузьким скальпелем. Лезо скальпеля не повинно занурюватися в диск більш ніж на 1 сантиметр. Диски максимально видаляються за допомогою гострої ложки, кюретки і конхотома (Рис. 5.5). Тіла ушкоджених хребців видалялися швидкісним дрилем.

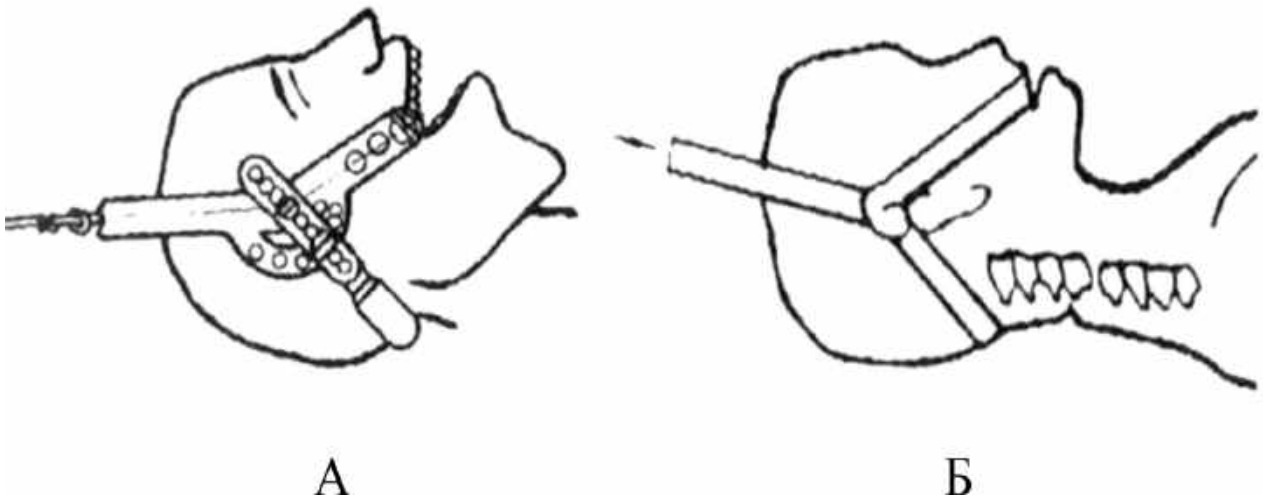


Рис. 5.4. Схема фіксації голови для витягнення шийного відділу хребта за основу черепа спеціальним пристроєм (А), лямками (Б).

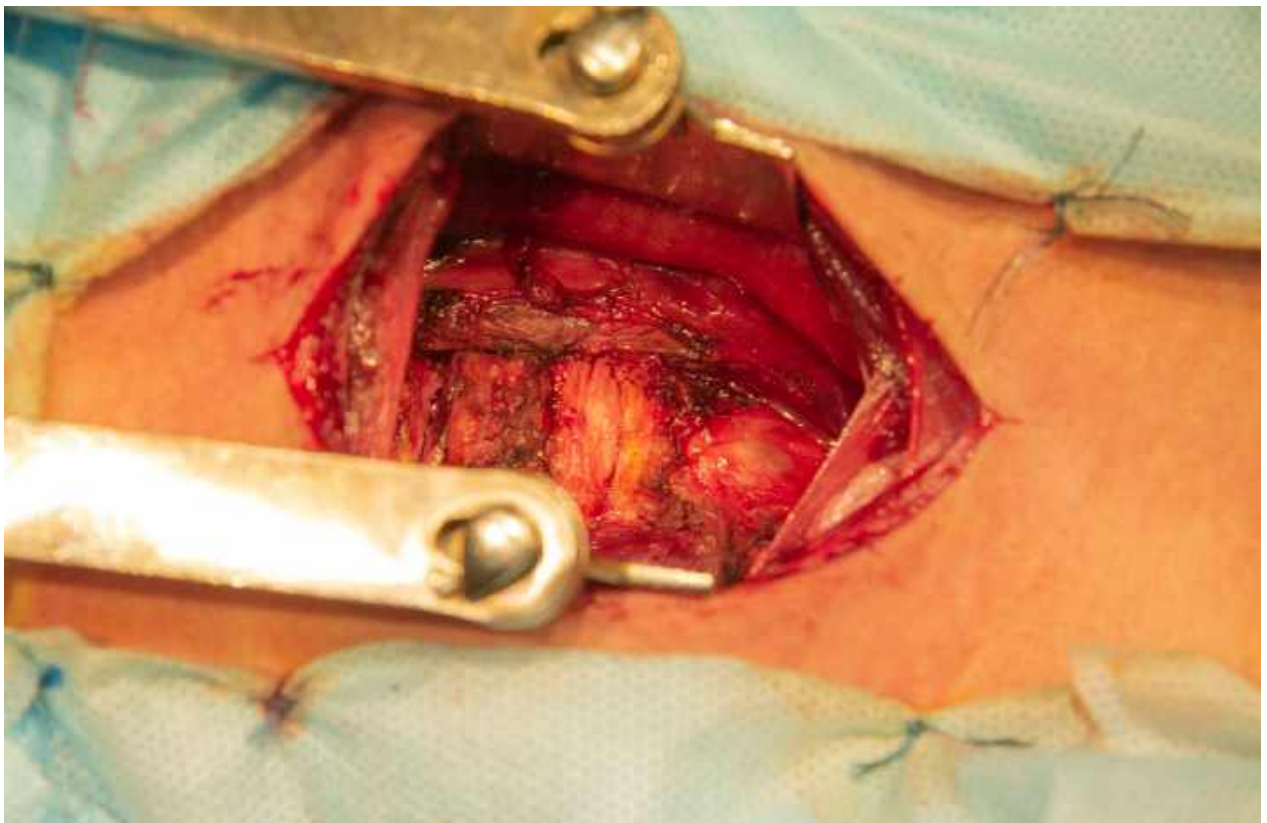


Рис. 5.5. Етап хірургічного доступу, виділено передню поздовжню зв'язку, частково вилучені міжхребцеві диски.

Дрібні кісткові фрагменти ушкодженого тіла хребця і кісткова стружка вимиваються фізіологічним розчином і аспірується. Особливо обережно необхідно видаляти задню замикальну пластину хребця і її фрагменти. Після візуалізації задньої поздовжньої зв'язки через дефект в задній замикальній пластині тіла хребця, що видаляється, подальше видалення кісткових фрагментів виконувалось кусачками Керрісона з кутом нахилу ріжучої частини 90 і 130 градусів і товщиною підстави 2-3 мм. Особлива увага приділялася ретельному видаленню заднє-верхнього краю тіла хребця і прилеглих до нього залишків диска. Ця маніпуляція виконувалася тонкими пістолетними кусачками. За допомогою гострої ложки або кюретки з нижньої замикальної пластини вищерозташованого хребця і верхньої замикаючої пластини підлеглого хребця віддалялися залишки гіалінового хряща. При цьому, необхідно зберігати цілісність замикальних пластин з метою попередження пролабування імплантату в тіла хребців.

При наявності екструзії кісткових фрагментів в епідуральний простір останні видаляються. Задня поздовжня зв'язка видаляється, виконується ревізія епідурального простору (Рис. 5.6). У разі наявності субдуральних гематом або гідром, діагностованих за даними МРТ в передопераційному періоді, останні віддалялися шляхом розтину твердої мозкової оболонки (ТМО). Після видалення фактору компресії з субдурального простору тверду мозкову оболонку ушивають наглухо безперервним швом. При відсутності можливості ушивання ТМО через набряк спинного мозку виконується пластика її дефекту апоневрозом. Шов ТМО герметизується аплікацією гемостатичних матеріалів. Маніпуляції з видалення задньої замикальної пластини ушкоджених тіл хребців і на структурах хребетного каналу проводилися тільки при використанні операційного мікроскопа OPMI® Vario 700 (збільшення до 2-12х).

Перед установкою титанового імплантату визначають необхідний його діаметр. За допомогою дистрактора збільшують проміжок між хребцями, тобто збільшують вертикальний розмір кісткового дефекту, в якому буде встановлено імплантат. Ця маніпуляція дозволяє визначити і вимірювати циркулем необхідну

висоту конструкції. Якщо дистрактора немає, допускається проводити зовнішню тракцію за допомогою лямок або спеціального пристрою, що фіксує голову пацієнта. Формування імплантату необхідного розміру здійснюється за допомогою спеціальних ножиць (*Рис. 5.7*).

Висота Mesh повинна забезпечувати відновлення сагітального профілю шийного відділу хребта і відповідати нормальній висоті хребця, що видалається, і суміжних міжхребцевих дисків. Визначенню необхідної висоти конструкції необхідно приділяти особливу увагу. При використанні таких кейджів можуть виникати складнощі у визначенні їх оптимального розміру. При цьому необхідно враховувати, що отримана конструкція також являє собою моноблок, що має певний фіксований хірургом розмір. У разі похибки у визначенні висоти ендопротеза можуть виникати дві ситуації:

а) довжина кейджа більше необхідного розміру. При цьому напруга, викликана компресійним навантаженням ХРС в системі «метал-тіло хребця» буде високою, що призведе до прискорення процесів резорбції кісткової тканини і підвищить ризик пролабування (міграції) імплантату в тіла хребців [15]. Крім того, перерозтягнення капсул міжхребцевих суглобів на рівні стабілізації буде викликати виникнення локального больового синдрому [130].

б) довжина кейджа менше необхідного розміру. У таких ситуаціях спроба відновлення сагітального балансу буде неефективною, тобто не буде досягнута необхідна реклінація сегменту. Відсутність стабільності ендопротеза в міжтіловому проміжку призведе до його рухливості.

Дисбаланс розподілу навантаження в певних ділянках системи «кейдж-тіло хребця» в різних функціональних положеннях оперованого сегмента матиме імпульсний характер, що також викличе руйнування замикальних пластин тіл хребців і підвищить ризик міграції імплантату.

Імплантат заповнюється фрагментами кортикальної і спонгіозної аутокістки взятими з крила клубової кістки або видаленого тіла хребця. Ущільнення наповнювача конструкції виконується за допомогою імпактора (*Рис. 5.8*).

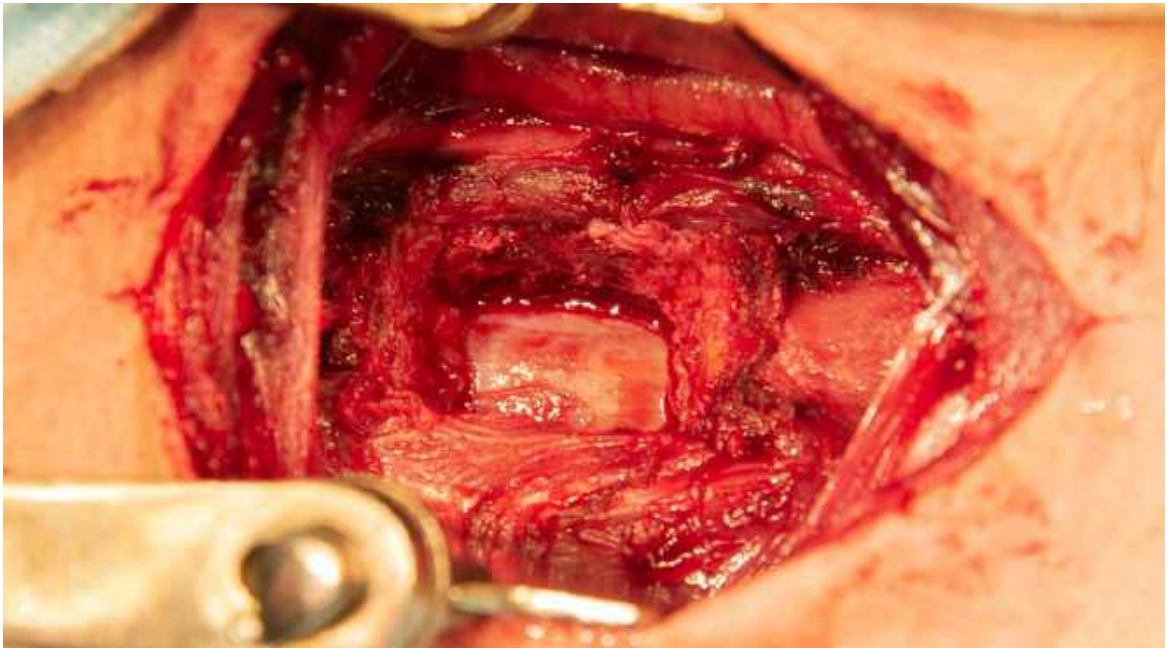


Рис. 5.6. Виконана вентральна декомпресія СМ. Етап перед установкою імпланту.

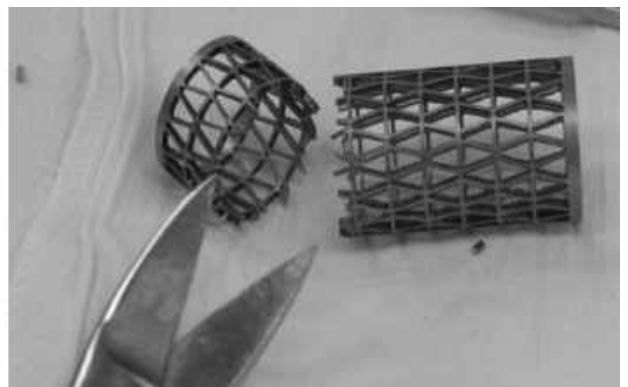


Рис. 5.7. Формування необхідної довжини вертикального циліндричного сітчастого імплантату під час операції.



Рис. 5.8. Заповнення порожнини імплантату наповнювачем (аутокістка або її замітники).

Використання аутокістки для заповнення сітчастого циліндричного імплантату є найбільш біологічно обґрунтованим методом і вважається «золотим стандартом» при виконанні переднього міжтілового спондилодезу. Тим не менше, використання з цією метою фрагментів видалених тіл хребців часто недостатньо для заповнення всього об'єму кейджа [131]. При взятті аутоотрансплантатів з крила клубової кістки хворому наноситься додаткова хірургічна травма, збільшує час операції.

Для виключення перерахованих ускладнень в якості наповнювачів імплантатів для переднього міжтілового спондилодезу широко використовуються різні біокомпозитні матеріали, до яких відноситься гідроксіапатит, структура якого близька до кісткової тканини.

На тлі зовнішньої тракції шийного відділу хребта, попередньо заповнений наповнювачем (аутокістка або її замінники), імплантат розміщують між тілами суміжних з резектованим хребцем. З метою збільшення вертикального розміру кісткового дефекту, на етапі установки конструкції можливе використання різних, по конструктивному рішенню, дистракторів. Після установки Mesh тракцію припиняють, внаслідок чого імплантат виявляється вклиненим між тілами хребців. Оптимальна конструкція дистрактора передбачає фіксацію до тіл сусідніх хребців гвинтами, які викручуються після закінчення тракції.

Вентральний спондилодез металевими імплантатами має певні особливості, які обумовлені різницею модулів пружності кісткових структур тіл хребців і металу, конструктивними характеристиками і функціональними можливостями кейджів.

В процесі відновлення сагітального балансу і стабілізації ХРС в необхідному положенні виникає певний локальний тиск торцевих країв ендопротезів на замикальні пластини хребців. Ця обставина може викликати резорбцію кісткової тканини, оскільки при навантаженнях на хребет деформується тільки кісткова тканина. Виникає стресова напруга в системі «кістка – імплантат». Імплантат «розбиває» кісткові структури суміжних хребців, ендопротез розхитується, висота міжхребцевого простору зменшується,

підвищується ризик міграції імплантату (просідання конструкції в тіла хребців) в післяопераційному періоді з втратою досягнутої інтраопераційної корекції хребта і неспроможністю спондилодезу. Імовірність такого ускладнення залежить від вихідного стану кісткової тканини.

Наступним ортопедичним етапом даного способу ВМС є додаткова стабілізація оперованого ХРС вентральною пластиною. При установці пластин необхідно видалити нерівності на передній поверхні тіл хребців, в місцях їх прилягання, уникаючи ушкодження зовнішнього кортикального шару [55].

Отвори для вгвинчування шурупів повинні проектуватися на зону максимально наближену до замикальних пластин тіл хребців, в якій кістка має максимальну щільність, тобто відстояти від краю диска на 2-3 мм. Краї пластин не повинні повністю перекривати тіла хребців, що фіксуються, і суміжні диски, а закінчуватися на їх середині. Необхідно уникати вгвинчування гвинтів в міжхребцеві диски, оскільки ця технічна похибка зменшує міцність стабілізації ХРС і може призводити до зміщення пластин і гвинтів. Під час фіксації пластин до тіл хребців слід виконувати рентгенологічний контроль або користуватися електронно-оптичним перетворювачем, оскільки верхні гвинти необхідно закручувати під кутом 10-20° спереду назад, відповідно площині розташування замикальних пластин.

Після стабілізації ушкодженого сегмента конструкцією Mesh в поєднанні з вентральною пластиною рана промивається розчинами антисептиків, виконується контроль гемостазу, пошарово ушивається наглухо або з установкою пасивної дренажної системи терміном на один – два дні. Накладається асептична пов'язка. Шийний відділ хребта фіксується головотримачем типу «Філадельфія». Призначається судинна, протизапальна, стимулююча, вітамінотерапія. Проводиться профілактика гнійно-септичних ускладнень.

В якості ілюстрації наводимо наступне спостереження.

*Хворий М-ів, 30 років. Госпіталізовано в клініку 29.07.201 * р. Травма при пірнанні 28.07.201 * р. (Рис. 5.9). Діагноз: Закрита не ускладнена травма*

шийного відділу хребта. Двосторонній верховий вивих C5 хребця. AOSpine тип C, ASIA E. Виражений больовий синдром.

При надходженні було виконане одномоментне закрите вправлення вивиху (Рис. 5.10). Шийний відділ хребта був фіксований гололотримачем типу Філадельфія. Призначено планове хірургічне лікування.

передбачалося:

- провести видалення міжхребцевого диска C5-C6 з подальшою ревізією епідурального простору для виключення вентральній компресії спинного мозку;
- здійснити стабілізацію ушкодженого сегмента шляхом міжтілового спондилодезу C5-C6 кейджем в поєднанні з вентральною пластиною.

Під час хірургічного втручання виконано тотальне видалення диска C5-C6. Виявлено перелом тіла C5, в результаті чого була виконана резекція тіла C5 хребця. Стабілізація оперованого ХРС здійснювалася шляхом комбінованого, переднього спондилодезу C4-C6 хребців вертикальним циліндричним сітчастим імплантатом (конструкція Mesh) в поєднанні з вентральною пластиною (Рис. 5.11). Імплантат заповнювався фрагментами кісткової тканини з видаленого тіла в комбінації з гранулами гідроксиапатитної кераміки. Шийний відділ хребта був фіксований гололотримачем. Після операції біль в шийному відділі хребта регресував на другу добу. Післяопераційний період протікав гладко. Термін стаціонарного лікування склав 15 днів.

При контрольних оглядах через 3 і 12 міс: Скарг на болі немає. Періодично відзначає дискомфорт в шийному відділі хребта при зміні погоди. У неврологічному статусі клас ASIA E, сила в дистальних відділах рук – 5 балів, в ногах 5 балів. Сухожильні рефлекси помірно жваві, D=S. На спондилограмах: кіфотичної деформації немає. У хворого після декомпресивно-стабілізуючого втручання з резекцією тіла C5 хребця і стабілізацією сегмента C4-C6 конструкцією Mesh в поєднанні з вентральною пластиною зберігається стабільність в оперованому ХРС, кіфотична деформація не збільшилася.



А



Б

Рис. 5.9. Фоторентгенограми хворого М-ва при надходженні до стаціонару. А – бічна проекція, Б – передньо-задня проекція



Рис. 5.10. Фоторентгенограми хворого М-ва після одномоментного ручного закритого вправлення вивиху С5 хребця

Неврологічного дефіциту не виявлено. Даний результат лікування розцінений як відмінний.

Друге клінічне спостереження.

*Хворий К-ук, 25 років, Травма в побуті 10.06.201 * р. при падінні з висоти близько 2-х метрів. Після падіння відзначав виражену слабкість і оніміння в кінцівках. Був госпіталізований в неврологічне відділення за місцем проживання. На тлі проведеної медикаментозної терапії та фіксації шийного відділу хребта головоотримачем, протягом 12 годин з моменту травми, спостерігався регрес неврологічних розладів. Після рентгенографії шийного відділу хребта (Рис. 5.12) був переведений ДУ ІНХ НАМН 11.06.201 * зі скаргами на болі в шийному відділі хребта і слабкість м'язів шиї.*

Діагноз: Закрита хребетно-спинномозкова травма. Осколковий перелом тіла С5 хребця. AOSpine тип A4, ASIA D. Виражений больовий синдром. На момент надходження, у неврологічному статусі відмічається легкий (до 4 балів) парез в верхніх кінцівках.

Операція 13.06.201: Остеотомія лівої клубової кістки, взяття кісткового трансплантата. Декомпресія спинного мозку шляхом резекції тіла СIV. Комбінований передній спондилодез С3-С5 хребців вертикальним циліндричним сітчастим імплантатом (конструкція Mesh), заповненим фрагментами кісткової тканини з видаленого тіла хребця і кістковою крихтою з крила лівої клубової кістки. Додаткова фіксація вентральною пластиною (Рис. 5.13;5.14). Післяопераційний період протікав без ускладнень, рана загоїлася первинним натягом. Імобілізація шийного відділу хребта головоотримачем. У задовільному стані пацієнт виписаний додому з рекомендаціями. Загальний ліжко-день перебування хворого у відділенні склав 9 днів. У неврологічному статусі на момент виписки відзначений повний регрес симптоматики.*

Спостереження за пацієнтом протягом 12 міс. показало стабільність фіксації, хороши функціональний і косметичний ефект від проведеної операції, відсутність неврологічних розладів в найближчому і віддаленому післяопераційному періоді. Зберігався незначний больовий синдром.



А



Б

Рис. 5.11. Фоторентгенограми хворого М-ва після стабілізації С4-С6 хребетного рухового сегмента вертикальним циліндричним сітчастим імплантатом (конструкція Mesh) і вентральною пластиною. А – бічна проекція, Б – передньо-задня проекція



А



Б

Рис. 5.12. Фоторентгенограми хворого К-ик при надходженні до стаціонару. А – бічна проекція, Б – передньо-задня проекція



Рис. 5.13. Фоторентгенограми хворого К-ик інтраопераційно.



А



Б

Рис. 5.14. Фоторентгенограми хворого К-ик після стабілізації С3-С5 хребетного рухового сегмента вертикальним циліндричним сітчастим імплантатом (конструкція Mesh) і вентральною пластиною. А – бічна проекція, Б – передньо-задня проекція

Стабілізація оперованого ХРС із застосуванням конструкції Mesh в поєднанні з вентральної пластиною, при виконанні декомпресивно-стабілізуючих втручань з переднього доступу, були проведені у 72 пацієнтів з хребетно-спинномозковою травмою. У всіх випадках була досягнута інтраопераційна корекція сагітального профілю ШВХ і стабілізація ураженого ХРС. Результати обстежень хворих після операцій свідчили про нормалізацію сегментарного кіфозу, було усунуто здвигове зміщення в ушкодженному ХРС. Була зафіксована позитивна неврологічна динаміка, знизилася інтенсивність больового синдрому.

Міжтіловий спондилодез телескопічним тілозамінним імплантом при хребетно-спинномозковій травмі шийного відділу

Техніка виконання хірургічного втручання із застосуванням телескопічного тілозамінного імпланту передбачає наступне (Рис. 5.15А).

Імплантат заповнюють кістковим біоматеріалом або його замінником (Рис. 5.15Б). Замінникам кісткових трансплантатів, як правило, притаманні певні остеоіндуктивні, остеокондуктивні, остеогенні властивості що сприяють безпосередньому утворенню кісткової тканини [132]. У своїй практиці ми використовували гідроксиапатит.

Заповнений наповнювачем імплантат розташовують в міжтіловий проміжок між суміжними з резектованим хребцями (Рис. 5.15В). На цьому етапі зазначені суміжні хребці можуть контактувати з торцями штока ТЗІ або такий контакт буде мінімальним, в залежності від обраної вихідної його довжини (Рис. 5.16А).

Далі, утримуючи імплантат, за допомогою спеціального ключа виконують обертання штока. При цьому напівкорпуси переміщуються уздовж штока в протилежні сторони завдяки наявності в них різноспрямованого різьблення і відбувається розсування конструкції (загальна довжина ТЗІ збільшується). Зубці, розташовані на торцевих поверхнях напівкорпусів, впираються в кісткову тканину суміжних хребців.

**А****Б****В**

Рис. 5.15. ТЗІ в початковому положенні (А); наповнювач імпланта – гранули гідроксиапатита (Б); ТЗІ перед установкою, наповнений гранулами гідроксиапатита.

Подальше обертання штока викликає розсування суміжних хребців до положення помірної гіперкорекції. Через збільшення довжини внутрішньої порожнини конструкції утворюється дефект наповнення в системі наповнювач – тіло хребця, тобто початкового об'єму наповнювача не вистачатиме.

Для усунення цього, через отвір, біля основи напівпластини, всередину ендопротеза в зону контакту тіла хребця з напівкорпусом додають наповнювач до повного заповнення порожнини пристрою.

Далі, шляхом обертання штока в протилежну сторону дещо зменшують загальну довжину ТЗІ (усунення гіперкорекції до певного оптимального рівня), що приводить до ущільнення наповнювача в порожнині імплантата (Рис. 5.16Б).

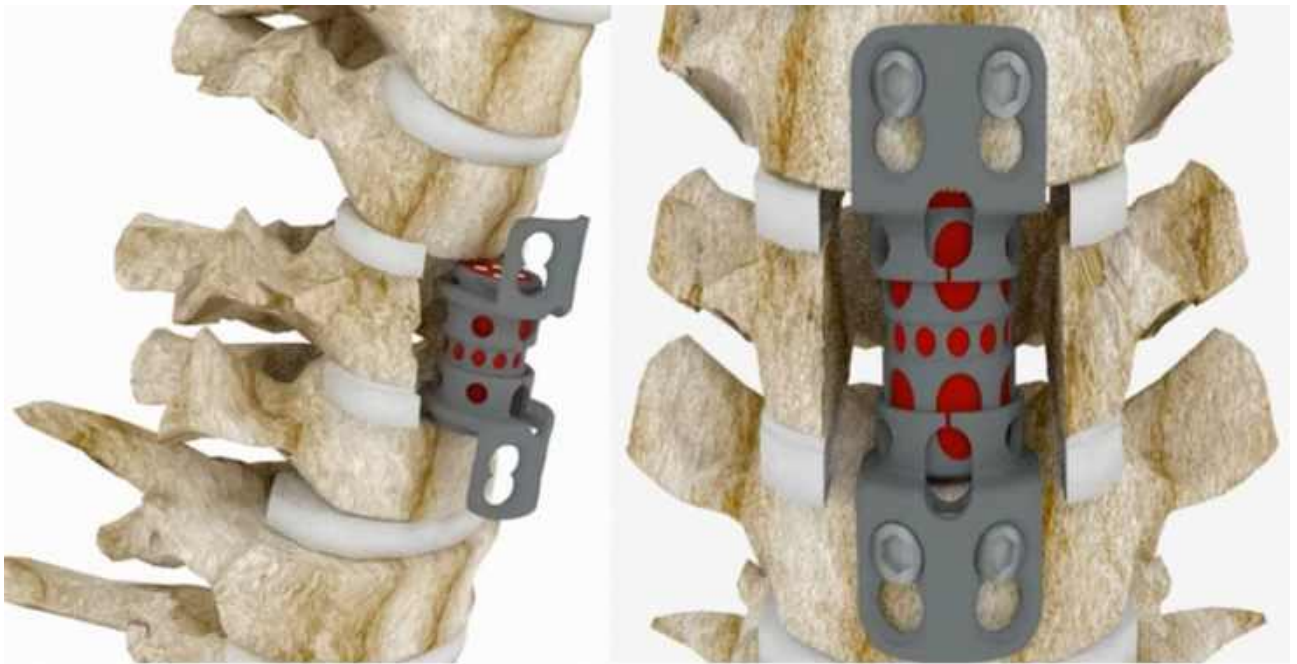
Таким чином досягається одночасно запресовка ендопротеза в міжтіловий проміжок і забезпечення щільного контакту наповнювача з тілами суміжних хребців, що створює сприятливі умови для формування в подальшому повноцінного і опороздатного кісткового блоку.

Фіксація пристрою до тіл суміжних з видаленим хребців здійснюється гвинтами, які проводяться через парні отвори, розташовані на Г-подібних пластинах напівкорпусів імплантата (Рис. 5.16В).

Потім рану пошарово зашивають. Отже, за рахунок поступового збільшення довжини самого ТЗІ досягається необхідна реконструкція ХРС. Згодом відбувається зрощення наповнювача конструкції з тілами хребців, суміжних з видаленим, формування кісткового регенерату і відновлення опорної здатності ушкодженого відділу хребта.

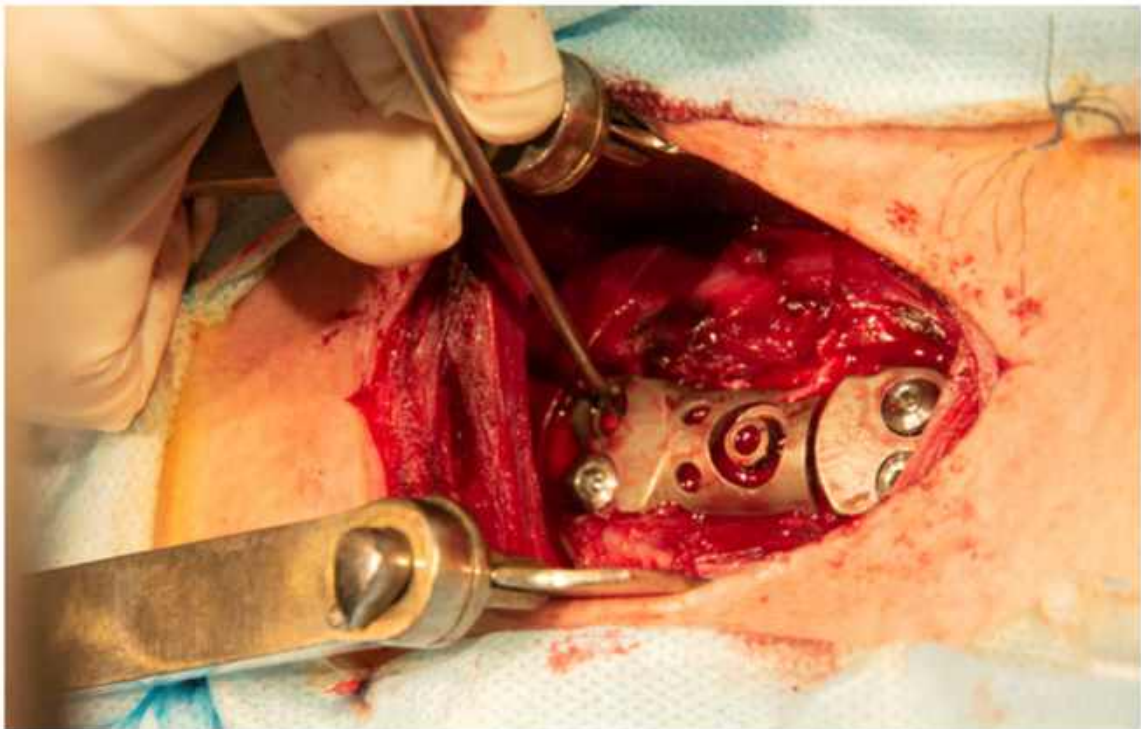
Представляємо наступне клінічне спостереження.

*Пацієнт К-ов, 37 років. Травма при пірнанні у водойму 08.06.201 * р. Ударився головою об дно, свідомості не втрачав. Відчув різкий біль в шії і оніміння в лівій руці. Бригадою швидкої допомоги виконана фіксація шийного відділу головоотримачем типу Філадельфія, хворий був доставлений в лікарню за місцем проживання. Після огляду травматолога, з попереднім діагнозом: закритий осколковий перелом С6 хребця. Забій спинного мозку на рівні шийного потовщення, переведений в ДІ ІНХ НАМН.*



А

Б



В

Рис. 5.16. Техніка застосування ТЗІ. А - Схематично. Імплантація ТЗІ. Б - Схематично. Робоче положення ТЗІ в кістковому дефекті. В - Фіксація ТЗІ монокортикальними гвинтами.

При надходженні хворий у свідомості, адекватний. Пред'являв скарги на біль в шийному відділі хребта і оніміння в лівій руці, слабкість в лівій кисті. Активні рухи в кінцівках в повному обсязі, м'язова сила в лівій руці знижена до 3-4 балів. Сухожильні і періостальні рефлекси з рук D>S.

Рефлекси з нижніх кінцівок живі, без чіткої різниці. Гіпестезія зони в іннервації С6-С8 корінців зліва. Патологічних рефлексів виявлено не було. Після МРТ і СКТ обстеження (Рис. 5.17) був виставлений діагноз: Закрита хребетно-спинномозкова травма шийного відділу хребта. Осколковий перелом тіла С5 хребця (АОSpine тип А4). Забій корінців спинного мозку С6-С8 зліва. Виражений больовий синдром.

*Після проведення передопераційної підготовки 09.06.201 * р. було виконане хірургічне втручання: Резекція тіла С5 хребця. Декомпресія спинного мозку. Ревізія епідурального простору. Передній міжтіловий спондилодез С4-С6 ТЗІ, заповненим фрагментами кісткової тканини з видаленого тіла в комбінації з гранулами гідроксиапатитної кераміки. Імплантат фіксований до тіл вище і нижче розташованих хребців кортикальними гвинтами. Шийний відділ хребта фіксований головоотримачем типу Філадельфія.*

*Післяопераційний період протікав без ускладнень. Больовий синдром і гіпестезія в зоні С6-С8 сегментів зліва регресували на другу добу. Хворий вертикалізований на третю добу після операції. Виписаний з відділення 17.06.201 * р. При контрольних оглядах через 6 міс. (Рис. 5.18) і 1 рік (Рис. 5.19) скарг не пред'являє. У неврологічному статусі без рухових і чутливих розладів. Відзначається збереження досягнутої інтраопераційної корекції в оперованому хребетному руховому сегменті. Даний результат лікування оцінений як хороший.*

Другий клінічний випадок:

*Пацієнта Р., 26 років, отримала травму при падінні з моста 12.07.201 * р. Відчула біль і обмеження рухів в шийному відділі хребта, звернулася в травматологічний пункт, де була проведена обробка рани волосистої частини голови.*

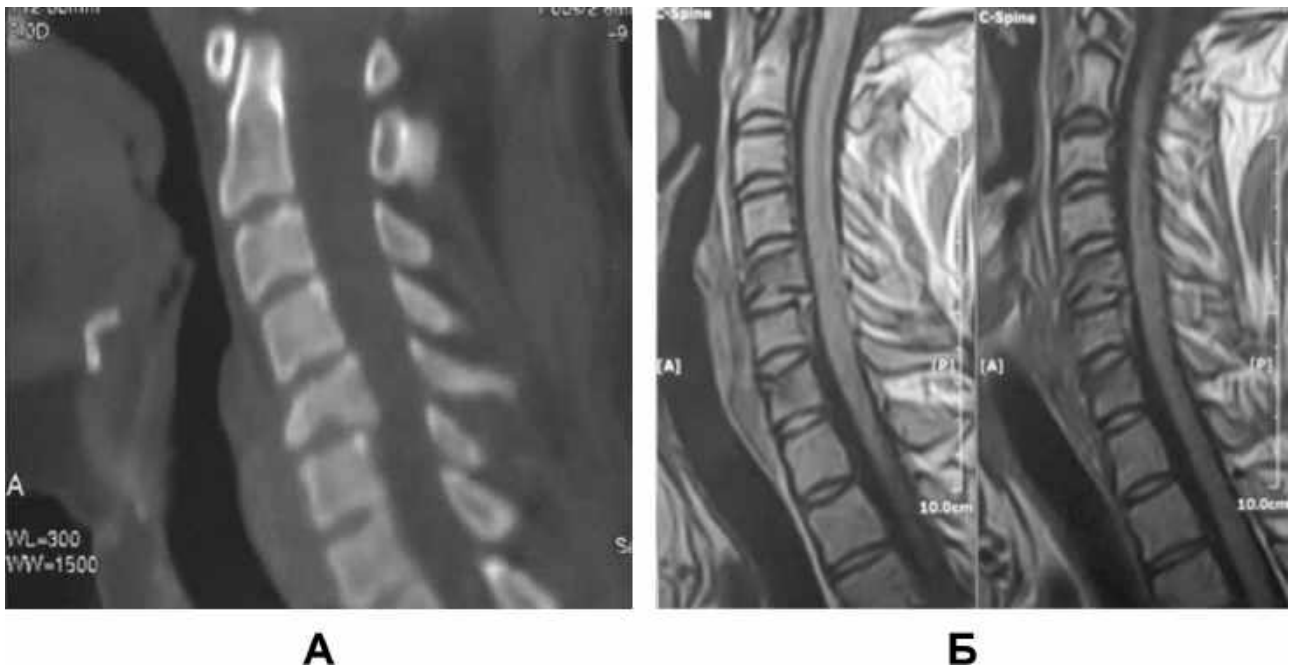


Рис. 5.17. Результати обстеження пацієнта К-ова при госпіталізації. А - МРТ. Б - СКТ, реконструкція в сагітальній проекції.

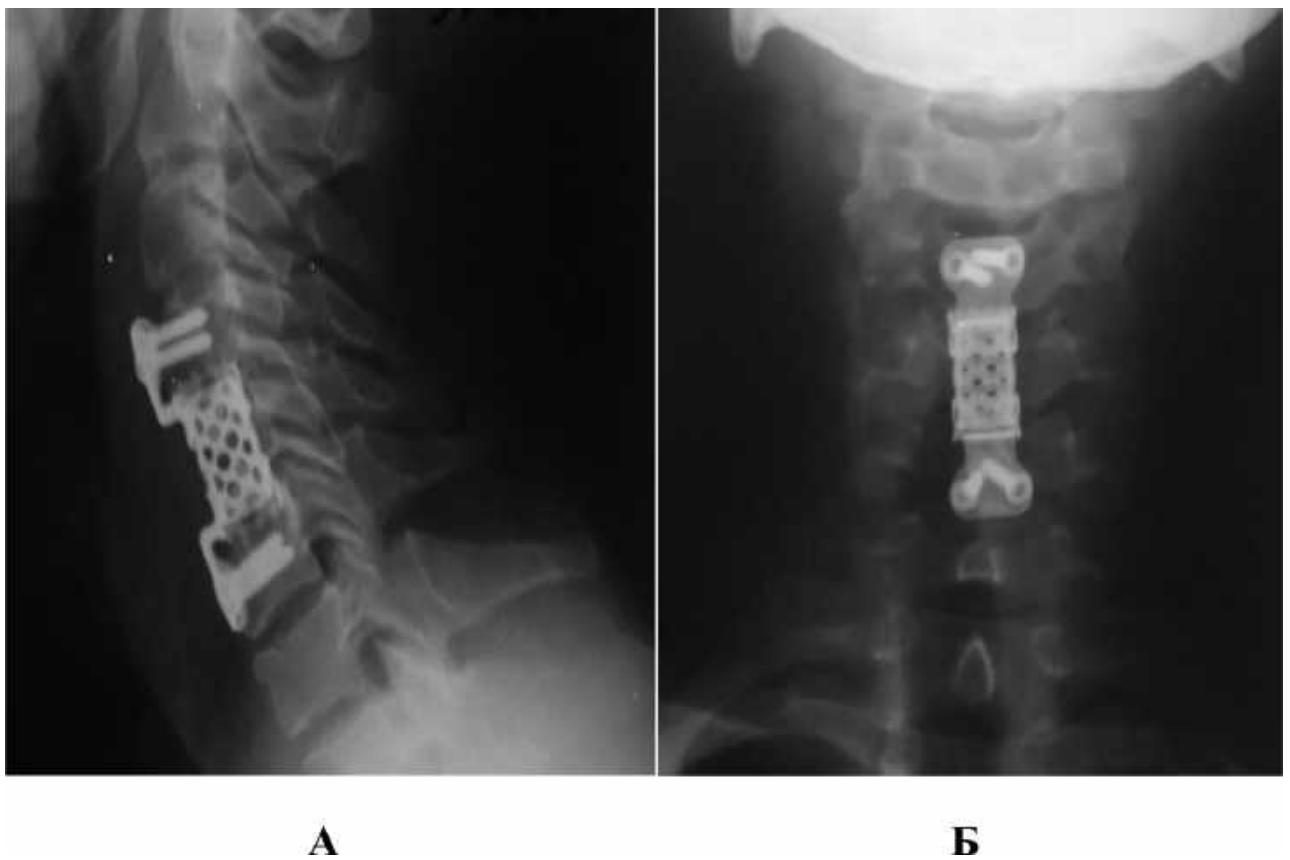


Рис. 5.18. Фоторентгенограми пацієнта К-ова через 6 місяців після операції. А – бічна проекція, Б – передньо-задня проекція.

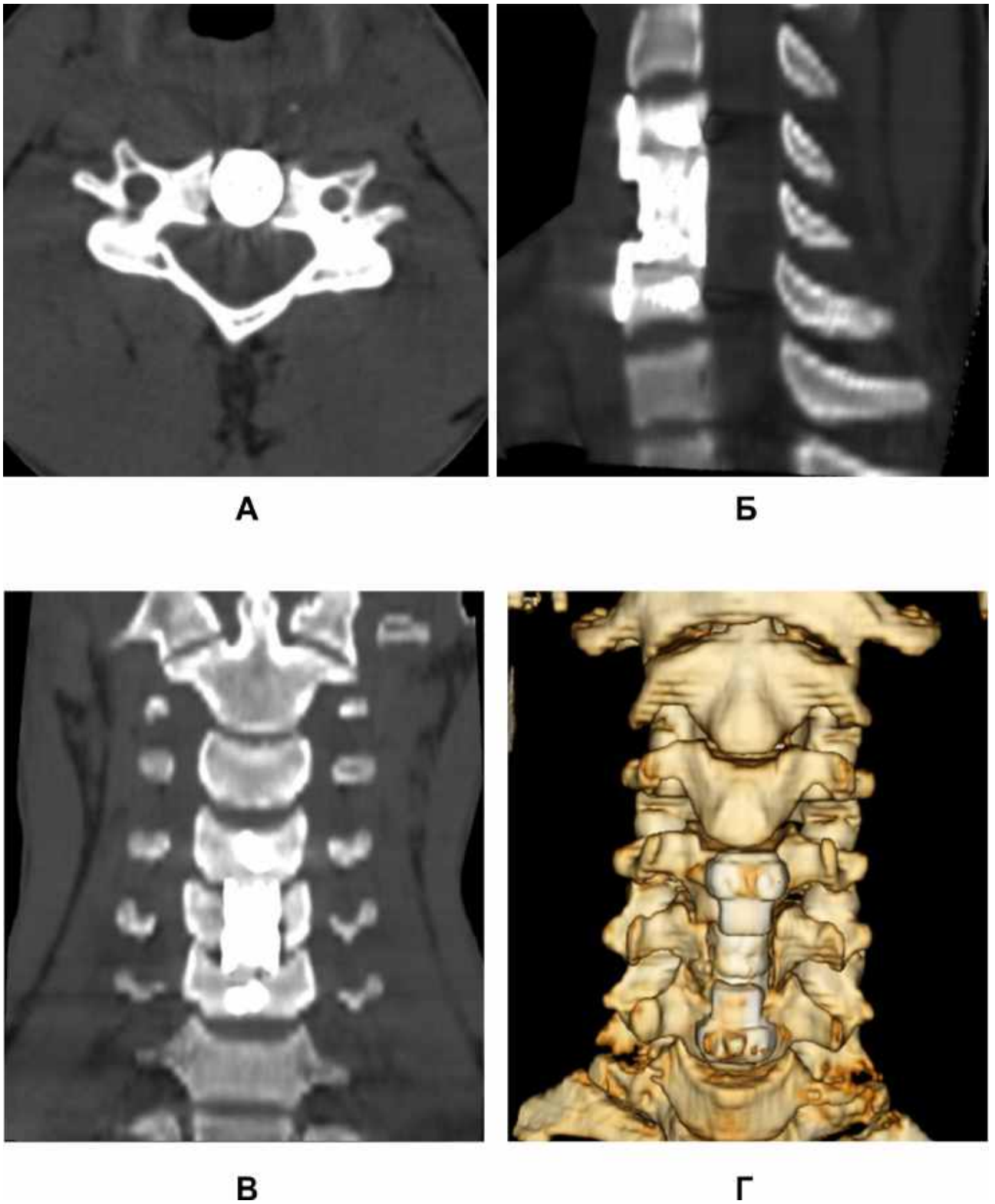


Рис. 5.19. СКТ пацієнта К-ва через 1 рік після операції. А – аксіальна проекція, Б – сагітальна проекція (реконструкція), В – фронтальна проекція (реконструкція), Г – тривимірна реконструкція.

Перебувала на стаціонарному лікуванні в травматологічному відділенні за місцем проживання.

*При пальпації шийного відділу хребта відзначався виражений біль в області остистих паростків С5-С6 хребців і обмеження рухів в шиї. На рентгенограмах шийного відділу хребта від 12.07.201 * р. були виявлені ознаки компресійного перелому тіла С6 хребця.*

*15.07.201 * р. пацієнтка переведена в ДУ ІНХ НАМН. При надходженні – в свідомості, скарги на біль і обмеження рухів в шийному відділі хребта. Біль по зовнішній поверхні обох плечей, задньої і задньо-латеральної поверхні передпліч, 1-4 пальцях обох кистей. Активні і пасивні рухи в кінцівках в повному обсязі, м'язова сила в руках 3-4 бали. Сухожильні і періостальні рефлекси з рук D=S торпідні, колінні, ахіллові і підшовні D=S задовільної якості. Патологічних рефлексів немає. Гіпестезія в зоні іннервації С6-С7 корінців з 2-х сторін.*

Після СКТ та МРТ обстеження (Рис. 5.20) був виставлений діагноз: Закрита ХСМТ. Компресійно-уламковий перелом тіла С6 хребця (АОSpine А3). Забій корінців спинного мозку С6-С7 з 2-х сторін. Виражений больовий синдром.

*Після проведення передопераційної підготовки 22.07.201 * р. було проведено хірургічне втручання: Резекція тіла С6 хребця. Декомпресія спинного мозку. Ревізія епідурального простору. Передній міжтіловий спондилодез С5-С7 ТЗІ, заповнений кістковими фрагментами і гранулами гідроксиапатиту. Імплантат фіксований до тіл С5 і С7 хребців кортикальними гвинтами (Рис. 5.21А). Шийний відділ хребта фіксований філадельфійським головоотримачем. Післяопераційний період протікав без ускладнень. Больовий синдром і гіпестезія в зоні іннервації С6-С7 корінців з 2-х сторін регресували на другу добу після операції. Пацієнтка вертикалізована на третю добу після операції, після виконаного рентгенологічного контролю (Рис. 5.20Б). Виписана з відділення 30.07.201 * р. Контрольні огляди через 3, 6 місяців (Рис. 5.22) та 12 місяців (Рис. 5.23).*

При контрольному огляді через 6 міс.: скарги на періодичні незначні болі в шиї при зміні погоди.

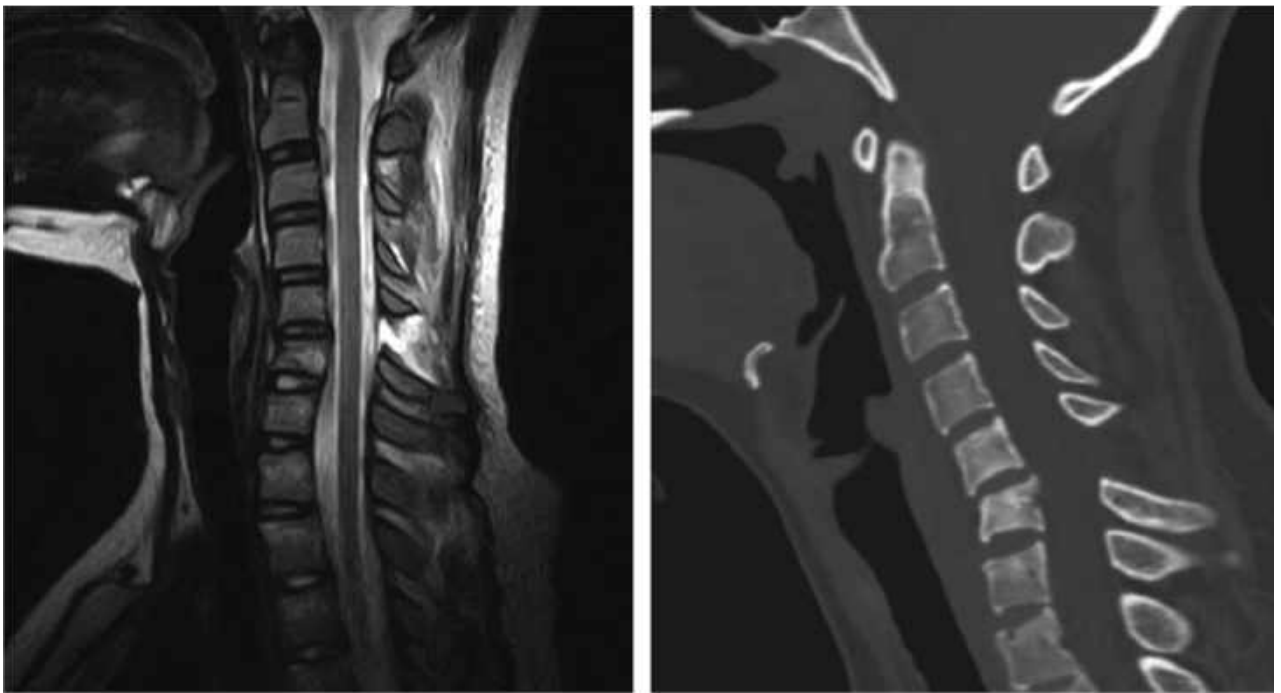
**А****Б**

Рис. 5.20. Результати обстеження пацієнтки Р. при госпіталізації в ДУ ІНХ НАМН. А – МРТ ШВХ, Б – СКТ ШВХ, сагітальна проекція (реконструкція).

**А****Б**

Рис. 5.21. Фоторентгенограми пацієнтки Р., бічна проекція. А – інтраопераційно, Б – на 3 добу після хірургічного втручання.

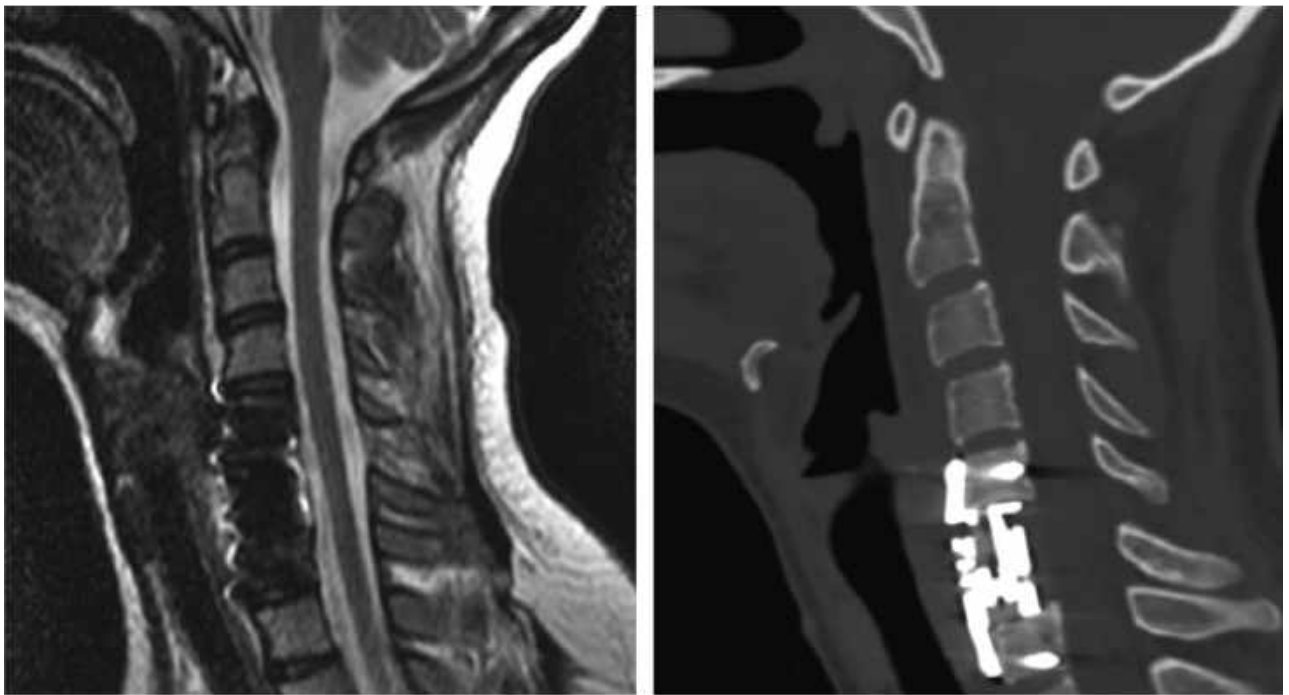
**А****Б**

Рис. 5.22. Результати обстеження пацієнтки Р. при через 6 місяців після хірургічного лікування. А – МРТ ШВХ, Б – СКТ ШВХ, сагітальна проекція (реконструкція).

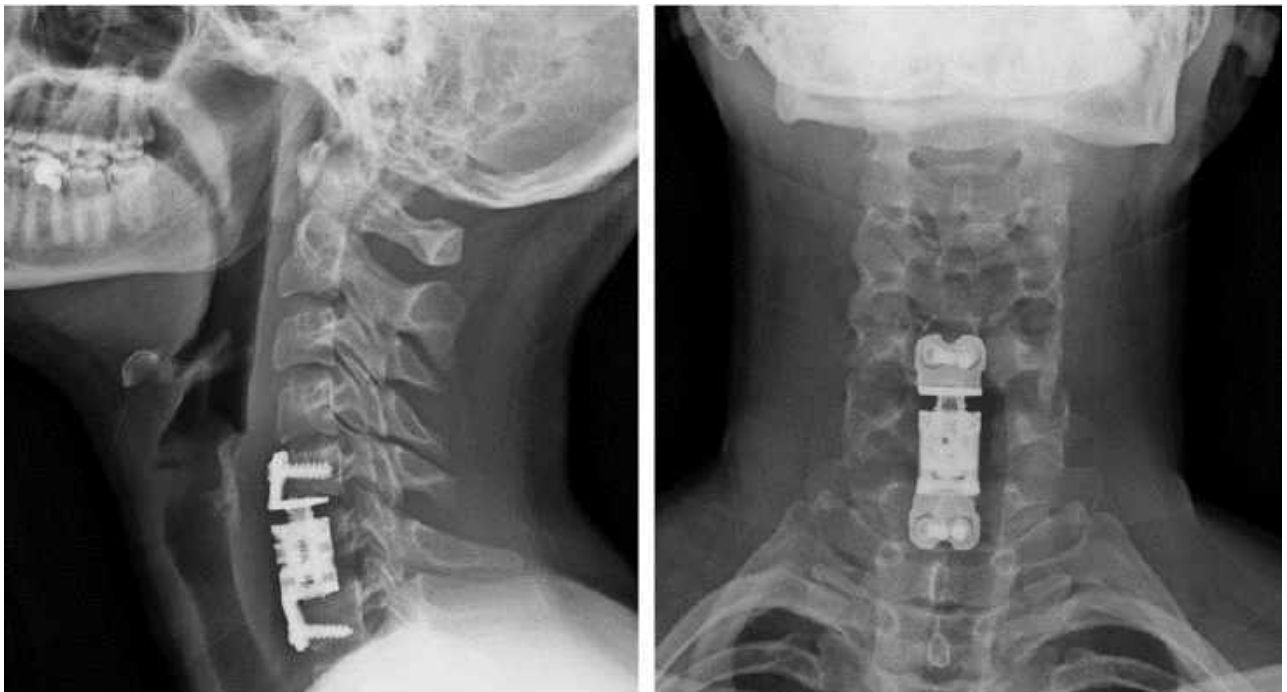
**А****Б**

Рис. 5.23. Фоторентгенограми пацієнтки Р. через 12 місяців після проведеного хірургічного втручання. А – бічна проекція, Б – передньо-задня проекція.

У неврологічному статусі рухових і чутливих розладів не виявлено. На СКТ відзначається збереження досягнутої інтраопераційної корекції в оперованих сегментах. При огляді через 12 міс. скарг не пред'являє. Даний результат лікування оцінений як хороший.

Стабілізація оперованого ХРС із застосуванням ТЗІ при декомпресивно-стабілізуючих втручаннях на передній і середній опорних колонах була проведена у 68 постраждалих з хребетно-спинномозковою травмою. У всіх випадках виконувалася вентральна декомпресія спинного мозку і його утворень. Застосування телескопічного імплантату дозволило досягти інтраопераційної корекції сагітального профілю ШВХ і стабілізацію ураженого ХРС. Результати обстежень хворих після операцій свідчили про нормалізацію таких рентгенометричних показників, як величина сегментарного кіфозу, було усунуто здвигове зміщення в ушкодженому ХРС. У всіх оперованих хворих відзначалася позитивна неврологічна динаміка, значно знизилася інтенсивність больового синдрому.

ВИСНОВОК

Аналізуючи тактичні підходи до терапії постраждалих з травматичним ушкодженням ШВХ на субаксіальному рівні на підставі даних літератури і власних спостережень вироблені наступні показання до виконання ВМС:

- ушкодження типу А4, В2, В3 і С по класифікації AOSpine.
- ступінь osteo-лігаментозного ушкодження відповідно до системи оцінки CSISS – 7 балів і більше;
 - сегментарна кіфотична деформація 5° і більше;
 - розмір компремуючого фактора більше 5 мм;
 - явища ліквородинамічних розладів на рівні травматичного ушкодження: звуження вентрального лікворного простору на 50% і більше.
- будь-яке погіршення неврологічного статусу пацієнта в динаміці розглядалося нами як абсолютне показання до хірургічної декомпресії як методу, максимально сприяє збереженню/відновленню неврологічної функції.

РОЗДІЛ 6. РЕЗУЛЬТАТИ ЛІКУВАННЯ

6.1. Оцінка безпосередніх результатів лікування.

Вентральна декомпресійна корпоректомія зі стабілізацією є одним з найбільш широко використовуваних методів хірургічного лікування травматичних ушкоджень ШВХ. Патогенетична обґрунтованість методу визначається тим, що в абсолютній більшості випадків реєструється вентральна компресія невральних структур. Крім того, з огляду на тенденцію до мінімізації хірургічного втручання і ґрунтуючись на біомеханічних дослідженнях, ряд авторів рекомендує утриматися від 360°-фіксації при ушкодженнях типу С і демонструє високу ефективність вентральної декомпресії з подальшою стабілізацією [8].

Вентральний спондилодез і зокрема декомпресивно-стабілізуючі втручання на відміну від задньої стабілізації є процесом динамічним. При задній транспедикулярній або трансартикулярній стабілізації хірургом початково формуються певні показники сагітального балансу, які не передбачають зміни, за винятком випадків фрагментації або міграції стабілізуючої системи. Відповідно, процес адаптації СБ оперованого хребта носить односпрямований характер. Стабілізована ділянка впливає на загальний сагітальний баланс, в той час як змін кривизни фіксованого відділу не відбувається.

На відміну від подібної моделі ВМС передбачає зворотний зв'язок. Вторинно стабільний спондилодез супроводжується перебудовою кісткової тканини замикальних пластин, осифікацією наповнювача міжтілової опори і в кінцевому підсумку формуванням кісткового блоку. При цьому завжди відбувається певна втрата інтраопераційно сформованого лордозу. Закономірно, що ступінь проникнення торцевих ділянок імпланта в замикальні пластини хребців, суміжних з видаленим, крім ряду інших факторів, таких як щільність кісткової тканини і конструктивні характеристики імпланта, визначається

навантаженням на оперований сегмент. А інтенсивність та рівномірність розподілу навантаження визначається станом загального шийного лордозу. З іншого боку, жорстка фіксація двох ХРС ШВХ безумовно викликає перерозподіл навантаження і обумовлює адаптацію кривизни всього хребта. Саме тому, оцінка можливості формування і показники утримання оптимального сагітального контуру оперованого ХРС розглядалися нами як один з основних параметрів ефективності хірургічного втручання в цілому.

Інтраопераційні показники

Провівши аналіз інтраопераційних спондилограм, нами були визначені вихідні значення сегментарного кифозу, відстеження динаміки яких протягом всіх термінів спостереження дозволило виявити певні закономірності. При цьому слід зазначити, що загальний сагітальний профіль ШВХ, який є другим радіологічним показником, що підлягає аналізу, за даними інтраопераційних рентгенологічних досліджень не визначався. Це обумовлено тим, що на тлі глибокої міорелаксації при укладанні пацієнта фактично формуються певні значення сагітального контуру ШВХ, які є «штучними» і не мають практичного значення для оцінки динаміки в післяопераційному періоді.

Результати аналізу спондилограм представлені на *Рис. 6.1* (тут і далі в якості 1 клінічної групи маються на увазі пацієнти, яким під час хірургічного втручання використана комбінація «Mesh + ригідна вентральна пластина», у пацієнтів 2 клінічної групи використаний ТЗІ). Загальний показник сегментарного кифозу склав $-5,18^\circ$ ($-5,803 \div -4,827$), що в цілому відповідає оптимальним параметрам корекції сагітального профілю ШВХ при вентральній стабілізації. При цьому, застосування комбінованої системи забезпечує значення $-5,39^\circ$ ($-6,16 \div -4,86$), в той час у пацієнтів із ТЗІ зареєстровано $-5,02^\circ$ ($-5,38 \div -4,79$). Відзначається статистично значуща різниця між групами: $W=1796$, $p=0,0067$. З метою визначення специфіки розподілу ознаки, що досліджується, проведено аналіз, враховуючи характер ушкодження ХРС за класифікацією AOSpine (Табл. 31, Додаток А).

Наведені дані дозволяють зробити висновок, що статистично значуща різниця визначається тільки для ушкоджень типу А4, В3 і С. Цей факт, вірогідно, визначається безпосередньо технікою установки міжтілової опори. Так, при установці ТЗІ хірург дозує ступінь розсування імпланта, орієнтуючись виключно на досягнення необхідних показників ангуляції в оперованому ХРС. З іншого боку, при установці Mesh необхідно враховувати два параметри: по-перше, формування необхідного сегментарного профілю, як і в попередньому випадку, і по-друге, що найчастіше більш важливо, підбір висоти кейджа, при якій не буде спостерігатися ні позамежне перевантаження замикальних пластин хребцем торцями Mesh, ні вільних рухів конструкції в міжтіловому проміжку. Таким чином, висота конструкції, що імпантується, в більшій мірі визначається розміром кісткового вікна, виміряного на тлі помірної осьової тракції. Зважаючи, що вищевказані ушкодження типу А4, В3 і С часто супроводжуються значними ушкодженнями капсульно-зв'язкового апарату, то, при інших рівних умовах закономірно очікувати, що на тлі тракції буде сформовано більше кісткове вікно, що приведе до встановлення більшого за висотою Mesh, що фактично і відображено в отриманих нами даних.

Крім цього, при установці комбінованої системи реєструється значно більша варіабельність значень в порівнянні з ТЗІ (коефіцієнт варіації 15,48% і 8,85% відповідно), що з одного боку підтверджує вищеописані особливості, а з іншого, є наслідком відсутності можливості точно регулювати висоту Mesh. Таким чином, використання вертикального циліндричного сітчастого імпланта типу Mesh часто призводить до певної гіперкорекції, в той час як ТЗІ забезпечує більш дозовану ангуляцію ХРС (*Рис. 6.2*). Показники СК виходять за діапазон $[-6^{\circ} \dots -3^{\circ}]$ у пацієнтів першої клінічної групи зареєстровані в 27,8% випадків, в той час як у другій клінічній групі тільки в 2,94%.

Термін 6 днів післяопераційного періоду

Термін спостереження 3-6 днів з моменту виконання декомпресивно-стабілізуючого втручання характеризується певною втратою інтраопераційно сформованого СК практично у всіх пацієнтів аналізованих груп.

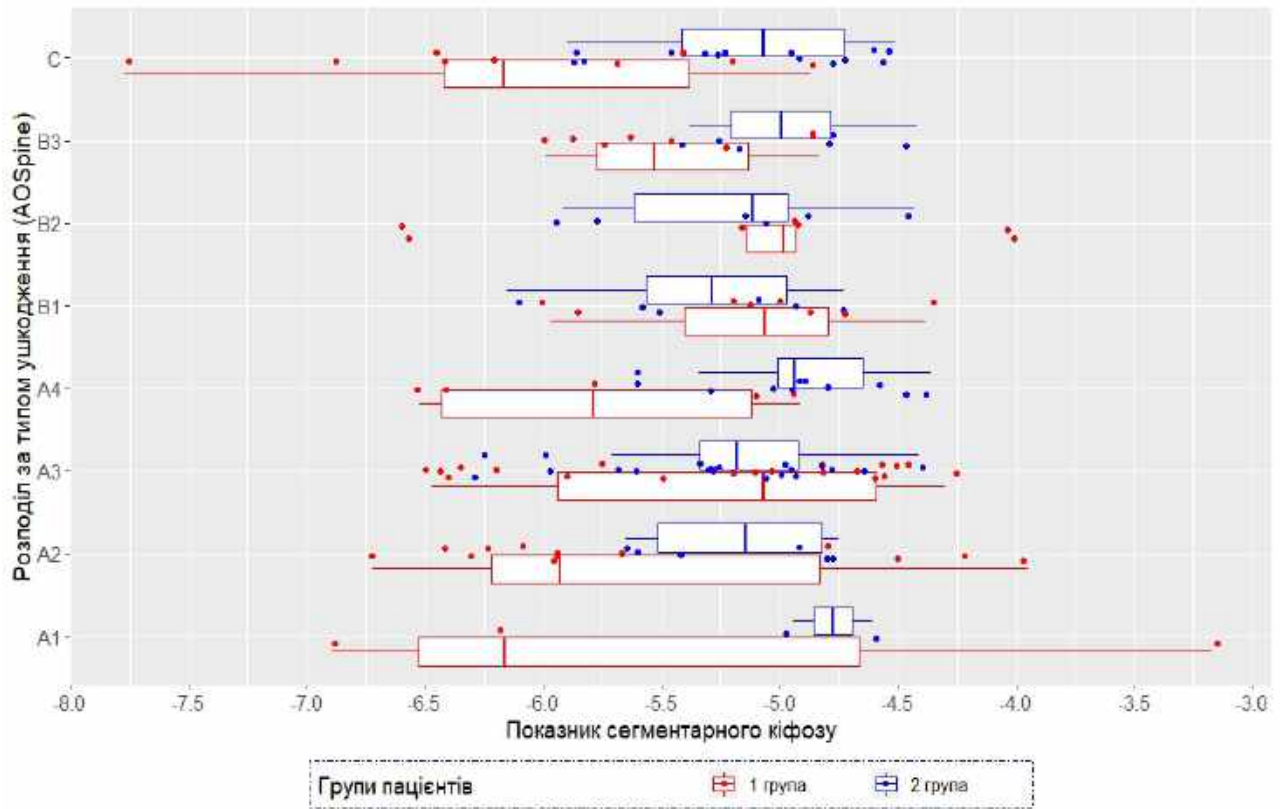


Рис. 6.1. Інтраопераційні показники сегментарного кифозу оперованого сегменту у пацієнтів аналізованих груп.

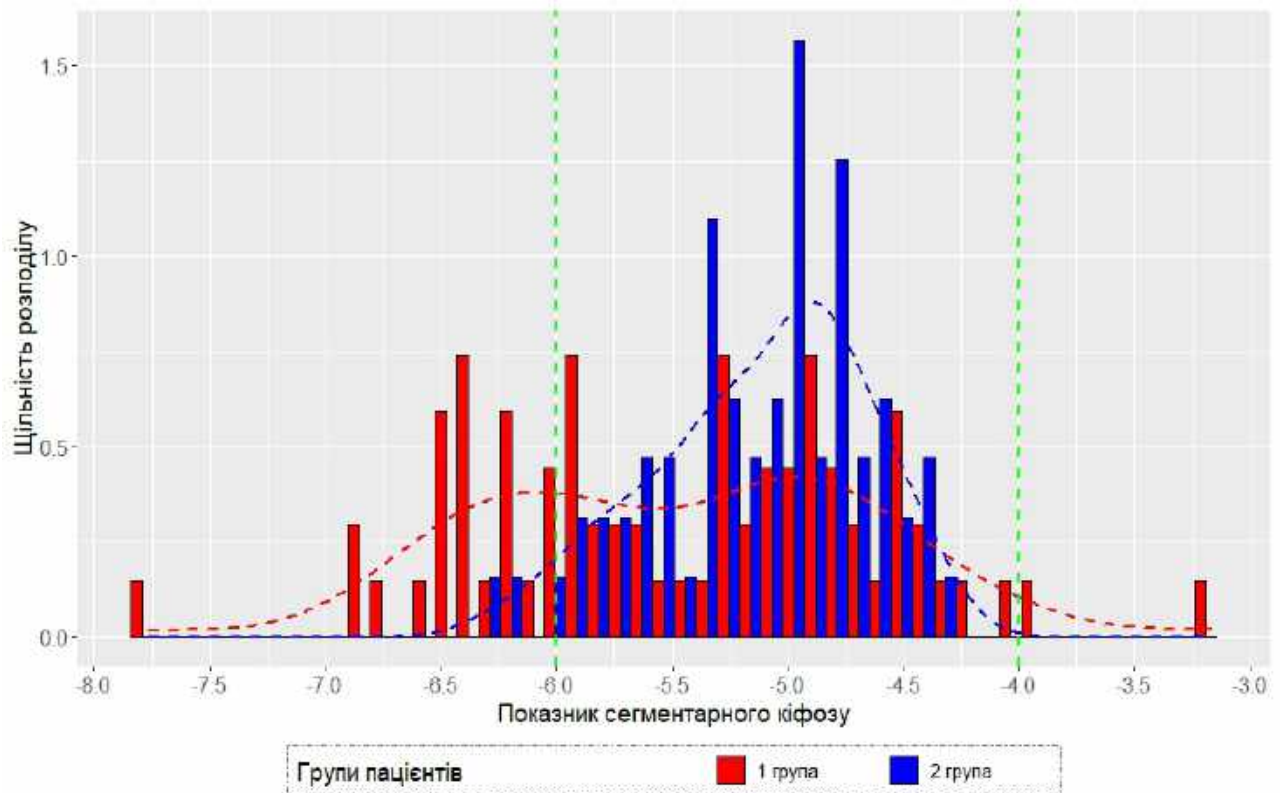


Рис. 6.2. Щільність розподілу показника сегментарного кифозу за даними інтраопераційного рентгенологічного контролю

Цей факт пояснюється тим, що до моменту виконання післяопераційного рентгенологічного контролю всі пацієнти, в залежності від ступеня вираженості неврологічних розладів, були реабілітовані в положення «стоячи» або «сидячи». Це визначає відновлення осьового навантаження на оперований хребет і, відповідно, навантаження на систему «тілозамінний імплант – кісткова тканина». Рентгенологічна картина характеризується більш глибоким проникненням зубців імплантованих систем в кортикальний шар замикальних пластин хребців, суміжних з видаленим.

Додатковим фактором, що ймовірно призводить до втрати корекції, може служити відновлення тону м'язів шийного відділу. Післяопераційний больовий синдром, в тій чи іншій мірі виражений у всіх спостережуваних пацієнтів, рефлекторно призводить до випрямлення шийного лордозу, що в свою чергу визначає більше навантаження передніх відділів імплантованої системи [133].

При цьому, як показують дані аналізу контрольних післяопераційних спондилограм, використання комбінованої системи стабілізації призводить до більшої втрати корекції в порівнянні з ТЗІ. Показники СК в ранньому післяопераційному періоді для першої і другої клінічної груп складає $-4,85^{\circ}$ ($-5,59 \div -4,205$) і $-4,78^{\circ}$ ($-5,12 \div -4,47$) відповідно (Рис. 6.3). Статистично достовірної різниці між аналізованими групами пацієнтів не визначається ($W=2433$, $p=0,952$). Розподіл показника СК в залежності від типу ушкодженого ХРС у пацієнтів, оперованих із застосуванням різних тілозамінно-стабілізуючих систем, надано в табл. 32 (Додаток А).

Порівняння інтраопераційних показників СК з даними раннього післяопераційного періоду дозволяє виявити певну залежність ступеня втрати корекції від характеру ушкодження ХРС. Так, при використанні комбінації «Mesh + вентральна пластина» найменша Δ СК визначається при типі А1 і А2 ушкоджень і становить $0,27^{\circ}$ з міжквартильним діапазоном ($0,19 \div 0,32$) і ($0,25 \div 0,35$) відповідно. При цьому, різниця з інтраопераційними показниками статистично не достовірна ($p=0,667$ і $p=0,197$).

Збільшення ступеня ушкодження ХРС, що відноситься до А групи, супроводжується наростанням втрати корекції. Показник ΔСК для А3 складає $0,46^{\circ}$ ($0,37 \div 0,64$) з достовірною відмінністю від інтраопераційних показників на рівні 96%. Ще більш значні відхилення зареєстровані у пацієнтів з травмами типу А4 відповідно до класифікації AOSpine. ΔСК склало $0,54^{\circ}$ ($0,41 \div 0,73$). Беручи до уваги той факт, що після видалення компримованого хребця, фактично всі ушкодження типу А за станом кісткових структур не диференціюються, то різниця у втраті сформованого сегментарного контуру, вірогідно обумовлена станом капсульно-зв'язкового апарату. Дане припущення підтверджується наведеними нижче даними.

При ушкодженнях типу В, які як правило супроводжуються більш вираженими змінами зв'язкового апарату заднього опорного комплексу, а часто і розривом міжостистої зв'язки, зміни аналізованого параметра більш виражені. Так, ΔСК для типів В1, В2, В3 становить $0,65^{\circ}$ ($0,58 \div 0,73$), $0,77^{\circ}$ ($0,75 \div 0,79$) і $0,86^{\circ}$ ($0,8 \div 0,89$) відповідно. Однак, з огляду на високу дисперсію при порівнянні з інтраопераційними значеннями, показники не досягають рівня статистичної значущості. Тип ушкоджень С, також, визначає досить значиму втрату корекції: $0,81^{\circ}$ ($0,66 \div 0,97$). При використанні ТЗІ при виконанні декомпресивно-стабілізуючих втручань подібної залежності не спостерігається (Рис. 6.4). Показники СК при всіх аналізованих типах ушкоджень статистично не відрізняються від інтраопераційних показників. Найбільші значення ΔСК зареєстровані при А4 і С типах: $0,31^{\circ}$ ($0,27 \div 0,35$) і $0,28^{\circ}$ ($0,25 \div 0,36$), а найменші при В1 і В3: $0,23^{\circ}$ ($0,21 \div 0,27$) і $0,23^{\circ}$ ($0,18 \div 0,32$). Кореляції між ступенем ушкодження ХРС і втратою корекції не виявлено.

Подібна, досить виражена дисоціація аналізованого показника в ранньому післяопераційному періоді, вочевидь, не може бути пов'язана з остеопоротичними змінами кісткової тканини в зонах контакту тілозамінних систем із замикальними пластинами хребців. В якості основної причини описаного явища розглядається відсутність лордозних кутів у тілозамінній системі типу Mesh (Рис. 6.5).

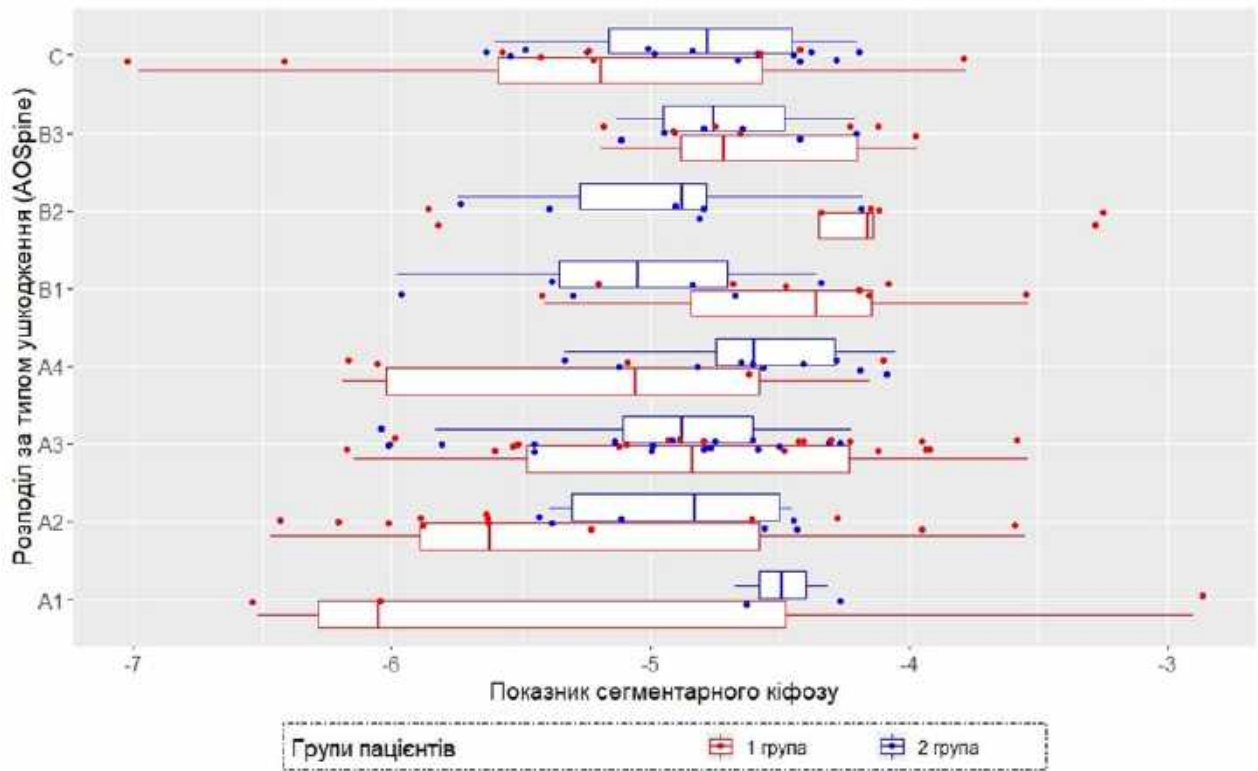


Рис. 6.3. Показники сегментарного кифозу оперованого сегменту у пацієнтів на 6 добу після хірургічного втручання

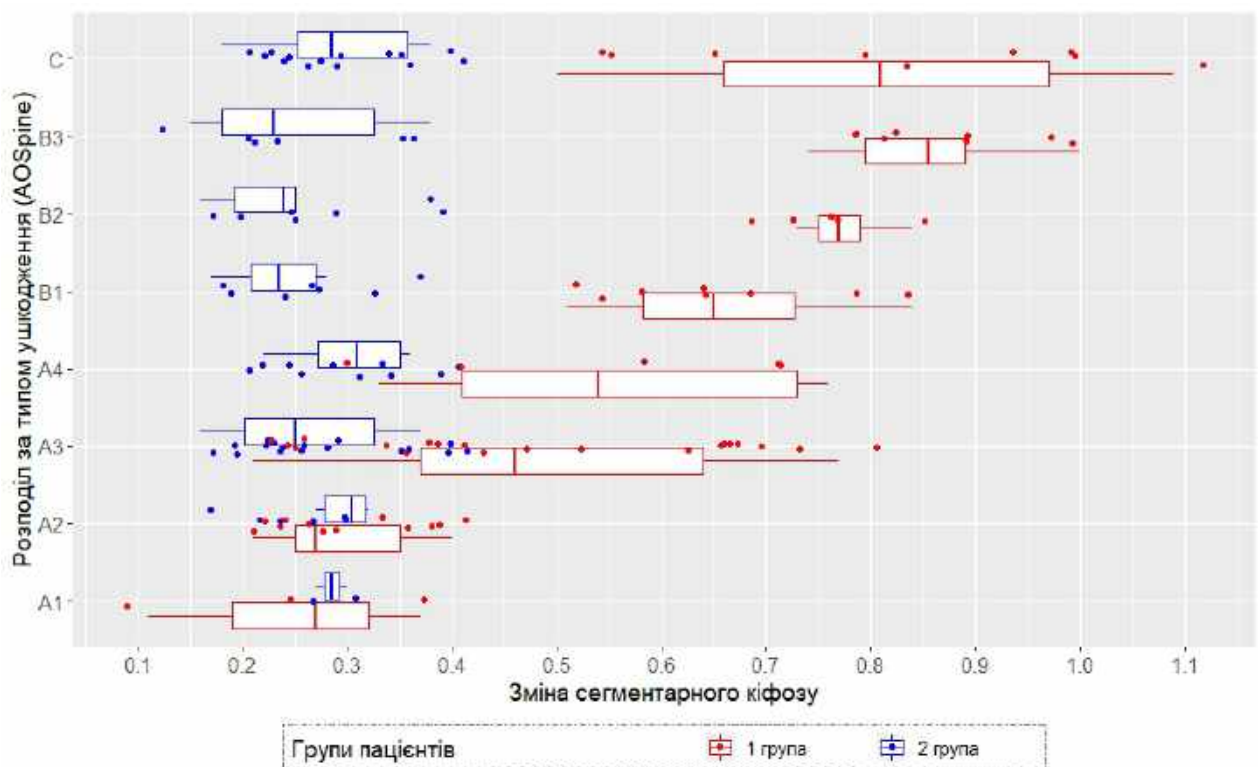


Рис. 6.4. Показники втрати інтраопераційної корекції сегментарного контуру оперованого ХРС. Порівняння інтраопераційних показників і післяопераційного контролю.

Відповідно, відновлення м'язового тонусу і подальша вертикалізація пацієнта створює передумови для зіставлення площин замикальних пластин хребців, суміжних із видаленим і торцевих поверхонь кейджа, що безумовно призводить до втрати лордозу.

Оцінка стану **загального шийного лордозу**, як одного з базових чинників, що визначають розподіл навантажень на опорні структури оперованого ШВХ, проводилася нами на підставі всіх доступних спондилограм на всіх термінах спостереження. При використанні комбінованої системи «Mesh + вентральна пластина», зареєстровано значення $4,22^\circ$ ($2,183 \div 6,417$), в той час як при застосуванні ТЗІ показник склав $3,55^\circ$ ($1,535 \div 5,355$). Достовірної різниці не виявлено: $W=2833,5$, $p=0,109$ (Рис. 6.6).

При цьому, на відміну від доопераційного періоду не виявлено переконливого взаємозв'язку між параметрами сагітального і сегментарного профілів ШВХ. Коефіцієнт кореляції Спірмана для всієї вибірки становить 0,02 (95% ДІ: $-0,143 \div 0,188$), для першої і другої клінічних груп: 0,2 (95% ДІ: $-0,029 \div 0,416$) і $-0,04$ (95% ДІ: $-0,28 \div 0,196$) відповідно. Подібна картина демонструє складність і багатокomпонентність чинників, які формують сагітальний баланс хребта. Так, інтраопераційна міорелаксація, відсутність осьових навантажень в післяопераційному періоді, фіксація ШВХ головодержачем, наявність порушень іннервації у пацієнтів з важкими ХСМТ, а також больовий синдром в тій чи іншій мірі вираженості, безумовно впливають на показники загального шийного лордозу.

Проведено оцінку взаємозв'язку стану сагітального балансу ШВХ і ступеня вираженості неврологічних розладів. Отримані дані демонструють, що найбільше відновлення кривизни ШВХ в ранньому післяопераційному періоді зареєстровано у пацієнтів з відсутністю неврологічних розладів (клас ASIA E), показники для першої і другої клінічних груп склали $7,1^\circ$ ($6,042 \div 8,77$) і $6,03^\circ$ ($5,37 \div 7,46$), різниця між групами не достовірна: $W=72$, $p=0,456$.

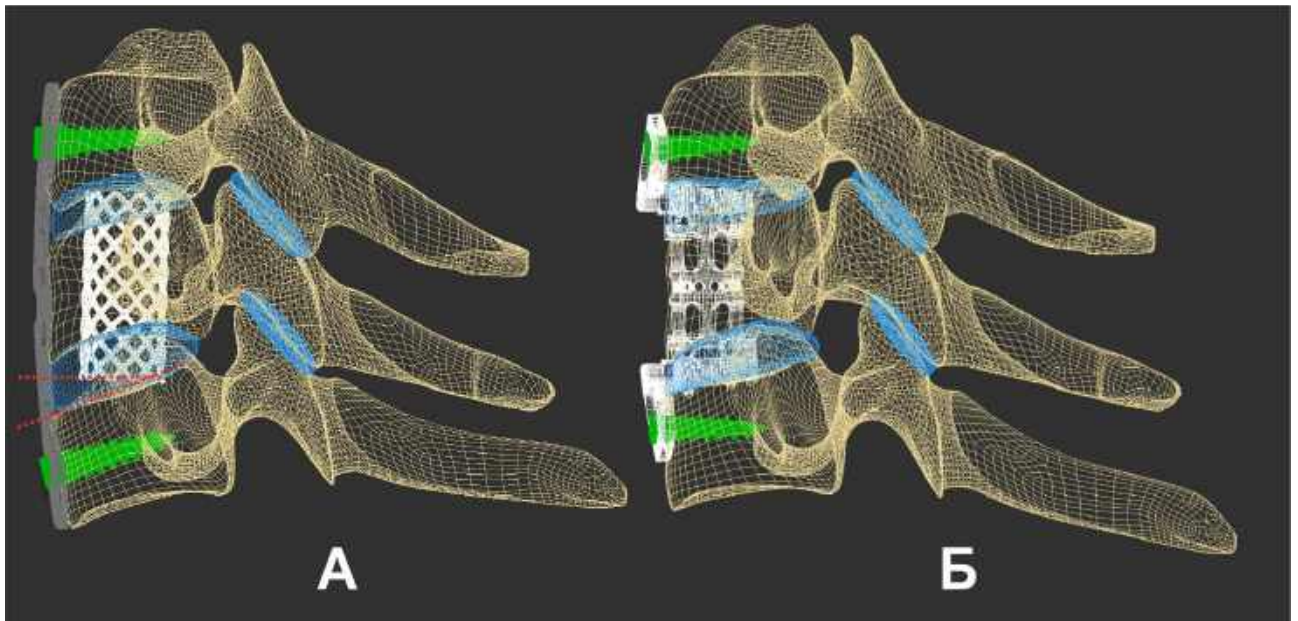


Рис. 6.5. Співвідношення площин торцевих поверхонь тілозамінних систем та замикальних пластин хребців суміжних з видаленим. А – Mesh, Б – ТЗІ.

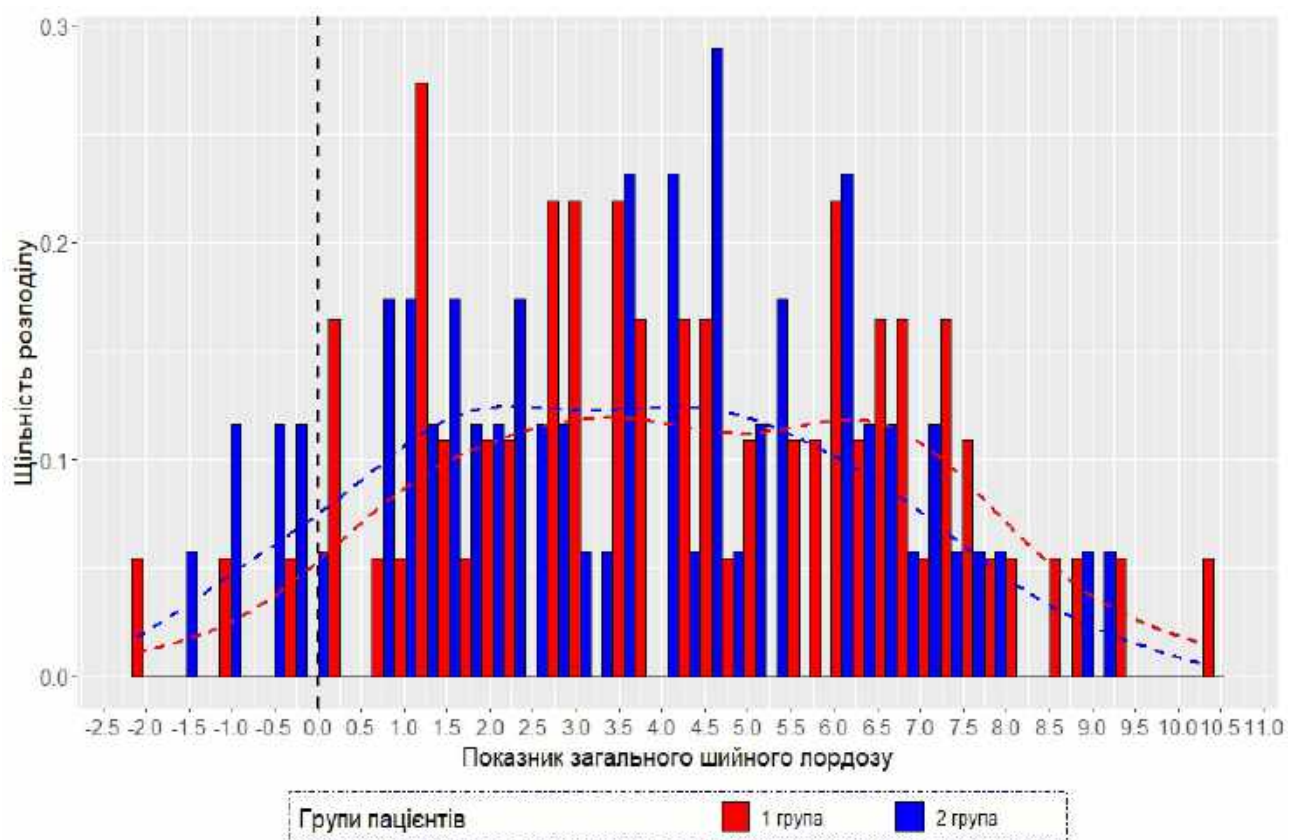


Рис. 6.6. Розподіл показника загального шийного лордозу у пацієнтів аналізованих клінічних груп в ранньому післяопераційному періоді.

У пацієнтів, що відносяться до функціонального класу ASIA D, показники при використанні комбінованої системи і ТЗІ склали відповідно $5,85^{\circ}$ ($3,75 \div 6,82$) і $5,59^{\circ}$ ($4,43 \div 6,59$). Схожа тенденція спостерігається в А, В і С класах: наростання вираженості неврологічних розладів супроводжується сплюсненням шийного лордозу, при цьому не реєструється різниці стану аналізованого параметра при використанні різних тілозамінно-стабілізуючих систем. Найменші показники загального шийного лордозу виявлені у пацієнтів групи ASIA А, які склали $1,32^{\circ}$ ($0,065 \div 2,135$) і $1,35^{\circ}$ ($-0,51 \div 2,45$) відповідно при використанні комбінованої системи і моноконструкції. Результати порівняння достовірності відмінності показника загального шийного лордозу між функціональними класами ASIA в межах аналізованих клінічних груп представлені в табл. 33 (Додаток А).

Отримані результати демонструють схожу закономірність розподілу аналізованого параметра незалежно від типу використаної під час хірургічного втручання конструкції. Як для першої, так і для другої клінічної групи характерні статистично значущі відмінності в показниках загального шийного лордозу при різному рівні неврологічних розладів: $\chi^2=71$, $df=4$, $p<0,0001$ і $\chi^2=67$, $df=4$, $p<0,0001$ відповідно.

Описана закономірність опосередковано характеризує вплив м'язового тону на підтримку фізіологічної кривизни ШВХ. При цьому, найбільші відмінності між суміжними функціональними класами реєструються при порівнянні ASIA С і D ($p=0,0004$ і $p<0,0001$ відповідно для першої та другої груп пацієнтів), що, фактично, є клінічним кордоном між легкою ХСМТ, з превалюванням радикальної симптоматики і чутливих розладів, і більш неврологічно важкими формами, де на перше місце виступають рухові порушення. Кореляція між функціональними класами за шкалою ASIA і станом сагітального профілю ШВХ досягає 97% (95% ДІ: $96,06 \div 97,97$).

Неврологічний статус є найбільш критичним параметром в загальній оцінці стану пацієнтів з ХСМТ. Цілком закономірно, що в ранньому післяопераційному періоді нами не зареєстровано значних змін функціонального статусу пацієнтів. При порівнянні клінічних груп різниці в значеннях суми балів

по ISNCSCI, а також Δ ISNCSCI, яка розраховувалася як різниця між даними на 6 добу післяопераційного періоду і доопераційними показниками, не зареєстровано (Рис. 6.7). Статистичні показники порівняння груп для ISNCSCI на 6 добу та Δ ISNCSCI склали відповідно $W=2700$, $p=0,3$ і $W=2850$, $p=0,09$. Отримані дані підтверджують думку більшості дослідників про те, що в ранньому післяопераційному періоді ступінь регресу неврологічних порушень в більшій мірі обумовлений технікою проведеного хірургічного втручання і повнотою декомпресії невральних структур, ніж типом тілозамінно-стабілізуючої системи і, відповідно, стабільністю оперованого ХРС.

Ступінь вираженості регресу неврологічних розладів, за нашими даними, безпосередньо залежить від вихідного рівня неврологічного дефіциту. Найбільш виражена позитивна неврологічна динаміка відзначена у пацієнтів, в доопераційному періоді віднесених до ASIA D і склала 10 балів ($9\div 12$) за шкалою ISNCSCI. При ASIA C медіана регресу неврологічного дефіциту склала 6 балів ($4,25\div 9$), в той час як для ASIA B і ASIA A отримані дані 2 ($1\div 2$) бали і 1 ($1\div 2$) бал відповідно. Зміни для функціональних класів A і B, з одного боку можна розглядати як похибку оцінювання, з іншого боку отримані дані можуть бути обумовлені мінімальним регресом радикальної симптоматики за рахунок непрямой декомпресії при відновленні осі травмованого ХРС. Функціонально більш значущої позитивної динаміки не зареєстровано ні в одного пацієнтів з важкою травмою СМ в ранньому післяопераційному періоді. В цілому, описана картина повністю відповідає опублікованим до теперішнього часу результатами. У жодного пацієнта не зареєстровано наростання неврологічної симптоматики. При цьому, у 4 пацієнтів зареєстровано зміну функціонального класу за ASIA шкалою (Рис. 6.8): 2 постраждалих перейшли з ASIA B в ASIA C, 2 – з ASIA C в ASIA D.

Найбільший інтерес в ранньому післяопераційному періоді представляли виявлення і оцінка ролі факторів, що мають прямий або непрямий вплив на ступінь відновлення неврологічної функції пацієнтів з травматичним ушкодженням ШВХ на субаксіальному рівні.

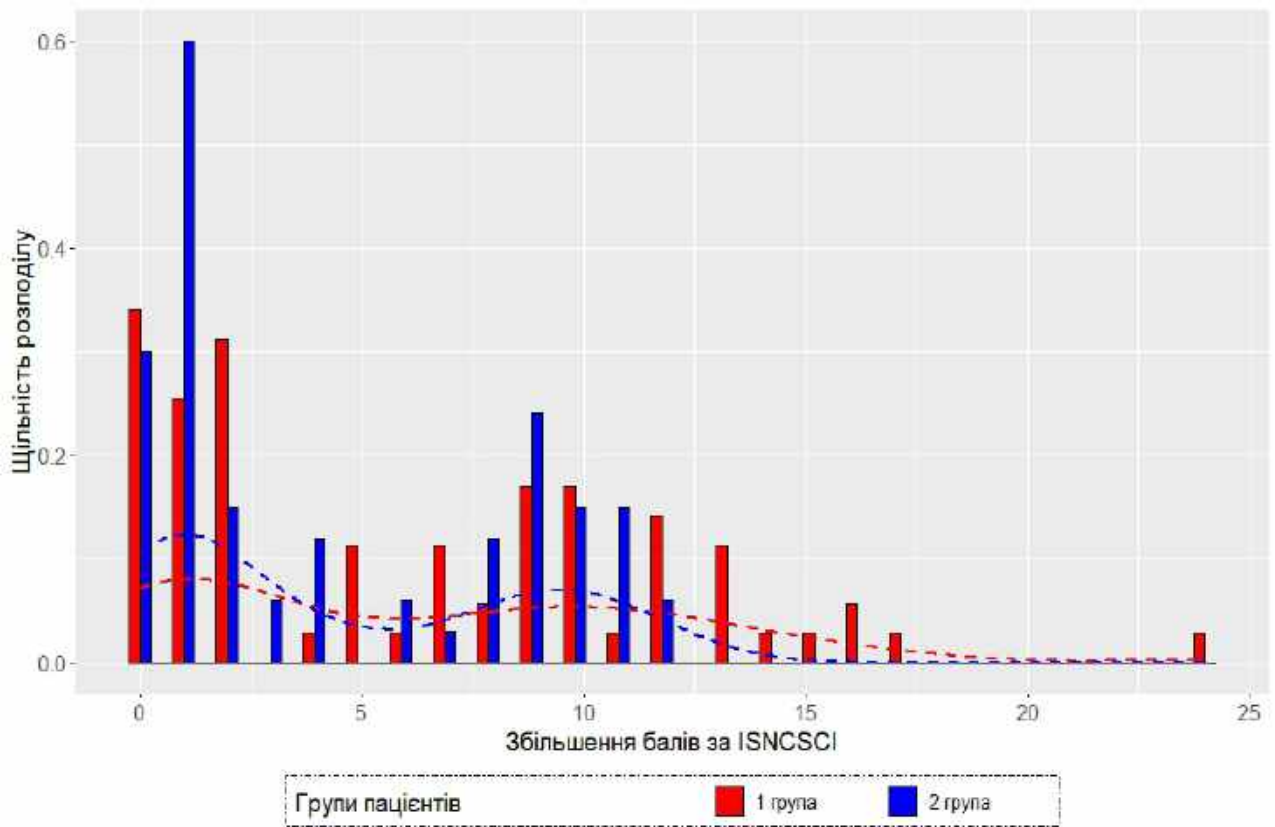


Рис. 6.7. Регрес неврологічних розладів в ранньому післяопераційному періоді у пацієнтів аналізованих клінічних груп.

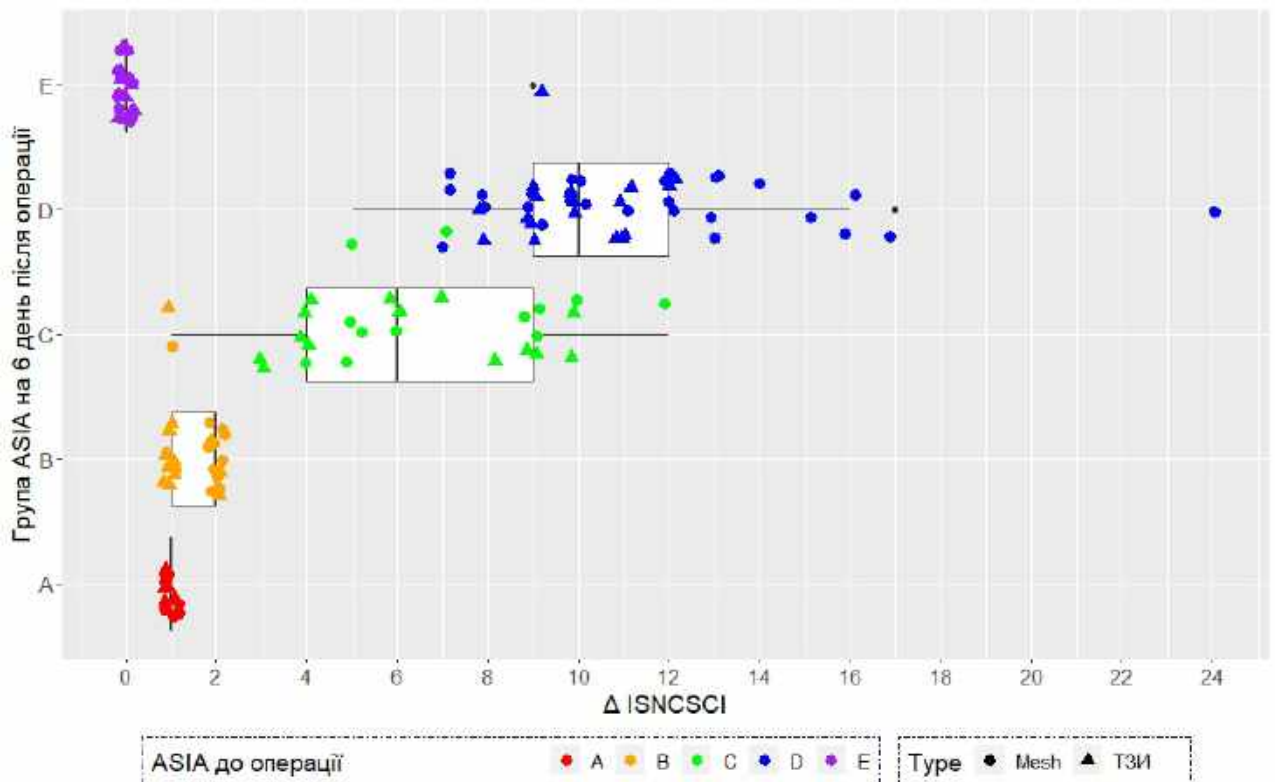


Рис. 6.8. Показники регресу неврологічних розладів у пацієнтів різних класів (за шкалою ASIA в ранньому післяопераційному періоді)

Виконано побудову лінійної регресійної моделі із зазначенням всіх, описаних вище конфаундерів. Враховувалися пацієнти функціональних класів ASIA A-D, тому що для ASIA E Δ ISNCSCI свідомо дорівнює нулю. Надалі застосований алгоритм покрокової адаптації регресійної моделі для виявлення найбільш вагомих факторів. Результати представлені в табл. 34 (Додаток А). Конфідент детермінації для моделі становить 73,36% при $F=80,86$ [4; 112], $p<0,0001$.

Отримані результати можна представити таким чином:

$$\Delta \text{ ISNCSCI} = 5,3 + 0,045 * \text{ISNCSCI} - 0,7 * \text{Age} - 0,13 * \text{CF} - 1,16 * \text{Time},$$

де:

Δ ISNCSCI – різниця між ранньою післяопераційною і доопераційною оцінкою неврологічного статусу,

ISNCSCI – вихідна оцінка в балах,

Age – вік потерпілого згідно вищеописаної градації: 1: до 29 років; 2: 30 до 49 років; 3: 50 до 59 років; 4: старше 60 років

CF – фактор компресії, мм

Time – часовий проміжок з моменту отримання травми до виконання хірургічного втручання, згідно градації: 1: до 8 годин; 2: 8-24 години; 3: 24-48 годин; 4: більше 48 годин;

Наведена регресійна модель дозволяє зробити наступні висновки. Як і зазначалося вище, найбільш виражена позитивна симптоматика реєструється у пацієнтів з вихідним менш вираженим неврологічним дефіцитом. Негативне значення конфаундера Age свідчить про те, що збільшення віку постраждалих призводить до погіршення динаміки відновлення неврологічних функцій. Можливі патофізіологічні причини цього явища були розглянуті нами в попередніх розділах. Аналогічна ситуація спостерігається і з іншими предикторами.

Так, збільшення розмірів фактору компресії супроводжується уповільненням відновлення неврологічного дефіциту, що також можна пояснити. Закономірним видається той факт, що великий ступінь компресії

структур хребетного каналу ШВХ призводить до більш виражених як зворотних, так і незворотних змін СМ і корінців. При цьому, слід зазначити, що практично лінійний взаємозв'язок зазначених параметрів реєструється при показниках фактору компресії 6,5 мм і більше (Рис. 6.9). При малих розмірах, патологічний субстрат не зумовлює ні ступінь порушення неврологічних функцій, ні швидкість і повноту їх регресу. У таких клінічних випадках ушкодження невральних структур відбувається практично виключно в момент травматичної дії з подальшим зменшенням або повним зникненням травмуючого субстрату за рахунок лігаментотаксіса, корекції осі хребта, спонтанного вправлення і інших чинників. Наведені дані підтверджують той факт, що отримана в результаті нейровізуалізації картина наслідків травматичної дії далеко не завжди в повній мірі відображає істинний характер і ступінь самої травматичної дії. Крім того, слід зазначити, що в нашому дослідженні до 6 діб післяопераційного періоду у пацієнтів з розмірами фактору компресії більше 9,5 мм різниця показників регресу неврологічних порушень не перевищила 10 балів, що відповідає позитивній радикалярній і сегментарній динаміці без відновлення провідникової функції СМ.

Часовий фактор, як за нашими даними, так і за результатами великої кількості досліджень, демонструє значний вплив на динаміку відновлення неврологічних функцій. Сучасні уявлення про патофізіологію гострої травми спинного мозку дозволяють виділити первинну і вторинну фазу [134]. Первинна фаза є результатом механічного впливу травмуючого фактора на структури хребетного каналу і часто є базовим фактором, що обумовлює ступінь важкості травми. Вплив може являти собою стиснення, зміщення, розрив або розтяг. Після цього слідує каскад вторинних ушкоджень, який є причиною розширення зони ураження нервової тканини і посилює неврологічний дефіцит [135]. Вторинна фаза гострої спінальної травми – це відстрочене і прогресуюче ушкодження тканини спинного мозку, обумовлене локальними гемодинамічними розладами, що виникають в результаті вазоспазма і (або) порушення цілісності кровоносних судин. У цей час клітини, що визначають запальну відповідь, такі як макрофаги,

мікроглія, Т-клітини і нейтрофіли інфільтрують ділянку ушкодження. Ці клітини викликають вивільнення запальних цитокінів, таких як фактор некрозу пухлини- α (TNF- α), інтерлейкін (IL) -1 α , IL-1 β і IL-6, причому їх рівень в тканинах досягає максимуму через 6-12 годин після травми і залишається високим до 4 днів [136]. Крім того, втрата іонного гомеостазу після травми є причиною внутрішньоклітинної гіперкальцемії, яка активує кальцій-залежні протеази і викликає мітохондріальну дисфункцію, що в кінцевому підсумку спричиняє загибель клітин [137]. Олігодендроцити особливо сприйнятливі до цих реакцій, причому не тільки в місці вогнища впливу травмуючого фактора. Вторинні зміни спостерігаються далеко від епіцентру травми і призводять до демієлінізації збережених аксонів. Крім того, фагоцитарні запальні клітини виділяють активні вільні радикали, які ініціюють окисне ушкодження ДНК, окислення білка і перекисне окислення ліпідів. Цей процес є додатковим фактором розвитку апаптозу і вторинного некрозу. Після спінальної травми спостерігається підвищений вміст стимулюючих амінокислот, таких як глутамат і аспартат, через вивільнення їх з ушкоджених клітин [138]. Надмірна активація NMDA- і AMPA-рецепторів викликає розвиток явища ексайтотоксичності і, як наслідок, загибель нейронів і глії як некротичним, так і апоптотичним шляхом [139].

Експериментальні моделі на тваринах підтверджують, що тяжкість і зворотність описаних патологічних змін багато в чому корелюють з тривалістю гострої компресії спинного мозку. Як наслідок, рання хірургія хребта спрямована в першу чергу на декомпресію спинного мозку, що в певній мірі дозволяє мінімізувати розвиток вторинних змін [134]. Це досягається шляхом відновлення анатомічної осі, декомпресії нервових і судинних структур і стабілізації хребетного стовпа [140].

Незважаючи на наведені дані, до теперішнього часу не існує єдиної думки щодо оптимальних термінів хірургічного втручання, і більшість дослідників в аргументації доцільності ранньої хірургії спираються скоріше на патофізіологічну складову спінальної травми, ніж на клінічні результати. Так, наприклад, А. Vassaro і співавт. наводять аналіз результатів лікування 123

пацієнтів. Критеріями для включення в дослідження з'явилися радіологічно підтверджена компресія спинного мозку фрагментами тіла хребця, міжхребцевим диском, наявність підвивиху або перелоמו-вивиху. Результати лікування пацієнтів, які перенесли хірургічне втручання протягом 72 годин після травми і тих, хто переніс операцію через 5 днів, згідно з даними дослідників, не продемонстрували статистичної різниці у відновленні неврологічного дефіциту [141]. З іншого боку, ряд авторів відзначає, що раннє (до 24 годин) хірургічне втручання приводить до позитивної неврологічної динаміки у 64% постраждалих, в той час як при хірургічній декомпресії через 24 години позитивна динаміка не зареєстрована.

У нашому дослідженні виділені часові інтервали, базуючись на описаних в літературі результатах клінічних досліджень, що дозволяє виконувати певне зіставлення результатів. Отримані нами дані виявляють виражену, статистично значущу залежність аналізованих параметрів. Негативне значення у предиктора **Time** в нашій моделі свідчить про негативний взаємозв'язок, тобто чим більший часовий інтервал з моменту отримання травми до хірургічної декомпресії, тим менш виражена динаміка регресу неврологічних розладів у пацієнтів до 6 діб післяопераційного періоду. З метою оцінки можливого комплексного впливу описаних факторів, які виступають предикторами у регресійній моделі, нами були виконані розрахунки з урахуванням внутрішньої взаємодії:

$$\Delta ISNCSCI \sim ISNCSCI * Age * CF * Time$$

Коефіцієнт детермінації при подібному моделюванні склав 86,22% при $F=49,4$ [15; 101] $p<0,0001$, що трохи вище, ніж для вище наведеної моделі без урахування внутрішнього взаємодії (Рис. 6.10). Різниця статистично достовірна: $F=507$, $p<0,0001$.

Отримані результати переконливо демонструють, що у визначенні ступеня неврологічних розладів і швидкості їх регресу слід враховувати не тільки велику кількість параметрів, але і їх взаємодію між собою. Так, наприклад, виходячи з отриманих результатів впливає, що зі збільшенням віку ступінь компресії надає більший вплив на неврологічну симптоматику.

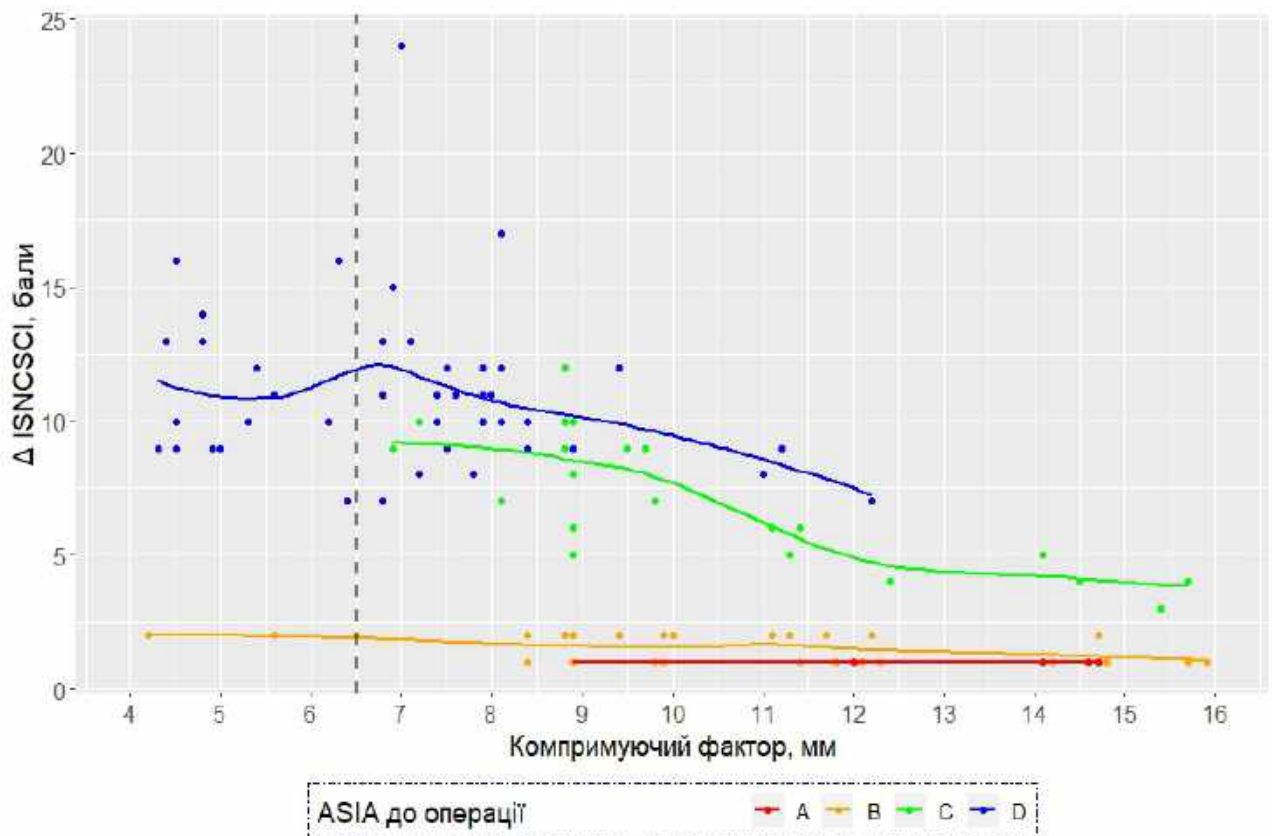


Рис. 6.9. Регрес неврологічних розладів у пацієнтів в залежності від розмірів фактору компресії на 6-ту добу післяопераційного періоду.

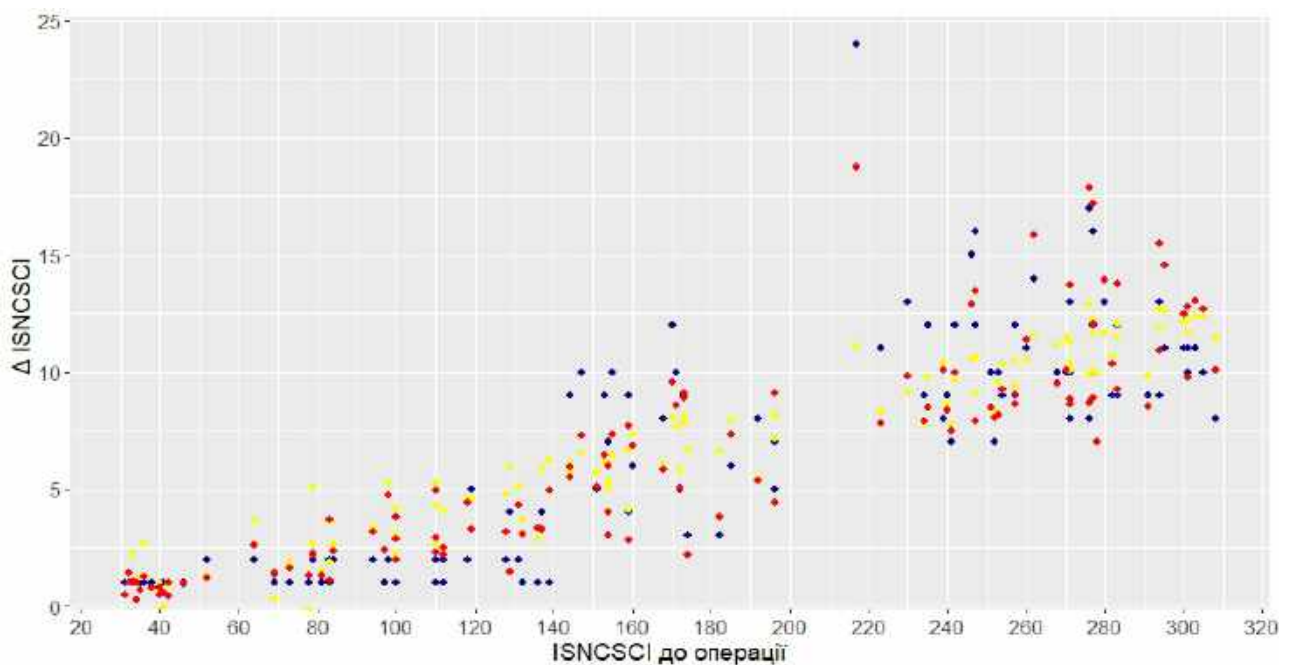


Рис. 6.10. Прогностична ефективність регресійних моделей при оцінці впливу предикторів на динаміку регресу неврологічних розладів у пацієнтів на 6 добу після хірургічного втручання (сині – фактичні значення, жовті – модель без взаємодії факторів, червоні – модель із взаємодією).

Подібне явище має патофізіологічний базис, враховуючи вікові зміни мікроциркуляторного русла, підвищену ламкість капілярів, розвиток атеросклеротичних змін і ін. Схожа залежність спостерігається і при аналізі пари предикторів «вік: час до хірургічного втручання».

Будучи одним з найбільш важких наслідків впливу травмуючого фактора на організм людини, ХСМТ часто призводить до втрати або ушкодження сенсорних, моторних і вегетативних функцій, що в свою чергу обумовлює ряд вторинних симптомокомплексів. **Біль** є одним з найбільш поширених вторинних станів, що зустрічаються у таких постраждалих. Результати великих багатоцентрових досліджень демонструють, що приблизно від 65 до 85% всіх пацієнтів з ХСМТ відчувають больові відчуття, причому у третини реєструється «сильний»/«виснажливий» біль. При оцінці пацієнтами власного стану, больові відчуття розглядаються як один з п'яти найбільш негативних наслідків перенесеної ХСМТ. Ряд досліджень демонструють, що інтенсивність больових відчуттів безпосередньо корелює зі сприйняттям пацієнтами їх когнітивної, фізичної та емоційної функціональності після перенесеної травми. Хронічний біль також в значній мірі пов'язаний з депресією, хронічною втомою і зниженням якості життя.

Слід зазначити, що у пацієнтів з ХСМТ біль є однією з найбільш складних терапевтичних мішеней. Основна проблема полягає в тому, що біль у такої категорії постраждалих часто буває складним та багатofакторним. Це особливо актуально для нейропатичного болю, який, в ряді випадків, є хронічним і несприйнятливим до багатьох доступних в даний час методів лікування. Ряд досліджень демонструють, що близько 30-50% пацієнтів з ХСМТ страждають від нейропатичного болю протягом першого року після травми.

Метою цієї роботи не була деталізація больових відчуттів і вивчення їх глибоких патофізіологічних механізмів. Однак, розглядаючи різні методи декомпресивно-стабілізуючих втручань, ми безумовно не могли залишити настільки значимий розділ без уваги. У нашому дослідженні характер і інтенсивність больових відчуттів у пацієнтів, які перенесли травматичне

ушкодження ШВХ на субаксіальному рівні з наступним вентральним декомпресивно-стабілізуючим втручанням вивчалися в аспекті вибору оптимального методу хірургічної корекції [142].

Орієнтуючись на Міжнародну класифікацію болю при ХСМТ (International Spinal Cord Injury Pain classification) були виділені:

- ноцицептивний м'язово-скелетний біль:
 - больові відчуття виникають безпосередньо в результаті хірургічного доступу (розріз шкіри, розсічення м. Platysma, тракція стравоходу та ін.) – характеризувалися пацієнтами як біль в зоні післяопераційної рани;
 - спондилогенний біль формувався в результаті корекції осі хребта, переважно в результаті реакції капсульно-зв'язкового апарату фасеткових суглобів, і в незначній мірі окістя при резекції тіла компресованого хребця та встановлення тілозамінно-стабілізуючої системи – характеризувався пацієнтами як біль в шії поза зоною проєкції хірургічного доступу, часто «глибоко і ззаду»;
- нейропатичний біль – пекучого характеру, збігається з зоною зниженої або відсутньої чутливості:
 - біль на рівні ХСМТ, обмежений 3 сегментами, що відповідає рівню травми, обумовлений безпосереднім травматичним впливом на невральні структури або вторинними змінами в результаті компресії – стосовно субаксіального рівня ШВХ у пацієнтів реєструвався біль у верхніх кінцівках;
 - Біль нижче рівня ХСМТ, нижче трьох сегментів від рівня травматичного впливу, обумовлений частковими провідниковими порушеннями, дегенерацією нейронів і іншими процесами, характерними для травмованого СМ «на видаленні» – в нашому дослідженні реєструвався біль в тулубі і нижніх кінцівках.

Виходячи із завдань нашого дослідження, а також беручи до уваги, що використовувався досить простий метод оцінки інтенсивності больових відчуттів, ми не оцінювали кожен з вищенаведених видів болю ізольовано. Характеризувалася загальна інтенсивність больового синдрому і його характер.

Беручи до уваги багатокomпонентність больових відчуттів у постраждалих, які перенесли ХСМТ, при оцінці пацієнти аналізованих клінічних груп поділялися на функціональні класи згідно ASIA, що як показали подальші результати, мало певний патофізіологічний базис.

Так, в ранньому післяопераційному періоді, в першій клінічній групі найбільш часто реєструється рівень больових відчуттів 3 бали – у 21,2% пацієнтів. Мінімальне значення відзначено на рівні 2 бали – 18,1%, а максимальне – 7 балів – 8,3%. Середній за інтенсивністю больовий синдром: 4, 5, і 6 балів зареєстрований відповідно у 22,2%, 15,3% і 6,9% постраждалих. У другій клінічній групі реєструється аналогічний розподіл показника інтенсивності болю, але з дещо більш низькими значеннями. Так, більше половини пацієнтів (54,4%) характеризують інтенсивність болю на рівні 3 балів, 2 бали відзначено у 20,6% постраждалих, а 1 бал – у 5,9%. Середній по інтенсивності больовий синдром – 4 і 5 балів, реєструється у 11,7% і 7,4% прооперованих пацієнтів відповідно. Різниця між групами по розподілу показника значуща при $p < 0,001$.

Поясненням отриманих даних, вірогідно, є відмінності в техніці виконання хірургічного втручання. Крім достовірно більш тривалого хірургічного втручання, що неминуче зумовлює більш виражений набряк м'яких тканин хірургічної зони, можна виділити ряд факторів, які потенційно провокують больовий синдром.

По-перше, установка вертикального циліндричного полого імплантата типу Mesh вимагає значної дистракції оперованого сегмента. При цьому відомо, що надлишкова тракція травматично ушкодженого ХРС неминуче призводить до перерозтягнення зв'язкового апарату фасеткових суглобів. Крім того, в разі похибки у визначенні висоти ендопротезу можуть виникати певні небажані ситуації. Так, наприклад, в разі, коли висота конструкції виявляється недостатньою, виникне її рухливість в міжтіловому проміжку. Якщо довжина імплантату буде перевищувати розмір кісткового дефекту, то напруга, викликана компресійним навантаженням ХРС в системі «метал-тіло хребця», буде високою.

Це призведе до прискорення процесів резорбції кісткової тканини в системі імплантат – тіло хребця і підвищить ризик виникнення нестабільності в оперованому ХРС.

По-друге, методика установки шийного дистрактора безпосередньо передбачає тимчасове запровадження осьових опор в тіла хребців з подальшим їх видаленням, що призводить до додаткового ушкодження окістя.

Третьою причиною є той факт, що шийний дистрактор має тільки одну точку фіксації до тіла хребця, суміжно з видаленим, і стійка система в момент розтягнення формується за рахунок двох додаткових опорних точок на фасеточні суглоби. У разі травматичного ушкодження заднього опорного комплексу може виникати перекіс, який часто призводить до ірритації спинномозкового нерва і нерва Люшка відповідного рівня.

При оцінці ступеня вираженості больового синдрому у пацієнтів з різним рівнем неврологічних розладів відзначається досить виражена закономірність (Рис. 6.11). Так, при клініці повного ушкодження СМ, реєструються больові відчуття на рівні 1-3 балів, різниця між клінічними групами не достовірна ($p=0,251$). Основний компонент складають больові відчуття, що виникають безпосередньо в зоні хірургічного доступу, в незначній мірі виражений нейропатичний компонент на рівні ушкодженого ХСМТ. При ASIA В показники рівня болю склали 2-4 бали, різниця між групами також не значима ($p=0,521$), при цьому незначне збільшення аналізованого показника визначається переважно нейропатичним компонентом.

У пацієнтів, що віднесені до класу ASIA С в ранньому післяопераційному періоді, відзначений значно більш виражений больовий синдром, в якому переважає нейропатичний компонент як на рівні ХСМТ, так і нижче. При цьому, при застосуванні комбінованої системи інтенсивність болю значимо вище ($p=0,022$). Максимальні показники аналізованого параметра відзначені при ASIA D. Основною складовою больового синдрому у цієї групи постраждалих є нейропатичний біль на рівні ХСМТ, в ряді випадків досягає значної

інтенсивності (до 7 балів). Застосування ТЗІ забезпечує меншу інтенсивність болю ($p=0,006$).

Незначні і помірні больові відчуття відзначені у пацієнтів без неврологічних розладів, які визначаються переважно болем спондилогенного генезу і зоною хірургічного втручання. Різниця між клінічними групами статистично не значуща. Детальна характеристика розподілу інтенсивності больових відчуттів у пацієнтів в залежності від типу використовуваної тілозамінно-стабілізуючої системи і функціонального класу ASIA представлена в табл. 35 (Додаток А).

6.2. Результати лікування у проміжному та пізньому періодах

В якості результатів лікування у проміжному та пізньому періодах ХСМТ ми розглядали ефективність проведеного хірургічного втручання у пацієнтів на підставі даних, отриманих при контрольних оглядах. Оцінювалися як динаміка змін аналізованих параметрів в порівнянні з більш ранніми термінами спостереження, так і відмінності цих показників між досліджуваними клінічними групами пацієнтів.

Термін 2 місяці післяопераційного періоду (проміжний період ХСМТ)

Контрольний огляд пацієнтів через два місяці після проведеного декомпресивно-стабілізуючого втручання, не тільки на субаксіальному рівні ШВХ, але фактично у всіх відділах хребта, є свого роду стандартом, що обумовлено рядом патофізіологічних особливостей. Стосовно пацієнтів аналізованих клінічних груп, в зазначений термін спостереження виконувалася рентгенографія в 2-х стандартних проекціях, що дозволяє оцінити первинну стабільність досягнутого спондилодеза, відсутність міграції, дислокації або фрагментації елементів імплантованих металоконструкцій, стан сагітального профілю ШВХ. При отриманні задовільних результатів обстежень пацієнтам рекомендувалася поступова, як правило протягом 2 тижнів реабілітація з метою зміцнення м'язів і відмови від головоотримача. Крім того, враховуючи специфіку

травми, виконувалася деталізована оцінка неврологічного статусу з розробкою комплексу медикаментозної і немедикаментозної відновної терапії. З огляду на специфіку і інтенсивність больового синдрому найчастіше виконувалася корекція схем використання анальгетичних препаратів.

В ряду аналізованих параметрів найбільші зміни зареєстровані при порівнянні показника **СК оперованого сегмента** (Рис. 6.12). Так, медіана втрати кривизни оперованого сегмента в порівнянні з раннім післяопераційним періодом склала в першій клінічній групі пацієнтів $1,295^\circ$ ($0,92 \div 1,52$) в той час як у другій $0,64^\circ$ ($0,64 \div 0,65$). Різниця статистично достовірна при $W=4806$, $p<0,0001$. У першій клінічній групі, аналогічно попередньому терміну спостереження, інтенсивність змін аналізованого показника пропорційна ступеню ушкодження заднього опорного комплексу. Так, максимальна різниця в показниках між термінами «6 днів» і «2 місяці» відзначена у пацієнтів з С типом ушкоджень і склала $1,7^\circ$ ($1,52 \div 1,87$), що обумовлює значення сегментарного кіфозу $-3,67^\circ$ ($-4,01 \div -2,87$). Подібний тип ушкоджень визначає максимальну втрату інтраопераційно досягнутої корекції серед усіх спостережуваних пацієнтів яка становить $2,5^\circ$ ($2,37 \div 2,68$) при $p=0,0008$.

Дещо менша динаміка в діапазоні «6 днів – 2 місяці післяопераційного періоду» зазначається при ушкодженнях типу В. Так, в межах зазначеної підгрупи найбільші зміни відзначені при В3 і склали $1,48^\circ$ ($1,44 \div 1,52$) при фактичних показниках $-3,23^\circ$ ($-3,47 \div -2,68$). Загальна втрата корекції $2,34^\circ$ ($2,23 \div 2,39$), $p=0,01$. Ушкодження типу В2 характеризуються мінімальними, з усіх аналізованих, значеннями лордозної ангуляції. Медіана значення сегментарного кіфозу у цих пацієнтів склала $-2,72^\circ$ ($-2,91 \div -2,62$), що обумовлено втратою корекції в порівнянні з раннім післяопераційним періодом в обсязі $1,44^\circ$ ($1,44 \div 1,52$) і сумарною втратою $2,23^\circ$ ($2,21 \div 2,25$), $p=0,08$. В ряду ушкоджень типу В мінімальні значення втрати корекції відзначені при В1 типу. Так, динаміка сумарна склала $1,9^\circ$ ($1,8 \div 2,065$), $p=0,02$, а в межах післяопераційного періоду $1,23^\circ$ ($1,18 \div 1,373$). Фактичний показник визначено як $-3,14^\circ$ ($-3,47 \div -2,87$).

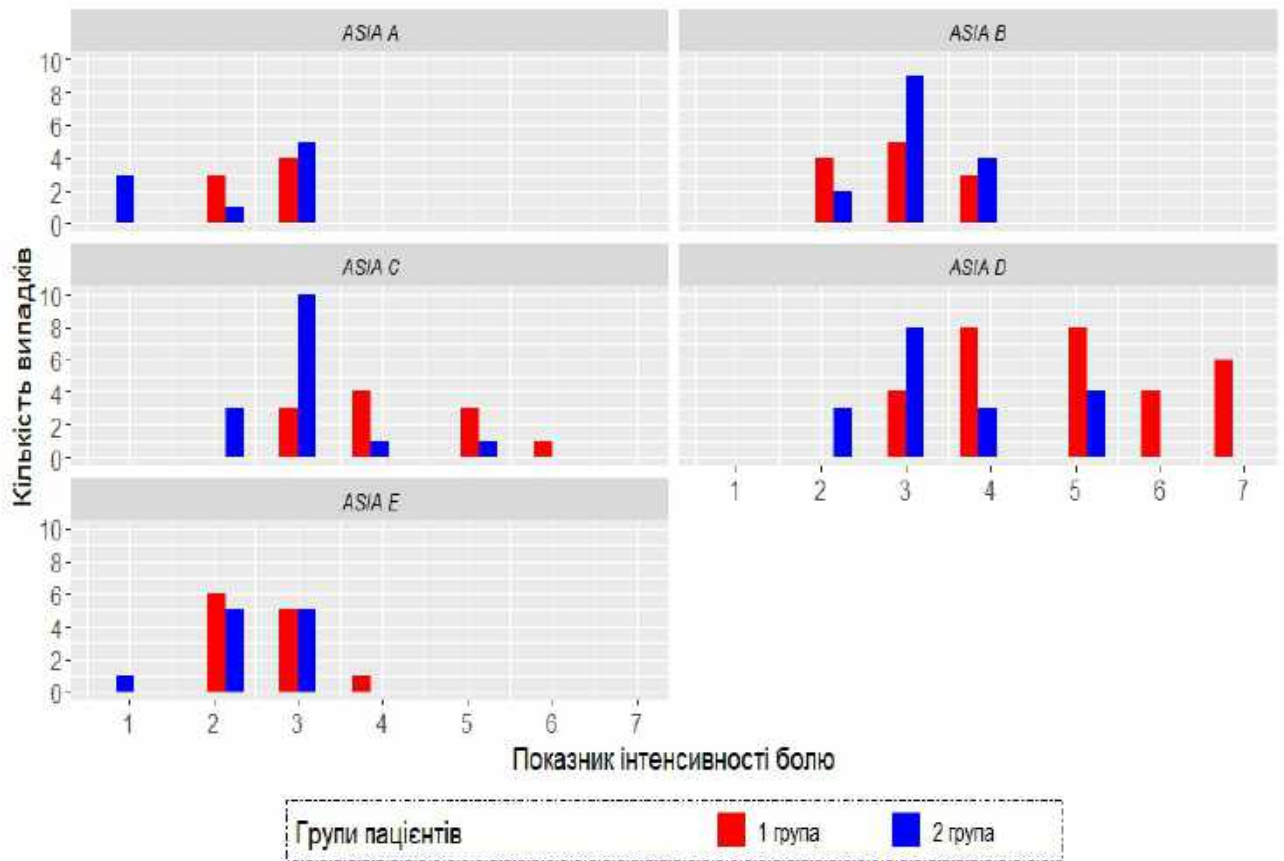


Рис. 6.11. Інтенсивність больових відчуттів у пацієнтів клінічних груп на 6 добу після хірургічного втручання.

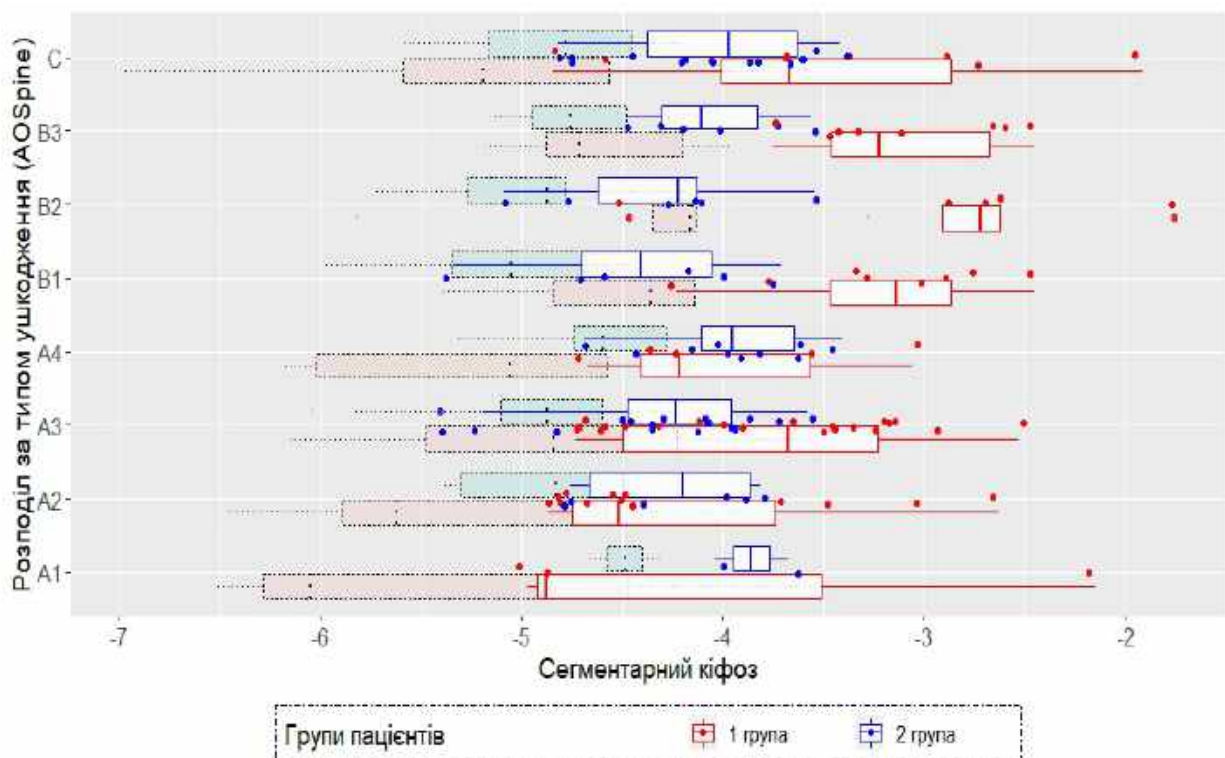


Рис. 6.12. Стан сегментарного кифозу у пацієнтів в термін 2 місяці після хірургічного втручання (пунктиром позначений термін 6 днів після операції).

Комплекс osteo-лігаментозних змін, що відносяться до типу А згідно AOSpine, характеризується практично ідентичною втратою ступеня корекції незалежно від ступеня тяжкості ушкоджень. Так, тип А2 і А3 демонструє різницю з раннім післяопераційним періодом в обсязі $0,92^\circ$ ($0,84 \div 1,36$) і $0,92^\circ$ ($0,84 \div 1,01$) відповідно. При типах А1 і А4 показники трохи вищі: $1,17^\circ$ ($0,96 \div 1,36$) і $1,09^\circ$ ($1,01 \div 1,35$). У той же час, загальна втрата корекції до 2 місяців післяопераційного періоду в межах групи А до певної міри корелює з тяжкістю травми. Так, для типів А1 і А2, що характеризуються меншим ступенем ушкоджень, показник склав $1,28^\circ$ ($1,15 \div 1,6$), $p=0,245$ і $1,22^\circ$ ($1,11 \div 1,66$), $p=0,002$ відповідно, в той час як для більш значних в анатомічному аспекті типів ушкоджень А3 і А4 отримані значення втрати корекції в обсязі $1,48^\circ$ ($1,32 \div 1,63$), $p<0,001$ і $1,76^\circ$ ($1,57 \div 1,85$), $p=0,069$ відповідно. Таким чином, фактично отримані значення склали $-4,88^\circ$ ($-4,93 \div -3,52$) і $-4,52^\circ$ ($-4,75 \div -3,74$) для типів А1 і А2, які є кращими в плані збереження інтраопераційної корекції в межах клінічної групи пацієнтів з імплантованою системою. Для А3 і А4 показник сегментарного кіфозу до 2 місяців склав відповідно $-3,68^\circ$ ($-4,5 \div -3,23$) і $-4,22^\circ$ ($-4,41 \div -3,57$).

Слід зазначити, що в межах аналізованих підгруп типів ушкоджень у пацієнтів через два місяці після проведеного хірургічного лікування різниця в більшості випадків статистично не значима, що визначається, перш за все значною дисперсією аналізованого показника, а також певною формальністю поділу на підтипи, коли часто близькі за характером травми і ідентичні при оцінці по CSISS виявляються не в одній підгрупі, а суміжних, що в підсумку визначає «розмитість» меж (Табл. 36, Додаток А).

Проте, порівнюючи основні групи за класифікатором AOSpine, різниця в показнику СК статистично значуща: $\chi^2=15,4$, $df=2$, $p=0,0005$. Цей факт проявляється різницею в парі «А-В»: $t=-4,354$, $p=0,0001$. У парах «АС» і «ВС» статистика критерію не досягає необхідного рівня достовірності та становить відповідно $t=-1,442$, $p=0,077$ і $t=1,59$, $p=0,087$, дозволяючи трактувати відмінності на рівні статистичної тенденції. Проте, очевидним є той факт, що вже до другого місяця післяопераційного періоду у пацієнтів при використанні

комбінованої тілозамінно-стабілізуючої системи відзначається залежність ступеня втрати СК від характеру остео-лігаментозних ушкоджень. При цьому, коефіцієнт детермінації залежності аналізованого параметра від тяжкості травматичних змін (згідно з оцінкою по CSISS) досягає 67,8% при $F=150,5$ [1, 70], $p<0,0001$.

У другій клінічній групі пацієнтів реєструється дещо інша картина змін аналізованого показника. Так, максимальна втрата інтраопераційно досягнутої корекції реєструється в групі С ушкоджень і становить $1,11^\circ$ ($1,015\div 1,135$), $p<0,001$. Фактичне значення сегментарного кіфозу у пацієнтів з таким типом ушкодження ХРС становить $-3,97^\circ$ ($-4,378\div -3,635$).

При типі В ушкоджень динаміка змін в порівнянні з раннім післяопераційним періодом склала для всіх підтипів $0,65^\circ$ ($0,65\div 0,65$), що зумовило фактичні значення для В1, В2 і В3 відповідно: $-4,41^\circ$ ($-4,7\div -4,06$), $-4,23^\circ$ ($-4,63\div -4,13$) та $-4,11^\circ$ ($-4,3\div -3,83$). Загальна втрата інтраопераційно досягнутої ангуляції ХРС для всіх підтипів також практично ідентична і склала $0,88^\circ$ ($0,86\div 0,92$), відмінності достовірні при $p=0,005$.

У межах типу А ушкоджень динаміка між підгрупами також практично ідентична і становить $0,63^\circ$ ($0,63\div 0,64$) – для підтипів А1 і А2 і $0,64^\circ$ ($0,63\div 0,64$) – для підтипів А3 і А4. Сумарні значення в ΔСК з моменту інтраопераційно виконаного контролю при імплантації ТЗІ в якості тілозамінно-стабілізуючої системи для типів ушкоджень згідно AOSpine склали $0,92^\circ$ ($0,91\div 0,92$), $p=0,445$; $0,94^\circ$ ($0,92\div 0,95$), $p=0,05$; $0,89^\circ$ ($0,84\div 0,97$), $p<0,001$ і $0,96^\circ$ ($0,91\div 0,99$), $p=0,006$ відповідно для А1, А2, А3 і А4. Фактичні значення СК знаходяться в діапазоні від $-3,96^\circ$ ($-4,11\div -3,65$) для типу А4 до $-4,2^\circ$ ($-4,67\div -3,87$) для типу А2 і аналогічно першої клінічної групи до певної міри корелюють зі ступенем ушкодження ХРС.

Слід зазначити, що на відміну від першої клінічної групи, у пацієнтів з імплантованим ТЗІ різниця при порівнянні з більш ранніми термінами спостереження в більшості випадків статистично достовірною, що обумовлено значно меншою дисперсією аналізованого показника і більш рівномірним

характером змін. Статистично значущих відмінностей стану сегментарного кіфозу оперованого сегмента у пацієнтів при різних типах ушкодження в терміні спостереження 2 місяці не виявлено: $\chi^2=7,251$, $df=7$, $p=0,4033$.

Більш того, на відміну від першої клінічної групи, при аналізі основних типів за класифікатором AOSpine достовірних відмінностей не отримано: $\chi^2=1,459$, $df=2$, $p=0,482$, а значення СК для типу А, В і С склали відповідно $-4,09^\circ$ ($-4,46 \div -3,86$), $-4,19^\circ$ ($-4,59 \div -4,01$) і $-3,97^\circ$ ($-4,378 \div -3,635$). При проведенні регресійного аналізу залежності втрати корекції від ступеня ушкодження ХРС коефіцієнт детермінації становить, на відміну від першої клінічної групи, всього 19,42% при $F=17,15$ [1; 66], $p=0,0001$. Результати представлені на *Рис. 6.13*.

При порівнянні динаміки зміни показника СК у пацієнтів аналізованих груп при різних типах ушкоджень, отримані наступні дані. В табл. 37 (Додаток А) приведена різниця втрати корекції розрахована як Δ СК першої клінічної групи – Δ СК другий клінічної групи, де Δ СК – порівняння інтраопераційних показників з терміном спостереження 2 місяці.

Отримані дані демонструють певну перевагу в аспекті збереження кривизни оперованого ХРС при застосуванні ТЗІ. Різниця, в порівнянні з комбінованою системою достовірна для ушкоджень типу А3, В1 і В3.

Стан загального шийного лордозу у пацієнтів аналізованих клінічних груп до терміну спостереження «2 місяці після хірургічного втручання» зазнає досить виражених змін. Так, і в першій, і в другій групі спостереження реєструється певне відновлення кривизни ШВХ: показник ЗШЛ становить $5,81^\circ$ ($3,76 \div 7,34$) і $6,45^\circ$ ($4,36 \div 7,93$) відповідно. Різниця між групами статистично не значуща: $W=2056,5$, $p=0,1031$.

У порівнянні в раннім післяопераційним періодом спостерігається посилення взаємозв'язку між показниками сегментарного кіфозу і загального шийного лордозу. Коефіцієнт кореляції Спірмана для всієї вибірки становить $-0,3197$, при $S=603543$, $p<0,001$. При цьому, у другій клінічній групі кореляція виражена дещо сильніше ($r=-0,33$, $S=69693$, $p=0,006$) ніж у першій ($r=-0,307$, $S=81336$, $p=0,009$). Отримані результати свідчать, про те, що відновлення

осьового навантаження, навіть у пацієнтів з грубими неврологічними порушеннями, які реабілітовані в положення «сидячи», викликає компенсаторну адаптацію ШВХ до нового біомеханічного стану. З іншого боку, зберігається залежність кривизни ШВХ від ступеня неврологічних порушень, що зазначена в ранньому післяопераційному періоді. Дані представлені в табл. 38 (Додаток А). Наведені результати демонструють, що до 2 місяців післяопераційного періоду у пацієнтів, які досягли повного регресу неврологічних розладів, використання ТЗІ забезпечує краще відновлення стану сагітального профілю ШВХ. Загальний аналіз залежності з використанням регресійної моделі типу:

ЗШЛ ~ СК * ASIA група * Тип системи стабілізації

характеризується коефіцієнтом детермінації 0,6704 при $F=15,88$ [19; 120], $p<0,001$, що свідчить про значний взаємозв'язок аналізованих значень.

Неврологічний статус пацієнтів обох клінічних груп до терміну спостереження «2 місяці післяопераційного періоду» характеризується досить вираженою позитивною динамікою (Рис. 6.14). При цьому у 36 пацієнтів з 140 спостережуваних реєструється зміна функціонального класу відповідно до шкали ASIA, що склало 25,71%. Так, в першій клінічній групі виражена позитивна динаміка, що супроводжується переходом в клас ASIA з менш вираженими розладами відзначена у 15 постраждалих (20,83%), тоді як у другій клінічній групі – у 21 (30,88%). Перехід «через один» клас не зареєстровано.

При порівнянні з доопераційними показниками фактично незмінною зберігається тільки кількість постраждалих, віднесених до функціонального класу А. Відсоткове співвідношення пацієнтів в залежності від функціональних класів представлено в табл. 39 (Додаток А). Аналіз довірчих інтервалів демонструє відсутність статистично значущих відмінностей в пропорціях розподілів пацієнтів аналізованих клінічних груп. При цьому, в першій клінічній групі відзначений перехід з класу В у С – у 1 пацієнта, з С у D – у 4 постраждалих, а з D в Е – у 10. У пацієнтів з імплантованою під час хірургічного втручання ТЗІ реєструється більш інтенсивна динаміка. Так, перехід з В в С відзначений у 2 постраждалих, з С в D – у 8 пацієнтів і з D в Е – у 11.

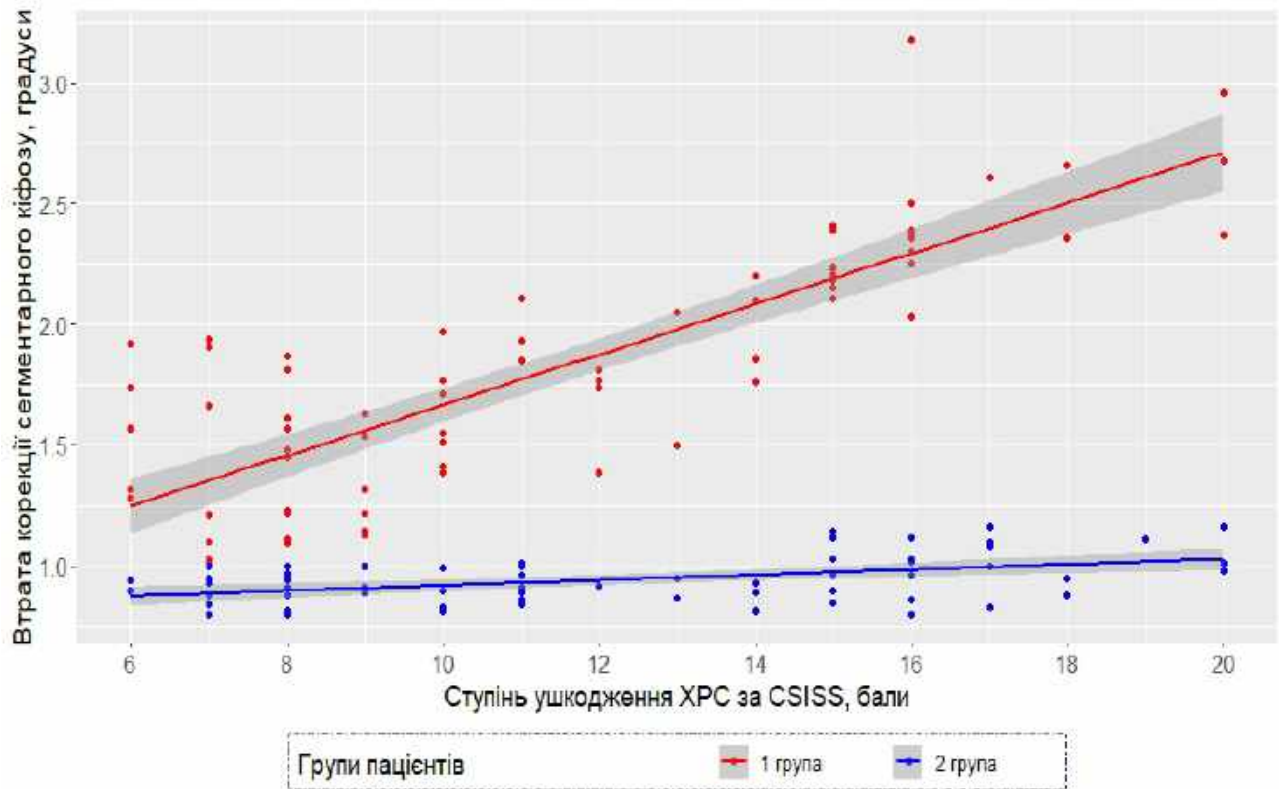


Рис. 6.13. Залежність втрати інтраопераційно виконаної корекції сагітального профілю травмованого ХРС від ступеня ушкодження в термін 2 місяці у пацієнтів аналізованих клінічних груп.

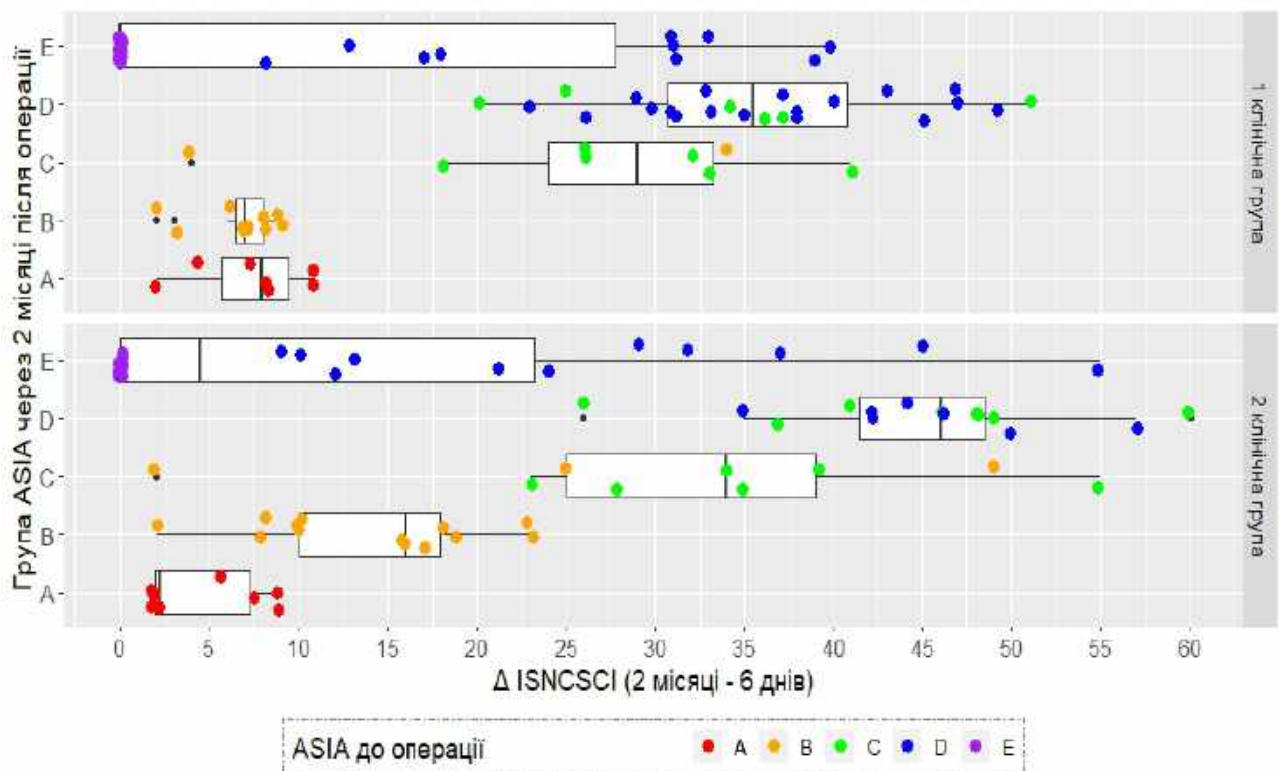


Рис. 6.14. Динаміка регресу неврологічних порушень в період «6 дня – 2 місяці» після хірургічного лікування у пацієнтів аналізованих клінічних груп.

Цілком очевидним є той факт, що в обох аналізованих клінічних групах принципово виконувалося однотипне хірургічне втручання, відповідно, і різниця в неврологічній картині може визначатися тільки опосередкованим впливом методу стабілізації на швидкість і повноту регресу функціональних розладів як СМ, так і його корінців. Логічним є припущення, яке частково підтверджується і даними літератури, що різниця в отриманих нами даних може бути обумовлена різним ступенем первинно стабільного спондилодезу, оскільки на даному етапі післяопераційного періоду різниця в аналізованих вище спондилометричних показниках не настільки виражена (Рис. 6.15).

Виконаний більш детальний аналіз динаміки регресу неврологічних порушень шляхом оцінки різниці балів шкали ISNCSCI виявляє ряд особливостей. Беручи до уваги, що функціональні класи шкали ASIA є досить динамічними критеріями, то цілком закономірно, що порівняння середніх показників балів шкали ISNCSCI аналізованих клінічних груп в межах кожного функціонального класу не має логічного сенсу. Відповідно, виконувався аналіз різниці показників, отриманих в різні терміни спостереження післяопераційного періоду, при цьому пацієнти розподілялися відповідно до первинної оцінки ASIA. Результати представлені в табл. 40 (Додаток А).

Отримані дані демонструють певну перевагу застосування ТЗІ в порівнянні з комбінованою системою, що проявляється в достовірно більш вираженому прирості загальної суми балів шкали ISNCSCI у пацієнтів з вихідним функціональним класом В і С, в той час як у постраждалих з легкими неврологічними розладами різниця не зареєстрована.

Аналогічно до попереднього терміну спостереження, у пацієнтів відзначена певна залежність динаміки регресу неврологічних порушень від ряду додаткових чинників. Так, регресійна модель типу:

$$\Delta ISNCSCI \sim ISNCSCI * Age * CF * Time$$

демонструє коефіцієнт детермінації на рівні 48,26% при $F=5,197$ [26; 91], $p<0,001$, у той час як додавання такого додаткового предиктора як тип тілозамінно-стабілізуючої конструкції підвищує прогностичну ефективність до

55,54% при $F=3,923$ [50; 67] і $p<0,001$, що також свідчить про наявність певного впливу типу системи на швидкість відновлення неврологічних функцій.

Інтенсивність больового синдрому у пацієнтів як першої, так і другої групи має тенденцію до зменшення в порівнянні з раннім післяопераційним періодом. Однак, з огляду на те, що паралельно реєструється зміна функціонального класу ASIA у ряду пацієнтів, збільшення кількості постраждалих в С і D групах, а регрес неврологічних порушень супроводжується досить вираженим нейропатичним компонентом, то динаміка статистично не значуща ($\chi^2=42,498$, $df=30$, $p=0,065$). Так, больові відчуття середньої інтенсивності відзначаються у 23 постраждалих: 6 балів відзначено у 5,6% від всієї клінічної групи, 5 балів – у 15,3% і 4 бали – у 11,1% пацієнтів. Незначна інтенсивність болю зареєстрована у 49 пацієнтів, при цьому 1 бал у 2,8%, 2 бали – у 26,4% а 3 бали – у 38,9% пацієнтів з імплантованою комбінованою тілозамінно-стабілізуючою системою.

У другій клінічній групі пацієнти переважно відзначають незначну інтенсивність болю. Так, 1 бал зареєстрований у 14,7%, 2 бали – у 50% а 3 бали – у 30,9% постраждалих. Помірні больові відчуття на рівні 4 балів відзначені всього у 4,4% всіх пацієнтів. При порівнянні клінічних груп розподіл ознаки статистично значимо відрізняється ($p<0,001$). Результати аналізу інтенсивності болю у пацієнтів клінічних груп представлені в табл. 41 (Додаток А). Слід зазначити, що статистично значущі відмінності відзначені в класах ASIA B ($p=0,038$), ASIA D ($p=0,037$) і ASIA E ($p=0,016$) з переконливо нижчими показниками в другій клінічній групі. У пацієнтів з ASIA A і ASIA E різниця не значуща (Рис. 6.16). Аналізуючи характер больових відчуттів, виявлено, що при клініці важкого ушкодження СМ переважно реєструється нейропатичний компонент, як на рівні ушкодженого ХСМТ, так і нижче. У пацієнтів же з функціональними класами ASIA D і ASIA E переважає спондилогенний характер болю, в ряді випадків супроводжується ірритативною радикулярною симптоматикою та посилюється при рухах, що свідчить про відсутність досягнення вторинно стабільного спондилодезу.

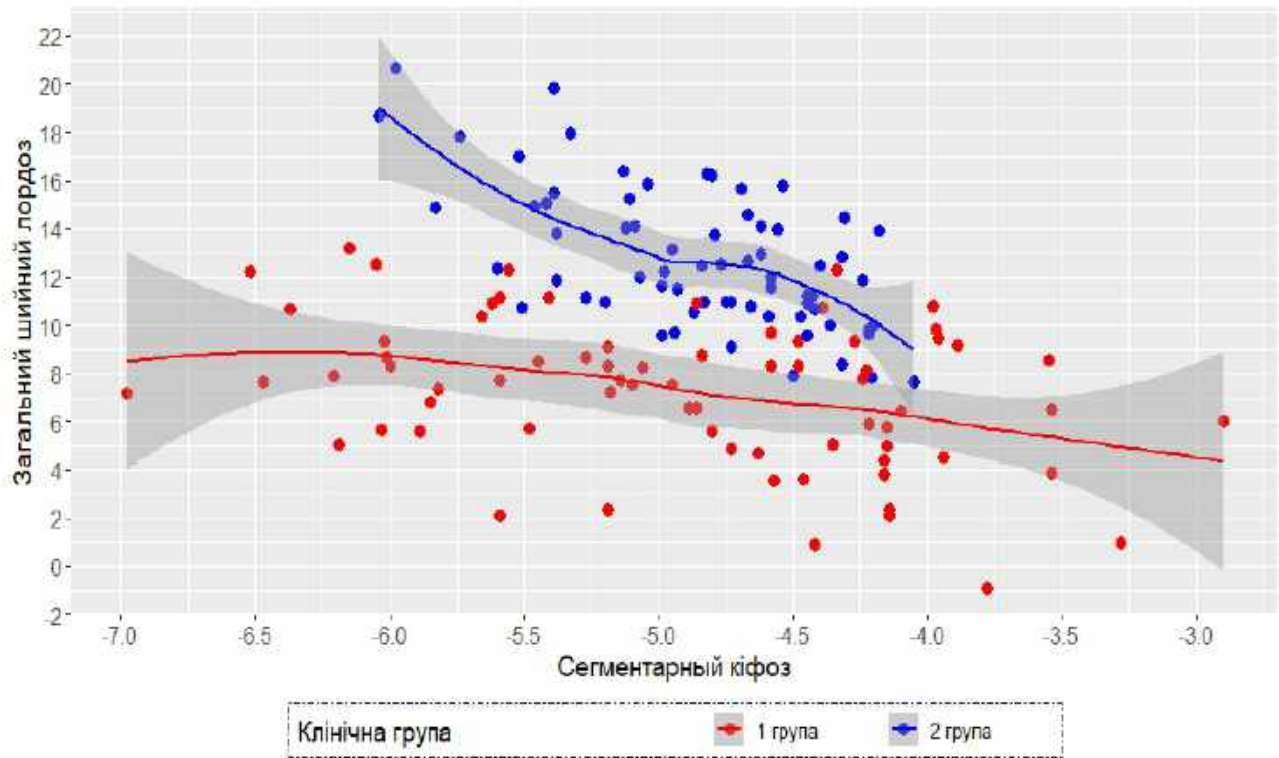


Рис. 6.15. Співвідношення параметрів сегментарного і сагітального контурів у пацієнтів аналізованих клінічних груп в термін 6 місяців післяопераційного періоду.

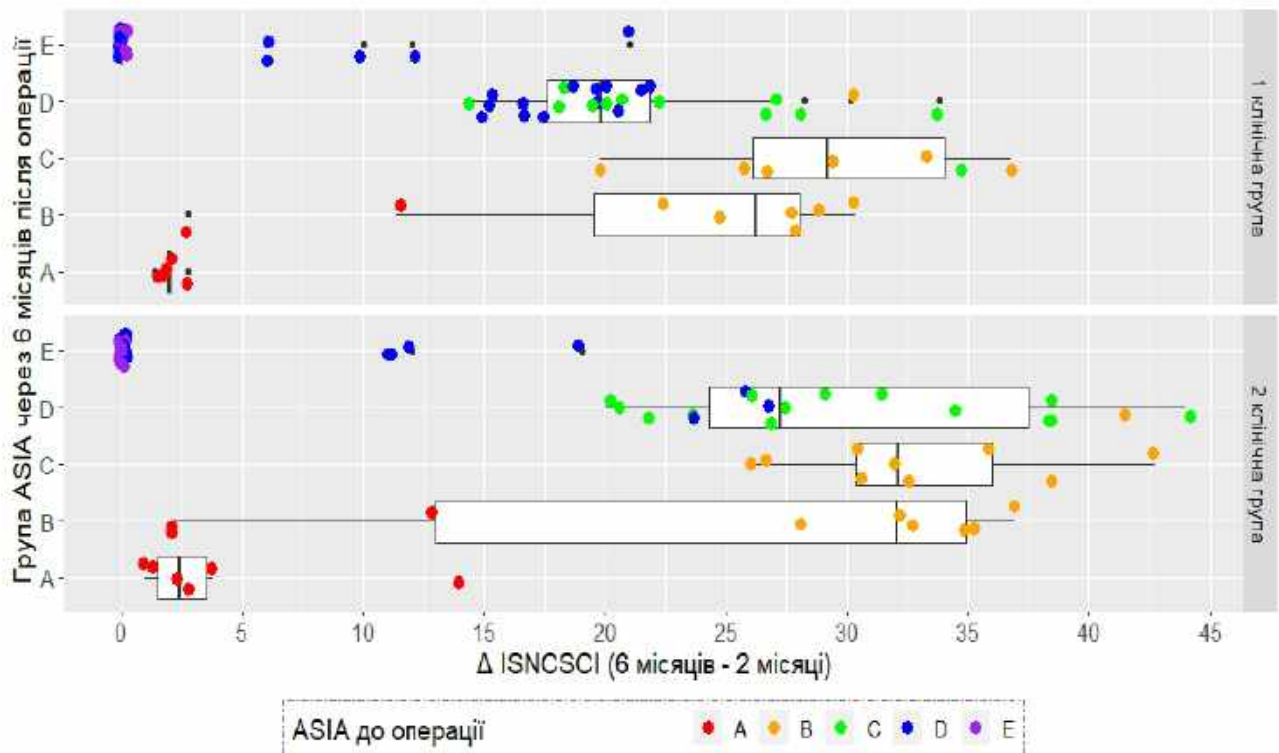


Рис. 6.16. Динаміка регресу неврологічних порушень в період «2 місяці – 6 місяці» після хірургічного лікування у пацієнтів аналізованих клінічних груп.

Термін 6 місяців післяопераційного періоду (пізній період ХСМТ)

К терміну 6 місяців після проведеної декомпресивно-стабілізуючої операції у пацієнтів відбувається формування вторинно стабільного спондилодезу. До цього терміну вже частково сформовано «новий» біомеханічний стан ШВХ, який визначається як сагітальним контуром, так і перерозподілом навантажених опорних структур з огляду на блокування двох ХРС і нормалізацією м'язового тону.

При оцінці динаміки зміни стану **сегментарного кіфозу оперованого сегмента** отримані наступні дані. У пацієнтів першої клінічної групи мінімальний лордозний кут оперованого ХРС зареєстрований при типі В2 ушкодження і становить $-1,28^{\circ}$ ($-1,47 \div -1,1$) при цьому динаміка зміни в порівнянні з попереднім терміном спостереження склала $1,44^{\circ}$ ($1,44 \div 1,52$), а загальна втрата лордозу $3,67^{\circ}$ ($3,65 \div 3,77$), $p=0,0078$. При інших типах ушкоджень групи В реєструється кращий стан лордозної ангуляції. Так при В1 показник СК зареєстрований на рівні $-1,89^{\circ}$ ($-2,17 \div -1,62$) а при В3 – $-1,71^{\circ}$ ($-2,08 \div -1,2$). Загальна втрата корекції для зазначених підтипів склала $3,12^{\circ}$ ($2,98 \div 3,38$) і $3,83^{\circ}$ ($3,67 \div 3,9$) відповідно при $p < 0,001$. Порівняння даних із терміном спостереження 2 місяці виявляє триваючу втрату лордозу, яка склала для цих підтипів $1,23^{\circ}$ ($1,18 \div 1,37$) і $1,48^{\circ}$ ($1,44 \div 1,52$).

Тип С ушкодження відповідно до класифікації AOSpine, як один з найбільш нестабільних типів, класично характеризується значною динамікою сплющення лордозної ангуляції оперованого сегмента, яка при порівнянні з 2-х місячним контрольним оглядом склала $1,7^{\circ}$ ($1,52 \div 1,87$), при цьому сумарна втрата в порівнянні з інтраопераційними значеннями визначена як $4,24^{\circ}$ ($4,02 \div 4,55$) при $p < 0,001$. Фактичне значення склало $-1,85^{\circ}$ ($-2,57 \div -1,17$).

При ушкодженнях типу А у пацієнтів першої клінічної групи зберігається співвідношення показників, зареєстроване на більш ранніх термінах спостереження. Так, для підтипів А1 і А2 зміни в порівнянні в 2-х місячним контрольним оглядом склали $0,66^{\circ}$ ($0,66 \div 0,71$) і $0,75^{\circ}$ ($0,75 \div 0,84$) відповідно, що визначає значення СК у цих пацієнтів $-4,22^{\circ}$ ($-4,27 \div -2,81$) і $-3,82^{\circ}$ ($-3,93 \div -2,9$).

При більш значущих ушкодженнях динаміка виражена значніше. Так, втрата корекції за 4 місяці склала $0,92^\circ$ ($0,84 \div 1,01$) і $1,09^\circ$ ($1,01 \div 1,09$) відповідно для підтипів А3 і А4, що зумовило значення СК $-2,71^\circ$ ($-3,49 \div -2,39$) і $-3,32^\circ$ ($-3,32 \div -2,56$). В ряду пацієнтів з імплантованою комбінованою тілозамінно-стабілізуючою системою загальна втрата сегментарного лордозу мінімальна для типу А ушкоджень. Так, для А1 і А2 визначені показники $1,94^\circ$ ($1,86 \div 2,26$) і $2,06^\circ$ ($1,95 \div 2,4$) при $p=0,086$ і $p<0,001$ відповідно. Для підтипів А3 і А4 зареєстровано $2,45^\circ$ ($2,14 \div 2,65$) і $2,94^\circ$ ($2,56 \div 3,11$) при $p<0,001$ і $p=0,005$. На відміну від попереднього терміну спостереження, при аналізі стану кіфозу оперованого сегмента відмінності в залежності від характеру ушкодження більш виражені: $\chi^2=29,411$, $df=2$, $p<0,0001$. Детальна характеристика статистичної значущості відмінностей представлена в табл. 42 (Додаток А). Узагальнюючи наведені дані, слід зазначити, що показник сегментарного кіфозу оперованого сегмента значимо відрізняється при порівнянні основних типів ушкоджень в парах «А-В» і «А-С»: $t=-6,524$, $p<0,001$ та $t=-4,076$, $p=0,001$ відповідно. При цьому, різниця між групами В і С статистично не достовірна: $t=0,619$, $p=0,269$.

У пацієнтів другої групи спостереження динаміка зміни аналізованого показника значно менш виражена. Так, при типі ушкодження С втрата корекції в порівнянні з терміном спостереження 2 місяці склала $0,58^\circ$ ($0,52 \div 0,62$), а, відповідно, фактичне значення $-3,41^\circ$ ($-3,72 \div -3,03$). Подібні дані отримані для ушкоджень типу В. Так, різниця склала $0,66^\circ$ ($0,6 \div 0,69$), $0,53^\circ$ ($0,5 \div 0,57$) і $0,66^\circ$ ($0,58 \div 0,69$) відповідно для типів В1, В2, і В3. При цьому показники СК для зазначених пацієнтів до терміну 6 місяців післяопераційного періоду визначено $-3,78^\circ$ ($-4,040 \div -3,4$), $-3,7^\circ$ ($-4,12 \div -3,56$) і $-3,41^\circ$ ($-3,6 \div -3,16$), а загальна втрата корекції не перевищила $1,54^\circ$ при $p=0,003$.

Аналіз даних спондилограм при типах ушкодження А, згідно AOSpine, виявив близькі значення. Так, типи А1 і А2 характеризується динамікою в порівнянні з терміном спостереження 2 місяці – $0,65^\circ$ ($0,65 \div 0,66$) і $0,74^\circ$ ($0,58 \div 0,76$) з фактичними показниками $-3,21^\circ$ ($-3,3 \div -3,13$) і $-3,7^\circ$ ($-3,96 \div -3,19$) відповідно. Для типів А3 і А4 показники СК склали $-3,67^\circ$ ($-3,88 \div -3,35$) і $-3,35^\circ$

(-3,48÷-3,15) при динаміці за 4 місяці $0,58^\circ$ ($0,54\div 0,71$) і $0,56^\circ$ ($0,53\div 0,65$). При цьому, слід зазначити, що різниця як в межах підгруп різних типів ушкоджень ХРС, так і між основними типами, а саме А, В і С, не значима. Статистика показників склала відповідно: $\chi^2=6,79$, $df=7$, $p=0,45$ та $\chi^2=1,12$, $df=2$, $p=0,57$.

Порівняння динаміки зміни показника СК у пацієнтів аналізованих груп при різних типах ушкоджень виявляє більш виражену різницю, в співставленні з терміном спостереження 2 місяці (Табл. 43, Додаток А). Наведені дані демонструють збільшення різниці ефективності збереження сегментарного контуру оперованого сегмента при використанні різних типів тілозамінно-стабілізуючих систем. Крім того, на відміну від більш ранніх строків спостереження, статистично значущі відмінності отримані для типів В3 і С ушкоджень.

Показник **загального шийного лордозу**, в порівнянні з більш ранніми термінами спостереження, демонструє тенденцію до відновлення фізіологічної кривизни ШВХ, при цьому реєструється статистично значуща різниця при використанні різних видів тілозамінно-стабілізуючих систем ($W=418$, $p<0,001$). У першій клінічній групі значення ЗШЛ склало $7,68^\circ$ ($5,46\div 9,33$), тоді як у другій: $12,3^\circ$ ($10,78\div 14,67$).

З огляду на те, що до аналізованого терміну спостереження всі пацієнти вже досить тривалий період перебувають без головоотримача, то, згідно з отриманими даними, триває адаптація кривизни ШВХ до ангуляції стабілізованого ХРС. Кореляція показників ЗШЛ і СК становить $-0,6678$ при $S=762691$, $p<0,001$. Паралельно спостерігається практично повна втрата залежності показника ЗШЛ від класу ASIA реєстрованих невралгічних розладів. Так, якщо в терміні спостереження 2 місяці зазначена залежність визначалася на рівні $r^2=0,553$ при $F=43,94$ [4; 135], $p<0,001$, то до 6 місяців цей показник знижується до $r^2=0,027$ при $F=1,955$ [4; 135], $p=0,105$.

Таким чином, основними критеріями, що визначають стан ЗШЛ на даному терміні спостереження, є стан СК і тип системи, використаної під час хірургічного втручання. Регресійний аналіз моделі типу:

ЗШЛ ~ СК + тип системи

демонструє, що з прогностичною ймовірністю 65,28% ($F=131,7$ [2; 137] і $p<0,001$), збільшення СК на 1° викликає сплющення ЗШЛ на $2,17^\circ$. Застосування у пацієнтів ТЗІ в порівнянні з комбінованою системою забезпечує поглиблення шийного лордозу на $3,21^\circ$.

Описані закономірності представлені на *Рис. 6.17*. Звертає на себе увагу, що лінія апроксимації залежності при застосуванні комбінованої системи розташована значно більш горизонтально, ніж лінія, що характеризує пацієнтів з імплантованою ТЗІ. Це свідчить, що в першій клінічній групі взаємозв'язок аналізованих параметрів менш виражений, ніж у другій (Кокс-Снелла псевдо r^2 становить відповідно 0,344 і 0,449 при квантильній регресійній оцінці).

Динаміка зміни **неврологічного статусу** у пацієнтів аналізованих груп характеризується деякими особливостями, відмінними від попередніх контрольних термінів (*Рис. 6.18*). Так, продовжує реєструватися певний регрес неврологічних розладів, що в ряді випадків супроводжується зміною функціонального класу постраждалих – 39 пацієнтів (27,86%) в порівнянні даними двох місяців післяопераційного періоду. При цьому в першій клінічній групі перехід з ASIA A в ASIA B відзначений у двох постраждалих, з B в C – у 5, з C в D – у 6 та з D в E – у 5 пацієнтів. В цілому, в групі пацієнтів з імплантованою комбінованою системою – 18 спостережуваних (25% клінічної групи). При застосуванні ТЗІ спостерігається схожа динаміка: перехід з A в B – у 3 пацієнтів, з B в C – у 7, з C в D – у 7 пацієнтів і з D в E клас – у 4. Сумарно по другій клінічній групі 21 пацієнт (30,88%). Загальна характеристика клінічних груп за належністю до функціональних класів ASIA до 6 місяців післяопераційного періоду представлена в табл. 44 (Додаток А).

При аналізі динаміки показника загальної суми балів, оцінених за шкалою ISNCSCI реєструється картина, що дещо різниться від більш ранніх термінів спостереження (Табл. 45, Додаток А). Так, звертає на себе увагу значна позитивна динаміка у пацієнтів з важкими травматичними ушкодженнями СМ, що найбільш виражено у пацієнтів, віднесених до класу B згідно шкали ASIA.

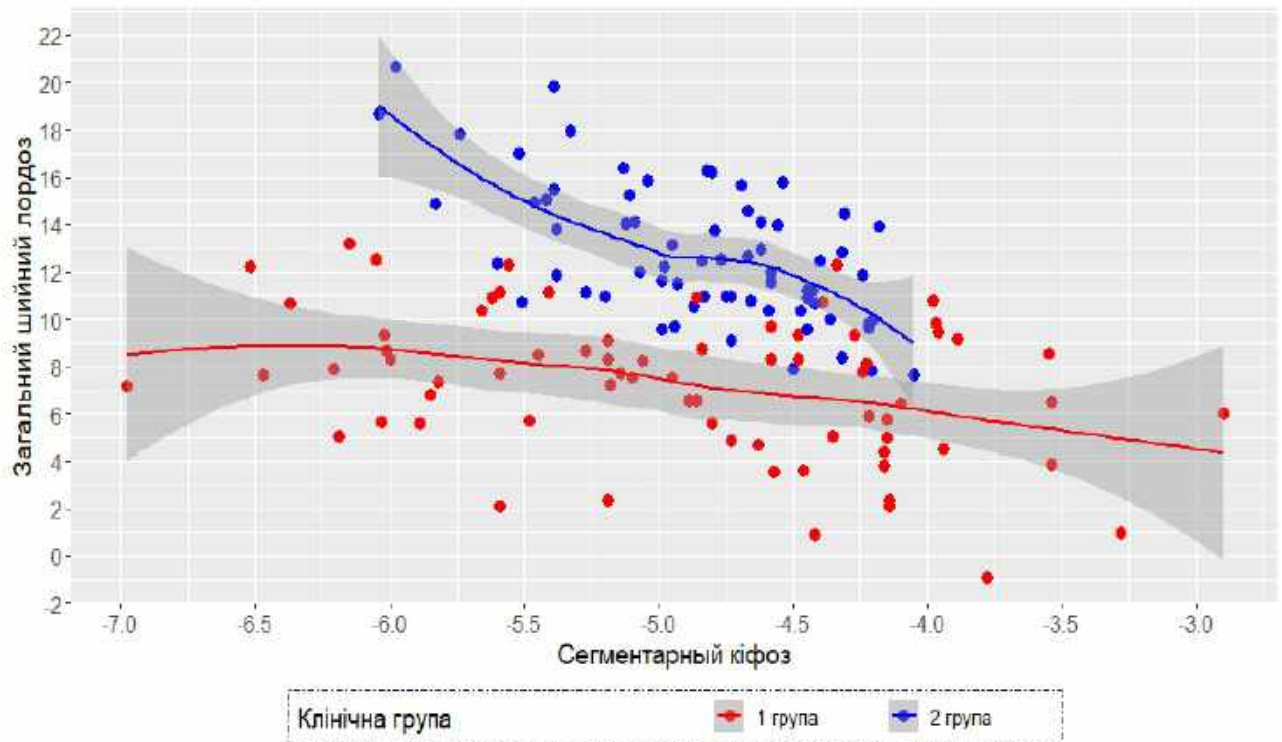


Рис. 6.17. Співвідношення параметрів сегментарного і сагітального контурів у пацієнтів аналізованих клінічних груп в термін 6 місяців післяопераційного періоду.

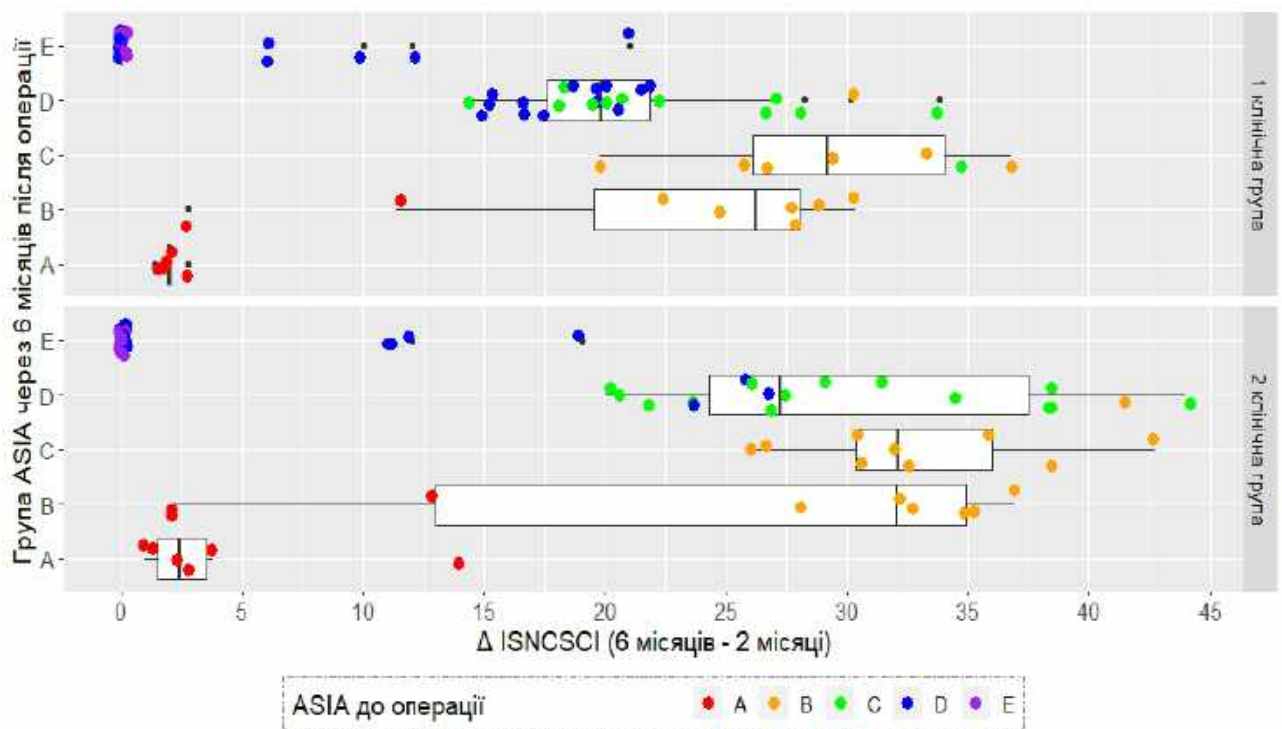


Рис. 6.18. Динаміка регресу неврологічних порушень в період «2 місяці – 6 місяців» після хірургічного лікування у пацієнтів аналізованих клінічних груп.

При цьому реєструється статистично значуща різниця у пацієнтів першої та другої клінічних груп спостереження. Пацієнти, з функціональними порушеннями типу C і D також демонструють позитивну неврологічну динаміку, яка статистично більш виражена у постраждалих з імплантованою ТЗІ в порівнянні з комбінованою системою [105].

При аналізі чинників, що впливають на швидкість регресу, зберігається залежність, зареєстрована на більш ранніх контрольних термінах. Так, модель типу:

$$\Delta \text{ISNCSCI} \sim \text{ISNCSCI} * \text{Age} * \text{CF} * \text{Time}$$

демонструє коефіцієнт детермінації $r^2=0,64$ при $F=7,507$ [26; 69], $p<0,001$. Додавання в модель в якості предиктора типу використаної тілозамінно-стабілізуючої системи підвищує прогностичну ефективність до $r^2=0,79$ при $F=8,326$ [50; 45], $p<0,001$. Детальний аналіз регресійної залежності з застосуванням дисперсійного аналізу виявляє, що підвищення коефіцієнта детермінації в порівнянні з терміном спостереження 2 місяці в значній мірі обумовлене позитивною неврологічною картиною пацієнтів, віднесених до В класу ASIA.

Особливу увагу звертають на себе пацієнти з клінічною картиною повного ушкодження СМ за рахунок виявлення явищ регресу грубих неврологічних порушень до терміну 6 місяців післяопераційного періоду, що має найважливіше як медичне, так і соціально-економічне значення. Так, з 16 постраждалих, віднесених до ASIA A в доопераційному періоді (перша клінічна група – 7 пацієнтів; друга – 9 пацієнтів), у 11 реєструється стабільна неврологічна симптоматика, в той час як у 5 відзначена позитивна динаміка. Аналіз всієї низки можливих предикторів, проаналізованих вище, виявив, що при прогнозуванні ймовірності клінічного поліпшення у даної групи постраждалих статистично значущими є: ступінь ушкодження СМ ($p=0,013$) і час виконання декомпресивно-стабілізуючого втручання в діапазоні 8-24 години з моменту отримання травми ($p=0,023$). При цьому, хірургічне втручання до 8 годин має менше значення ($p=0,057$), а такі предиктори як вік, розмір фактору компресії і

ступінь деформації ХРС на рівні травми виявляються статистично не значущими.

При оцінці **інтенсивності больових відчуттів** в порівнянні з більш ранніми термінами спостереження реєструється значна позитивна динаміка. Так, при порівнянні з показниками «2 місяці післяопераційного періоду» різниця статистично значуща при $p < 0,001$.

У першій клінічній групі переважають пацієнти з незначними по інтенсивності больовими відчуттями (55 осіб). У 37,5% відзначається 3 бали за NRS, у 30,6% – 2 бали, а 1 бал зареєстрований у 8,3% пацієнтів. Біль помірної інтенсивності відзначений у 8,3% – 4 бали і 15,3% – 5 балів.

У пацієнтів другої клінічної групи показник дещо нижчий. Так, абсолютна більшість пацієнтів відзначають больові відчуття незначної інтенсивності: 1 бал – 17,6%, 2 бали – 54,4% і 3 бали – 23,5%. Помірний больовий синдром – 4 бали за NRS – зареєстрований у 4,4% постраждалих. Різниця між клінічними групами статистично значуща при $p < 0,001$.

При порівнянні розподілу показника інтенсивності больового синдрому в залежності від функціонального класу ASIA відзначається тенденція, аналогічна попередньому терміну спостереження. Так, статистично значущі відмінності реєструються для класів ASIA B, ASIA D і ASIA E ($p = 0,038$, $p = 0,003$ та $p = 0,027$ відповідно). При цьому, характерним є той факт, що зниження больових відчуттів, що реєструється в порівнянні з більш ранніми термінами спостереження, відбувається переважно за рахунок класів ASIA D і ASIA E, в той час як пацієнти з більш важкими ушкодженнями невральних структур демонструють відносно стабільний рівень больових відчуттів, більшою мірою обумовлений нейропатичним компонентом (Табл. 46, Додаток А).

Термін 12 місяців післяопераційного періоду

Контрольний огляд через 1 рік після проведеного хірургічного втручання є фінальним терміном спостереження в цьому дослідженні. Згідно з даними літератури, до 12 місяців у пацієнтів, які перенесли ХСМТ, формується відносно стабільна клінічна картина, яка в подальшому зазнає лише незначних змін. До

цього моменту формується вторинно стабільний спондилодез оперованого ХРС, відбувається адаптація активних і пасивних підсистем підтримки сагітального балансу ШВХ, формується стабільна неврологічна картина в разі початково важкого ушкодження СМ.

Стан сегментарного кіфозу оперованого сегменту ні в першій, ні в другій клінічній групі не зазнає значних змін у порівнянні з терміном спостереження 6 місяців, проте деякі відмінності все ж реєструються. Так, у пацієнтів з імплантованою комбінованою системою середня втрата корекції в порівнянні з попереднім терміном склала $0,78^\circ$ ($0,72 \div 0,83$). Так, при типі С ушкоджень фінальне значення СК склало $-1,01^\circ$ ($-1,86 \div -0,35$) із загальною втратою корекції $5,02^\circ$ ($4,76 \div 5,33$), $p < 0,001$. Близькі значення зареєстровані і при типі В. Так, мінімальні показники СК в межах першої клінічної групи пацієнтів відзначені при типі В2 і склали $-0,51^\circ$ ($-0,59 \div -0,39$). При цьому, однак, сумарне сплющення контуру стабілізованого ХРС не досягає значень, зазначених при типі С і становить $4,42^\circ$ ($4,27 \div 4,55$), $p = 0,002$. У межах групи В ушкоджень найбільша кривизна оперованого ХРС зберігається при травмах типу В1 і становить $-1,12^\circ$ ($-1,32 \div -0,84$). Закономірно, реєструється найменша в межах групи В втрата корекції: $3,9^\circ$ ($3,77 \div 4,13$), $p < 0,001$. Тип В3 характеризується показниками СК $-0,97^\circ$ ($-1,34 \div -0,49$) і сплющенням сегментарного лордозу на $4,47^\circ$ ($4,39 \div 4,58$) в порівнянні з інтраопераційними показниками, $p < 0,001$.

При типі А ушкоджень стан сегментарного кіфозу також досить близький до показників терміну спостереження 6 місяців. Так, найменша агнуляція оперованого сегмента в межах підгрупи відзначена у пацієнтів з травмою ХРС типу А3 і становить $-1,91^\circ$ ($-2,71 \div -1,6$). Досить близькі показники реєструються і при А4: $-2,53^\circ$ ($-2,56 \div -1,73$). Найкращі показники збереження інтраопераційно досягнутої корекції сегментарного кіфозу в межах першої клінічної групи відзначені при типі А1 і А2 і складають відповідно $-3,47^\circ$ ($-3,48 \div -2,04$) і -3° ($-3,16 \div -2,07$).

У другій клінічній групі реєструються менш виражені зміни. Так, загальна динаміка, в порівнянні з терміном спостереження 6 місяців склала $0,09^\circ$ ($0 \div 0,16$),

що фактично знаходиться за межами похибки вимірювань.

Закономірно, що з метою оцінки швидкості та ефективності досягнення стабільного спондилодезу доцільним видається відстеження динаміки зміни СК за весь період спостереження. Динаміка втрати корекції в залежності від характеру ушкодження і типу імплантованої тілозамінно-стабілізуючої системи представлена в табл. 47 (Додаток А), де за 100% прийнята різниця між інтраопераційними і фінальними показниками. Таким чином, наведені дані показують, що застосування ТЗІ забезпечує більш ранню, в порівнянні з комбінованою системою, стабілізацію показника сегментарного профілю і меншу втрату досягнутої корекції (*Рис. 6.19*).

При оцінці динаміки зміна показника **загального шийного лордозу** виявляється специфіка, що не зустрічається на більш ранніх термінах спостереження. Так, в першій клінічній групі реєструється поглиблення шийного лордозу на $2,72^\circ$ ($6,57 \div -1$), що значно більше, ніж показник, досягнутий за період «2 місяці – 6 місяців»: $1,76^\circ$ ($0,1 \div 3,38$). На противагу цьому, в другій групі пацієнтів відзначено уповільнення динаміки відновлення фізіологічної кривизни ШВХ: $3,32^\circ$ ($6,89 \div 0,63$) за період «6 місяців – 12 місяців» при показнику $6,38^\circ$ ($4,24-8,62$) за період «2 місяці – 6 місяців». Таким чином, до фінального терміну показник ЗШЛ в першій групі склав $10,76^\circ$ ($6,33 \div 13,95$) а в другій – $16,7^\circ$ ($12,4 \div 21,27$). Різниця між групами по аналізованому показнику статистично значуща: $W=984,5$, $p<0,001$.

Аналогічно терміну спостереження «6 місяців» переконливого взаємозв'язку показника ЗШЛ і рівня неврологічних розладів не зареєстровано, в той час як відзначена виражена кореляція між ЗШЛ, СК і типом тілозамінно-стабілізуючої системи з прогностичною ефективністю моделі на рівні 60,5% при $F=107,4$ [2; 137], $p<0,001$.

Загальна динаміка зміни аналізованого показника представлена на *Рис. 6.20*. Отримані дані показують, що використання ТЗІ в якості тілозамінно-стабілізуючої системи забезпечує більш повне відновлення фізіологічної кривизни ШВХ в порівнянні з комбінованою системою.

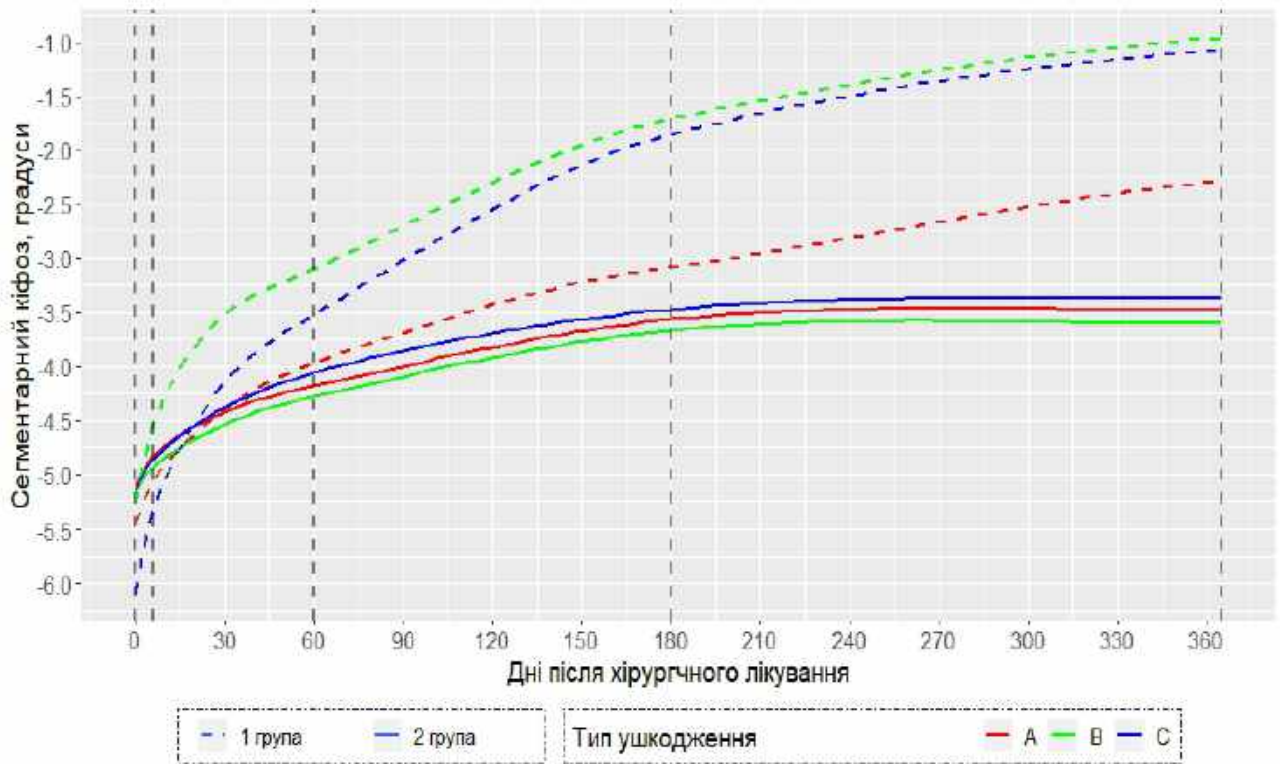


Рис. 6.19. Динаміка змін показника сегментарного кіфозу оперованого сегмента у пацієнтів аналізованих клінічних груп.

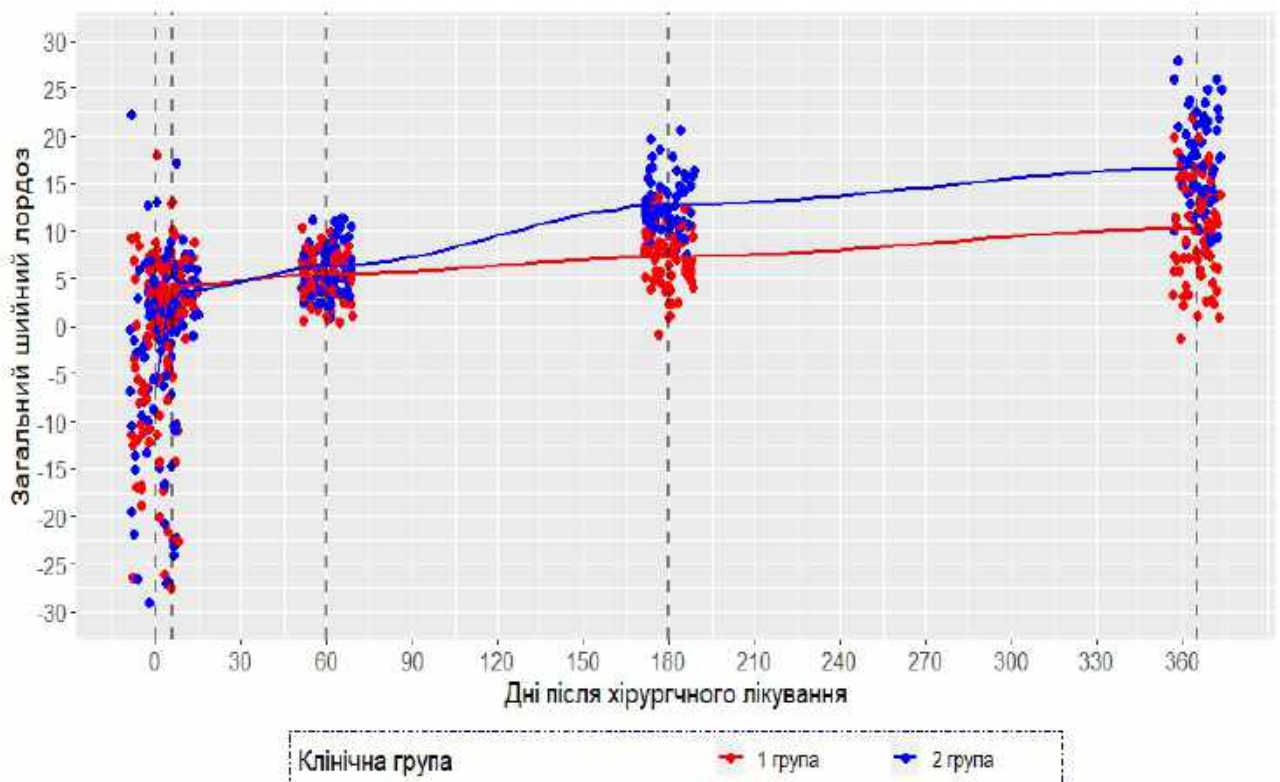


Рис. 6.20. Динаміка змін показника загального шийного лордозу у пацієнтів аналізованих клінічних груп.

При цьому, різниця реєструється в діапазоні «6-12 місяців післяопераційного періоду» і до певної міри корелює з показником СК. Отримані дані дозволяють припустити, що взаємозв'язок ЗШЛ і СК носить двосторонній характер, так, з одного боку, поглиблення шийного лордозу сприяє біомеханічній адаптації ШВХ і відповідно знижує навантаження на оперований ХРС, запобігаючи втрату корекції сегментарної ангуляції. З іншого боку, з огляду на анатомічну цілісність ШВХ, ЗШЛ до певної міри дублює показник СК, оперованого сегмента, оскільки фактично ЗШЛ і є сумою СК всіх ХРС ШВХ.

Динаміка регресу **неврологічного дефіциту** у пацієнтів обох клінічних груп за період 6-12 місяців після проведеного хірургічного лікування значно менш виражена, ніж на ранніх термінах спостереження. Так, зміна функціонального класу за шкалою ASIA відмічена всього у 14 постраждалих (10% всіх пацієнтів). При цьому, в першій клінічній групі зареєстрований перехід з В в С – 1 пацієнт, з С в D – 1 і з D в E – 4. У другій клінічній групі картина дещо відрізняється: з В в С – 3 пацієнта, з С в D – 3 і з D в E – 1 пацієнт.

За шкалою ISNCSCI за вказаний проміжок часу середній приріст у пацієнтів з імплантованою комбінованою тілозамінно-стабілізуючою системою склав $5,68 \pm 6,08$ бала, в той час як при застосуванні ТЗІ $12,2 \pm 14,1$ бала. З огляду на високу дисперсію результатів, нижче наведено аналіз в залежності від приналежності пацієнтів до класів ASIA. Відзначено, що при ASIA А, що спостерігається в 6 місяців післяопераційного періоду, динаміка до 12 місяців практично відсутня: $0,2 \pm 0,45$ і $1 \pm 1,67$ балів відповідно для першої та другої клінічних груп при $p=0,31$. Очевидно, що в даному випадку має місце похибка вимірювань, що не характеризує об'єктивну клінічну динаміку.

У постраждалих з класом В, регрес неврологічних розладів за друге півріччя післяопераційного періоду склав $11,4 \pm 4,1$ і $13,1 \pm 3,9$ балів відповідно для першої та другої груп спостереження, різниця, також, статистично не значима: $p=0,384$. Найбільш значний приріст відзначений у пацієнтів з класом С по ASIA, що склав $13,4 \pm 4,5$ і $34,8 \pm 10,2$ балів відповідно, при цьому відзначається статистично значуща перевага застосування ТЗІ в порівнянні з комбінацією

Mesh + вентральна пластина, $p < 0,001$. При функціональному D класі динаміка менш виражена. Так, в першій клінічній групі загальний приріст склав $8,92 \pm 4,2$ балів, тоді як у другій $21,9 \pm 9,1$ бала, різниця статистично значуща, $p < 0,001$. Загальна динаміка другого півріччя післяопераційного періоду представлена на *Рис. 6.21*.

Узагальнюючи особливості регресу неврологічних порушень у пацієнтів за весь період спостереження слід зазначити, що в цілому отримані нами дані відповідають описаним в літературі результатам терапії пацієнтів з травматичними ушкодженнями ШВХ на субаксіальному рівні. Динаміка переходів пацієнтів по функціональним класам шкали ASIA представлена в табл. 48 (Додаток А). Характерним є той факт, що ймовірність позитивної динаміки в значній мірі визначається вихідним рівнем неврологічних порушень. Так, при вихідному ASIA A зміни функціонального класу зареєстровані у 5 з 11 постраждалих, в той час як при ASIA D – у 37 з 47. При доопераційних функціональних розладах, що відповідають рівню ASIA A, B і C в жодному разі не зареєстровано повного відновлення неврологічних функцій, однак при ASIA C всі пацієнти до фінального терміну спостереження демонструють регрес дисфункції до ASIA D. Аналізуючи специфіку досліджуваного параметра при використанні різних типів тілозамінно-стабілізуючих систем слід зазначити, що загальна тенденція простежується як в першій, так і в другій клінічній групі (*Рис. 6.22*). При цьому більш детальна оцінка з використанням бальної системи ISNCSCI виявляє ряд відмінностей. Результати аналізу представлені в табл. 49 (Додаток А). Так, статистично значущі відмінності зареєстровані для пацієнтів з доопераційним рівнем функціональних порушень, відповідним ASIA B і C, при цьому більш виражена динаміка відновлення відзначена в другій клінічній групі.

Крім того, описана вище регресійна модель з взаємодією чинників: рівень неврологічних розладів, час до виконання хірургічного втручання, розмір фактору компресії, вік пацієнта і тип тілозамінно-стабілізуючої системи демонструє, стосовно до всього терміну спостереження, прогностичну ефективність на рівні 60% при $p < 0,001$.

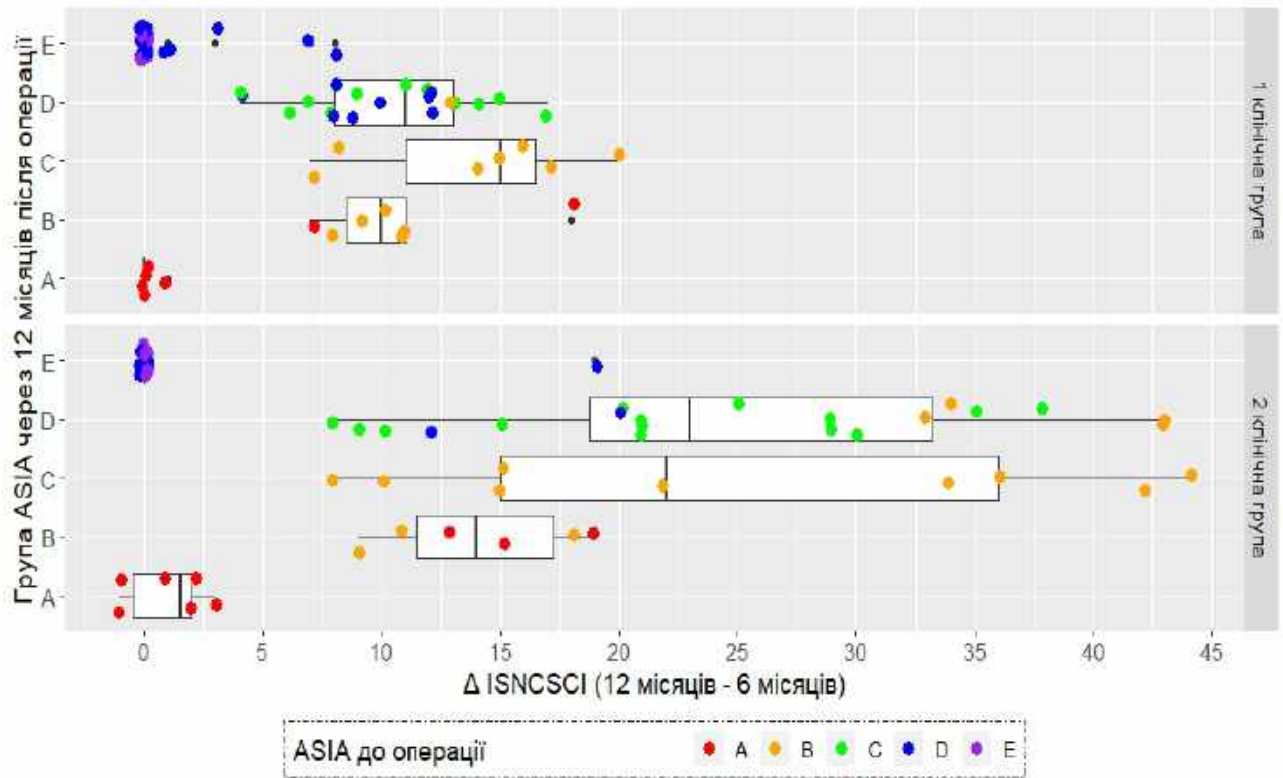


Рис. 6.21. Динаміка регресу неврологічних порушень в період «6 місяців – 12 місяців» після хірургічного лікування у пацієнтів аналізованих клінічних груп.

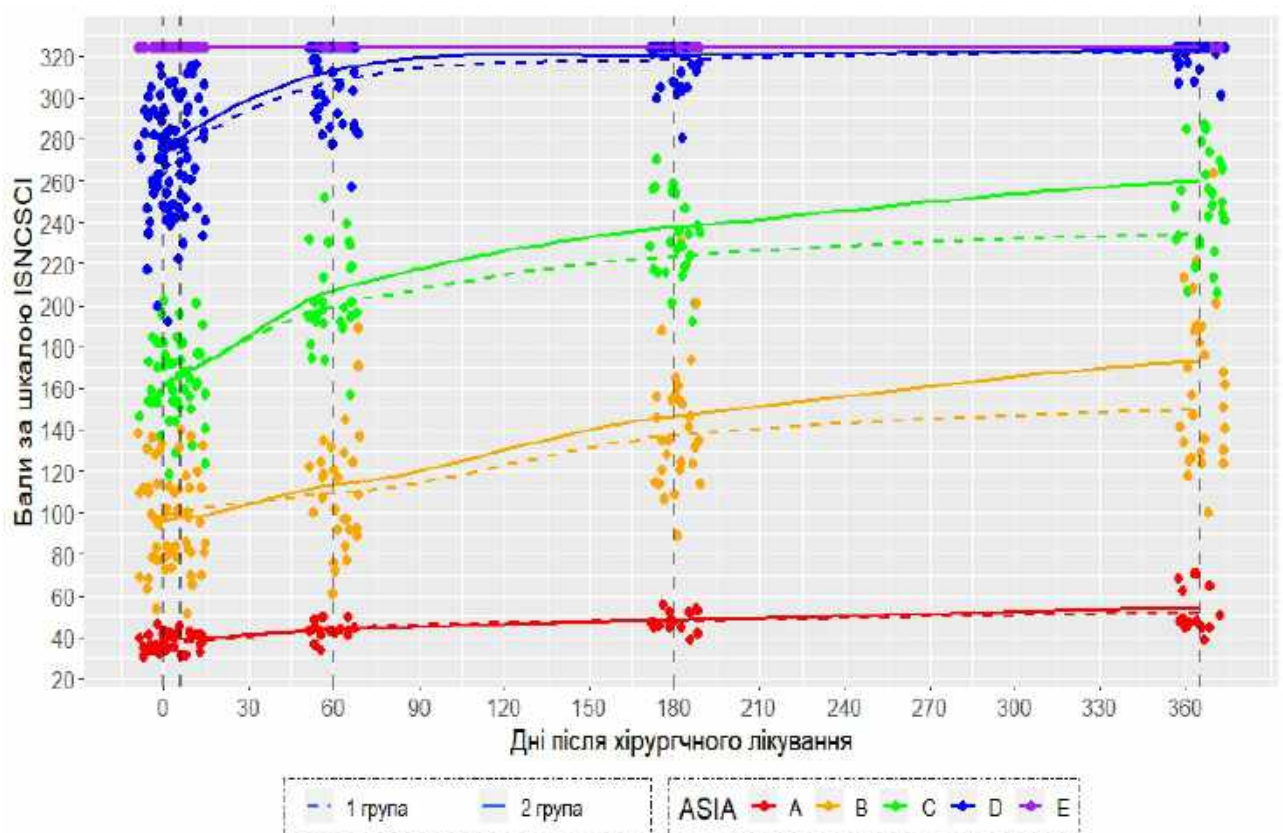


Рис. 6.22. Загальна характеристика неврологічного статусу пацієнтів аналізованих клінічних груп.

В той час при виключенні типу металоконструкції з переліку предикторів ефективність моделі становить 35%, $p < 0,001$, що також свідчить про значний вплив тілозамінно-стабілізуючої системи. Моделі без взаємодії характеризується значно нижчим коефіцієнтом детермінації: 0,1475, $p < 0,001$. Цей факт демонструє, що клінічна картина наслідків ХСМТ ШВХ на субаксіальному рівні визначається не тільки перерахованими вище предикторами, а й їх комбінаціями, що безумовно вимагає подальшого більш детального аналізу. Розглядаючи ступінь втрати сегментраного кіфозу в якості параметра, що до певної міри характеризує ступінь нестабільності оперованого сегмента, нами була проведена оцінка можливої кореляції значення втрати інтраопераційної корекції і регресу неврологічних розладів при різних функціональних ASIA класах. Отримані результати демонструють, що збільшення кіфозу в стабілізованих сегментах супроводжується уповільненням неврологічного відновлення для ASIA B і ASIA C, $p = 0,01$. Виявлена закономірність частково пояснює наведені вище дані про різну неврологічну динаміку, що спостерігається в межах аналізованих клінічних груп пацієнтів.

При дослідженні **інтенсивності больових відчуттів** реєструється тривале зниження аналізованого показника. Так, різниця з терміном спостереження «6 місяців» статистично значуща при $p = 0,001$. Розподіл по клінічних групах наступний. У пацієнтів з імплантованою комбінованою системою максимальний показник інтенсивності на рівні 5 балів відзначений у 1,4% пацієнтів, 4 бали – 5,6%. Переважно реєструється незначний рівень болю: 3 бали – 27,8% пацієнтів, 2 бали – 43,1% і 1 бал – 19,4%. При цьому, 2,8% постраждалих відзначають повну відсутність больових відчуттів, пов'язаних з аналізованою патологією, через рік після хірургічного втручання (Рис. 6.23).

У пацієнтів другої клінічної групи больові відчуття середнього ступеня відзначені у 4,4% – 4 бали. Незначну за інтенсивністю біль реєструють більшість пацієнтів: 3 бали за NRS – 7,4%, 2 бали – 48,5% та 1 бал – 25%. У 14,7% больові відчуття не відзначаються. Детальний аналіз розподілу параметра інтенсивності больових відчуттів за клінічними групами представлено в табл. 50 (Додаток А).

Звертає на себе увагу той факт, що максимальна варіабельність показника інтенсивності, як і більш високі значення, відзначаються в групах з незначними функціональними порушеннями або їх відсутністю, в той час як при грубих неврологічних розладах отримані дані характеризуються значно меншою дисперсією. Цей факт, очевидно відображає суб'єктивність самооцінки. Так, у разі, коли біль є єдиним чи головним наслідком перенесеної ХСМТ, то акцентуація на ній пацієнтів максимальна. У тих же випадках, коли основним для потерпілого є рухові розлади, оцінка болю йде на другий план.

При порівнянні клінічних груп за розподілом аналізованого показника на фінальному терміні спостереження статистично значущі відмінності реєструються тільки у пацієнтів, віднесених до функціонального класу ASIA E ($p=0,006$). При цьому, з огляду на відсутність неврологічних порушень у цих постраждалих, очевидно, що дана категорія є оптимальною для виявлення відмінностей, обумовлених саме типами аналізованих тілозамінно-стабілізуючих систем. Загальна динаміка зміни показника інтенсивності больових відчуттів протягом всіх термінів спостереження представлена на *Рис. 6.24*.

Оцінка якості життя виконувалася на фінальному терміні спостереження із застосуванням опитувальника SF-36. З метою виключення впливу грубих неврологічних розладів на результати тестування, оцінка якості життя виконувалася у пацієнтів, неврологічний статус яких відповідав класам D або E шкали ASIA. Опрацьовано анкети у 29 постраждалих першої клінічної групи і 24 – другої клінічної групи.

Надійність результатів дослідження оцінювалася шляхом перевірки внутрішньої узгодженості отриманих відповідей в межах кожної з шкал, а також в цілому по SF-36 на основі тесту альфа Кронбаха (Табл. 51, Додаток А).

Аналізуючи наведені дані необхідно відзначити, що загальна оцінка узгодженості результатів по SF-36 оцінюється як «хороша», згідно з відомою шкалою інтерпретації надійності психологічних тестів.

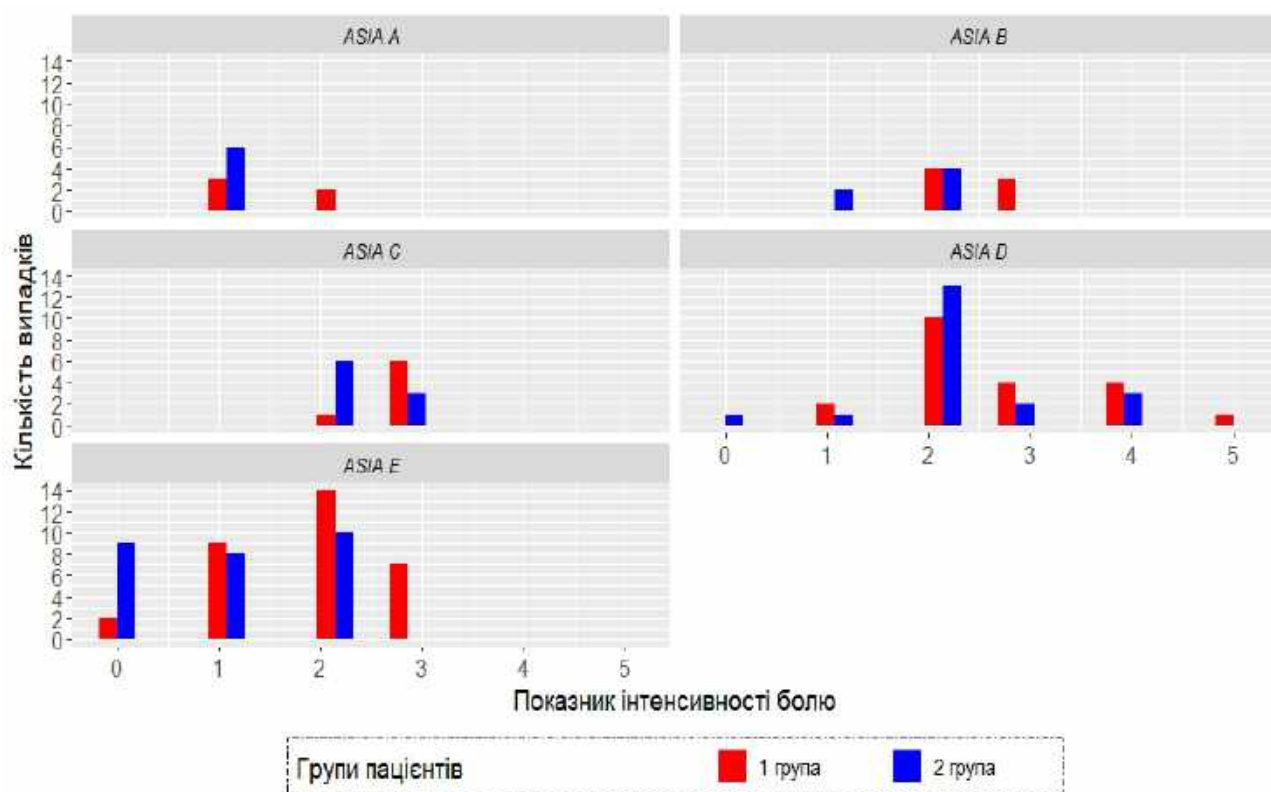


Рис. 6.23. Інтенсивність больових відчуттів у пацієнтів клінічних груп через 12 місяців після хірургічного втручання.

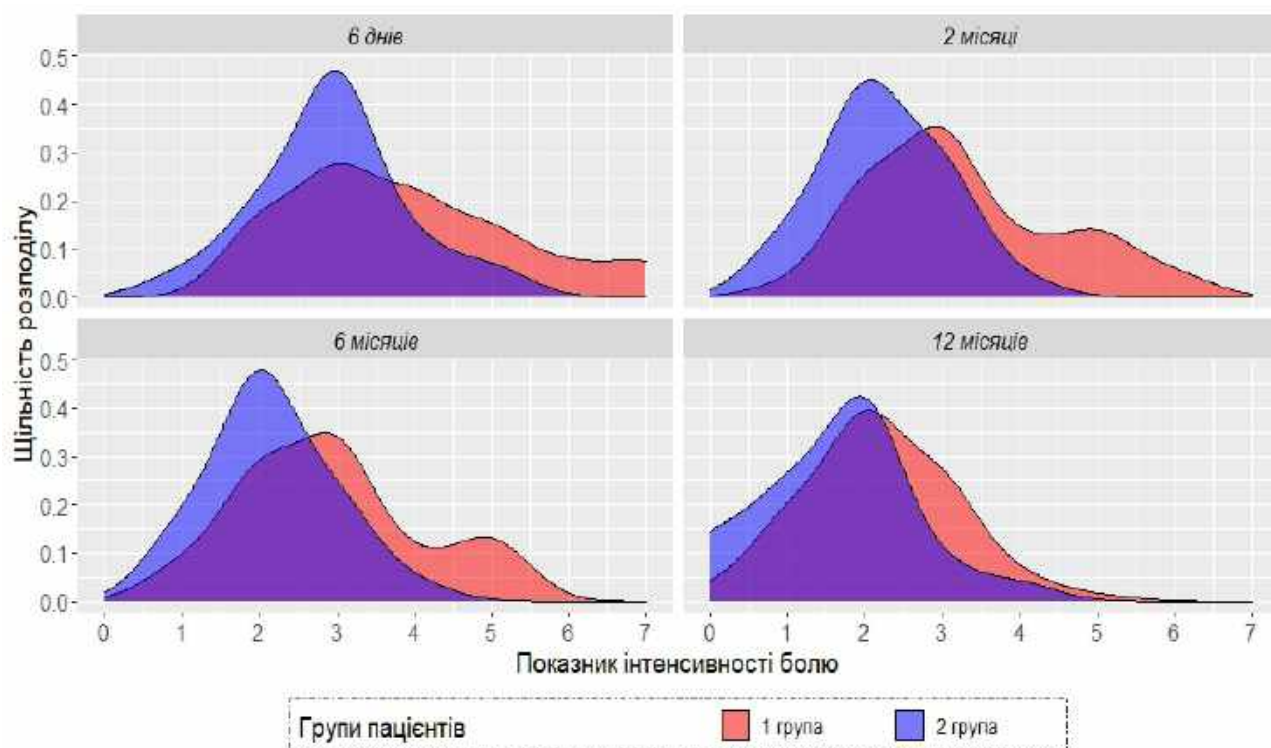


Рис. 6.24. Загальна характеристика інтенсивності больового синдрому у пацієнтів аналізованих клінічних груп.

Детальний аналіз за шкалами опитувальника виявляє такі закономірності: найбільша узгодженість і достовірність реєструється в розділах, що описують фізичну складову якості життя пацієнтів аналізованих груп. Так, найбільше значення альфи зареєстровано для шкали, що характеризує рольові обмеження через стан фізичного здоров'я (RP) і становить 0,891. Досить близькі за рівнем достовірності показники фізичного функціонування (PF) і інтенсивності болю (BP), альфа склали 0,874 і 0,881 відповідно. Показник загального стану здоров'я (GH) відповідає достатньому рівню достовірності ($\alpha > 0,7$).

Аналіз шкал психологічної складової якості життя характеризуються наступним рівнем узгодженості: життєва активність (VT) – «достатній»; рольове функціонування, обумовлене емоційним станом (RE) – «хороший». Показники соціального функціонування (SF) і психічного здоров'я (MH) демонструють альфу Кронбаха діапазону $0,7 > \alpha > 0,6$, що відповідає досить низькій надійності отриманих результатів, однак допускає подальшу обробку і інтерпретацію, тому що перевищує критичний рівень ($\alpha > 0,5$). Після статистичної обробки та аналізу отримані наступні результати (Рис. 6.25).

Фізичне функціонування (PF) – характеризує фізичну активність, що включає ходьбу, підйом по сходах, перенесення ваги, рівень самообслуговування, а також виконання фізичних навантажень різної інтенсивності. Включає 10 питань, які відображають обсяг повсякденного фізичного навантаження, який не обмежений станом здоров'я. Мінімальні значення відповідають значним обмеженням в будь-якому вигляді фізичної активності, що включають здатність виконувати елементарні гігієнічні процедури і одягатися; максимальні – здатність виконувати будь-які види фізичних навантажень, в тому числі найактивніші, без будь-яких обмежень через стан здоров'я. Для першої групи пацієнтів показник становить $(36,72 \pm 0,94\%)$, тоді, як для другої – $(41,88 \pm 1,08\%)$. Різниця статистично достовірна при $p = 0,001$.

Рольове фізичне функціонування (RP) – характеризує роль фізичних проблем в обмеженні повсякденної життєдіяльності. Включає 4 питання, що стосуються труднощів в роботі або іншої звичайної повсякденної активності.

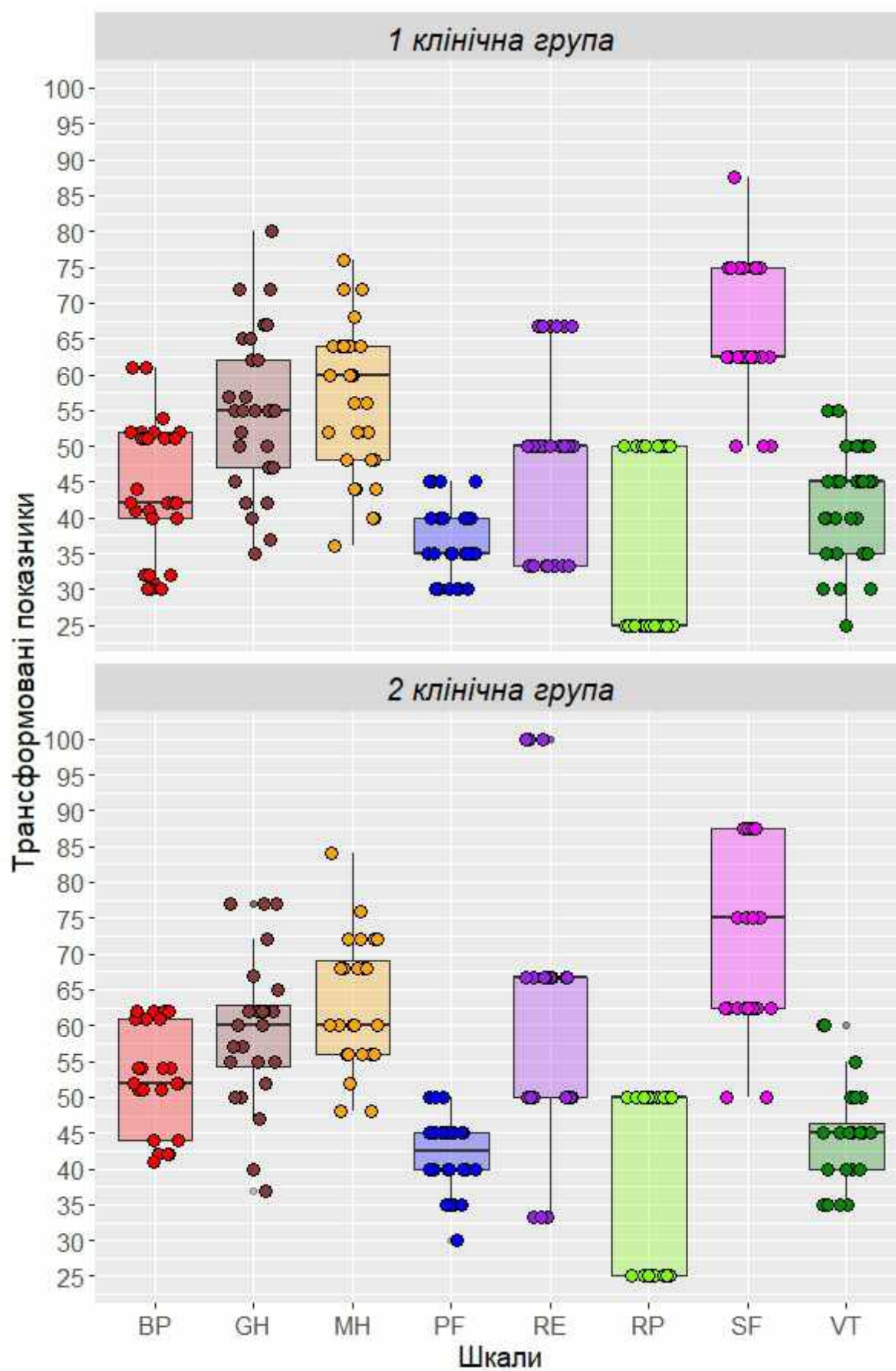


Рис. 6.25. Результати оцінки якості життя із застосуванням опитувальника SF-36.

Враховує обсяг виконання і час, витрачений на будь-яку діяльність. Мінімальні значення демонструють значні труднощі або неможливість виконання професійної діяльності, чи іншого виду активності в зв'язку з поточним станом здоров'я; максимальні – відсутність будь-яких обмежень, обумовлених фізичним станом респондента. Для аналізованих груп пацієнтів показник RP становить $(31,9 \pm 2,1\%)$ і $(40,63 \pm 2,5\%)$ відповідно для груп пацієнтів з імплантованою комбінованою системою і моноконструкцією. Різниця значуща при $p=0,029$.

Шкала болю (BP) – оцінює ступінь інтенсивності больових відчуттів і їх вплив на здатність займатися нормальною діяльністю, включаючи роботу по дому і поза ним протягом останніх 4-х тижнів. Включає 2 питання. Мінімальні значення характеризуються постійної інтенсивної болем, що перешкоджає будь-якому виду активності, а максимальні – повній відсутності больових відчуттів. Аналізований показник BP склав $(44,21\% \pm 1,75\%)$ і $(52,21 \pm 1,54\%)$ відповідно для першої та другої груп постраждалих. Відмінності достовірні з імовірністю більше 99,87%.

Загальний стан здоров'я (GH) передбачає оцінку хворим свого стану здоров'я в даний момент і перспективи лікування. Шкала складається з 5 питань. Мінімальні значення визначаються вкрай низькою самооцінкою рівня здоров'я і впевненістю в подальшому прогресуючому погіршенню; максимальні – при оцінці респондентом рівня свого здоров'я як «відмінне». Для першої і другої аналізованих груп показники становлять відповідно $(54,93 \pm 2,05\%)$ і $(59,17 \pm 2,15\%)$ при $p=0,151$.

Шкала життєздатності (VT) характеризує оцінку пацієнтом повноти сил і енергії. Розраховується на підставі 4 питань. Низькі бали свідчать про втому і зниження життєвої активності тестованих, високі – характерні для повних сил і енергії респондентів. Отримані дані то VT для першої і другої груп складають відповідно $(42,07 \pm 1,44\%)$ і $(44,38 \pm 1,48\%)$. Різниця статистично не значима ($p=0,472$).

Шкала соціального функціонування (SF) демонструє ступінь, на скільки фізичний або емоційний стан обмежує соціальну активність. Визначається відповідями на 2 питання. Оцінює задоволеність спілкуванням, проведенням часу з друзями, родиною, сусідами, співробітниками. Мінімальні значення характеризують значний і часто негативний вплив на нормальну соціальну активність фізичних або емоційних проблем, максимальні – відсутність будь-якого взаємозв'язку між соціальним функціонуванням і рівнем здоров'я, як фізичного, так і психічного. У нашому дослідженні отримані наступні результати: у пацієнтів з імплантованою під час хірургічного лікування комбінованою системою Mesh і вентральною пластиною, показник SF склав $(65,52 \pm 1,6\%)$, в той час як при застосуванні ТЗІ – $(72,4 \pm 2,6\%)$, $p=0,057$.

Рольове емоційне функціонування (RE) передбачає самооцінку пацієнтом впливу емоційного стану на виконання роботи або будь-якої повсякденної діяльності. Визначається 3 питаннями, характеризує витрати часу і обсяг виконаної роботи, оцінку її якості. Мінімальні значення шкали характеризують значні складності в професійній або побутової діяльності з огляду на емоційний стан; максимальні – відсутність будь-яких проблем. Результати для першої і другої груп пацієнтів $(48,27 \pm 2,24\%)$ і $(61,11 \pm 3,84\%)$ при $p=0,011$.

Психічне здоров'я (MH) є критерієм наявності тривоги, невпевненості, депресії, оцінює загальний показник позитивних емоцій, характеризує настрій. Мінімальні значення характеризують наявність постійної нервозності, депресії, невпевненості в завтрашньому дні, в той час як максимальні – умиротворення, спокій і щастя. Для першої і другої груп респондентів показник MH склав відповідно $(56,28 \pm 1,95\%)$ і $(63,17 \pm 1,87\%)$. Різниця статистично достовірна при $p=0,035$.

При порівнянні груп пацієнтів з імплантованими різними системами для субаксіального спондилодезу відзначається переконлива перевага застосування моноконструкції – телескопічного тілозамінного імпланта. Так, підбиваючи підсумки статистичної обробки отриманих даних, враховуючи, як альфу Кронбаха, так і критерій Манна-Уїтні, можна сказати, що достовірну перевагу

ТЗІ відзначено за шкалами PF, RP, BP, RE. Подібна закономірність, очевидно пояснюється тим, що використання моноконструкції при виконанні субаксіального спондилодезу забезпечує більш рівномірний розподіл навантаження між структурно-функціональними елементами оперованого хребта, сприяє кращому збереженню шийного лордозу, регресу неврологічних розладів і больового синдрому [143].

ВИСНОВОК

Отримані дані демонструють різну динаміку зміни всіх аналізованих показників. Так, показник сегментарного кифозу оперованого сегмента в першій клінічній групі до фінального терміну спостереження становить $-1,65^\circ$ ($-2,63 \div 0,99$), в той час як у другій: $-3,39^\circ$ ($-3,82 \div -3,14$), різниця статистично достовірна ($p < 0,005$). При цьому зазначено, що втрата інтраопераційно досягнутої корекції практично повністю припиняється до 6 місяців післяопераційного періоду, в той час як при використанні комбінованої системи динаміка значима аж до фінального терміну спостереження.

При аналізі стану загального шийного лордозу відзначено, що в ранньому післяопераційному періоді відзначається втрата фізіологічної кривизни ШВХ практично у всіх пацієнтів, при цьому ступінь сплюснення залежить переважно від глибини неврологічних розладів ($r^2 = 0,566$, $p < 0,001$). Через 2 місяці після хірургічного втручання і на більш пізніх термінах реєструється вплив показника сегментарного кифозу і типу системи стабілізації, з більш ефективним відновленням природної кривизни ШВХ в другій клінічній групі ($r^2 = 0,605$, $p < 0,001$). Таким чином, до фінального терміну показник ЗШЛ в першій групі склав $10,76^\circ$ ($6,33 \div 13,95$) а в другій – $16,7^\circ$ ($12,4 \div 21,27$), різниця статистично значуща: $p < 0,001$.

У ранньому післяопераційному періоді відзначена позитивна неврологічна динаміка, переважно при вихідних незначних функціональних порушеннях. Реєструється виражений взаємозв'язок між динамікою регресу з доопераційними показниками за шкалою ISNCSCI, віком постраждалих, часом,

що пройшов від моменту травми до виконання декомпресивно-стабілізуючого втручання і розміром фактору компресії ($r^2=0,7336$, $p<0,001$). Починаючи з 2 місяців післяопераційного періоду і на всьому протязі дослідження відзначено статистично значущу перевагу застосування ТЗІ за рахунок достовірно більш вираженого приросту загальної суми балів за шкалою ISNCSCI у пацієнтів, віднесених до ASIA C (1 група: $50,6\pm 9,17$; 2 група: $76,9\pm 21,7$; $p<0,001$) і ASIA D (1 група: $73,2\pm 10,8$; друга група: $99,2\pm 16,1$; $p<0,001$). Крім того, відзначено, що збільшення кіфозу в стабілізованих сегментах супроводжується уповільненням регресу неврологічних порушень ($p=0,01$).

При аналізі інтенсивності больових відчуттів в ранньому післяопераційному періоді в другій клінічній групі реєструються статистично значимо більш низькі показники в порівнянні з пацієнтами, у яких використовувалася комбінована тілозамінно-стабілізуюча система ($p<0,001$). До двох місяців післяопераційного періоду статистично нижчі показники шкали NRS в другій клінічній групі відзначені у пацієнтів з ASIA B ($p=0,038$), ASIA D ($p=0,037$) і ASIA E ($p=0,016$). Схожа тенденція спостерігається і через 6 місяців після хірургічного втручання. До фінального терміну спостереження інтенсивність больових відчуттів значно регресує і значущі відмінності реєструються у пацієнтів з функціональним класом ASIA E ($p=0,006$).

При аналізі якості життя із застосуванням SF-36 на фінальному терміні спостереження відзначені статистично значущі відмінності за наступними шкалами: Фізичне функціонування (1 група: $36,72\pm 0,94\%$; друга група: $41,88\pm 1,08\%$, $p=0,001$), Рольове фізичне функціонування (1 група: $31,9\pm 2,11\%$; 2 група: $40,63\pm 2,52\%$; $p=0,029$), Шкала болю (1 група: $44,21\%\pm 1,75\%$; друга група: $52,21\pm 1,54\%$; $p=0,0013$) і Рольове емоційне функціонування (1 група: $48,27\pm 2,24\%$; 2 група: $61,11\pm 3,84\%$, $p=0,011$).

Отримані дані дозволяють розглядати ТЗІ як більш перспективну конструкцію для виконання вентрального субаксіального цервікоспондилодезу у пацієнтів з травматичним ушкодженням ШВХ на субаксіальному рівні.

ПІДСУМКИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Проведений аналітичний огляд сучасного стану проблеми лікування травматичних ушкоджень шийного відділу хребта на субаксіальному рівні показав, що ряд тактичних аспектів залишаються вельми дискутабельними. Зокрема, недостатньо вивчені причини несприятливих результатів хірургічних втручань із застосуванням телозамінних конструкцій і не розроблені шляхи їх попередження. Існують різні погляди на вибір телозамінних імплантатів і способів їх фіксації. При цьому, не завжди враховується та біомеханічно обґрунтовується ризик втрати корекції деформації, досягнутої під час операції. Дуже мізерні і суперечливі дані про передопераційне планування вибору імплантату, його розмірів, способу установки і фіксації для оптимального відновлення передньої опори і СБ. Наведений хронологічний огляд розробки і впровадження в клінічну практику тілозамінно-стабілізуючих систем продемонстрував, що широке використання Mesh як імпланта при виконанні вентрального субаксіального спондилодезу визначається скоріше його універсальністю і економічною доцільністю, ніж суто медичними показаннями. При цьому, досить велика кількість робіт, присвячених проблемі післяопераційних деформацій аргументовано демонструє неможливість використання Mesh без додаткової фіксації, що практично повністю нівелює економічні переваги цієї конструкції в порівнянні з іншими методами тілозаміщення і стабілізації.

Основним напрямком цього дослідження було вивчення впливу ступеня і характеру спондилометричних змін, які реєструються на різних термінах післяопераційного періоду і в значній мірі визначаються типом використаної тілозамінно-стабілізуючої системи, на клінічну картину, що спостерігається у пацієнтів, які перенесли ХСМТ на субаксіальному рівні ШВХ, зокрема на інтенсивність больових відчуттів, швидкість і повноту регресу неврологічних розладів, якість життя постраждалих. Слід зазначити, що концепція поділу результатів ХСМТ на ортопедичну і неврологічну складові, яка склалася історично, зберігається і до теперішнього часу, тому, при аналізі даних

літератури нами не виявлено досліджень, спрямованих на вивчення взаємозв'язку розглянутих параметрів, що певною мірою визначає наукову новизну і актуальність отриманих результатів

Проведений аналіз і статистична обробка даних пацієнтів в доопераційному періоді ХСМТ на субаксіальному рівні ШВХ дозволив виявити певні закономірності і взаємозв'язки параметрів, що характеризують ушкодження osteo-лігаментозного апарату і ступінь дисфункції невральних структур.

Так, виявлено, що механізм отриманої травми не визначає ні ступінь, ні характер ушкодження ХРС ($\chi^2=7,946, p=0,242$).

Найбільші значення локальної кіфотичної деформації спостерігаються при А1, А2 і С типах ушкодження згідно класифікації AOSpine і становлять відповідно $13,51^\circ$ ($8,18 \div 20,07$), $21,8^\circ$ ($20,12 \div 22,96$) і $20,01^\circ$ ($17,52 \div 21,99$).

Максимальні значення відхилень від нормального сагітального контуру зареєстровані у пацієнтів з типом А2 і С ушкоджень: $-26,77^\circ$ ($-32,78 \div -20,91$) і $-26,70^\circ$ ($-36,30 \div -16,77$) відповідно.

Показники шийного лордозу і сегментарного кіфозу в значній мірі пов'язані між собою, причому найбільша кореляція відзначається при локальному кіфозі ХРС від 0° до 5° ($r=-0,93, p<0,0001$), і від 5° до 10° ($r=-0,638, p=0,0006$). При високих показниках кіфозу значення шийного лордозу схильні до значної варіації, що вірогідно обумовлено великим впливом компенсаторних механізмів.

Виявлено помірну кореляцію розмірів фактору компресії і характеру ушкодження ХРС ($r^2=0,56$) а також розмірів фактору компресії і ступеня ушкодження ХРС ($r^2=0,56, p<0,001$).

При аналізі методів оцінки неврологічного статусу продемонстрована значна кореляція між шкалами ISNCSCI і ASIA, визначені коефіцієнти, що дозволяють з 95% точністю виконувати перерахунок показників з однієї шкали в іншу.

Оцінка і аналіз даних МРТ дозволили констатувати, що візуалізований характер травматичних змін СМ може з 85% ймовірністю передбачити рівень неврологічних розладів ($p < 0,001$).

При оцінці залежності ступеня вираженості неврологічної дисфункції від типу ушкодження ХРС встановлено, що найбільш тяжка неврологічна симптоматика спостерігається в групах А4 і С по класифікації AOSpine.

Ступінь нестабільності, що визначався за шкалою CSISS, ізольовано в незначній мірі визначає глибину неврологічних розладів, проте поєднання чинників, тобто ступінь + характер ушкодження ХРС на 42,5% детермінує неврологічний дефіцит постраждалих ($p < 0,001$).

Розмір фактору компресії має певну кореляцію з показниками неврологічної дисфункції ($r^2 = 0,56$, $p < 0,001$). Так, збільшення ФК на кожен міліметр більше 6 мм призводить до середнього зменшення сумарної оцінки за ISNCSCI на 14 балів. При розмірі ФК до 6 мм кореляція статистично не значуща.

Комплексна оцінка всіх аналізованих чинників дозволила визначити найбільш критичні для розвитку неврологічних розладів параметри травми ШВХ на субаксіальному рівні: ступінь і характер ушкодження, розмір фактору компресії і ступінь сегментарної деформації. Статистично достовірне підвищення прогностичної інформативності моделі при врахуванні внутрішньої взаємодії факторів підтверджує той факт, що в розвитку неврологічного дефіциту у постраждалих грає роль комплекс різноманітних факторів. І відповідно, як з метою прогнозування результатів, так і визначення оптимальної тактики терапії може бути використаний виключно комплексний підхід, що враховує як osteo-лігаментозні ушкодження, так і неврологічні прояви досліджуваної ХСМТ.

Біомеханічні особливості ШВХ після виконання вентрального субаксіального цервікоспондилодезу вивчалися з використанням комп'ютерного моделювання. При побудові кінцево-елементних моделей ШВХ із заміщенням тіла хребця С5 різними видами тілозамінно-стабілізуючих систем виявлені принципово різні паттерни розподілу навантаження. При цьому ТЗІ демонструє

найнижчий рівень напружень в елементах моделі при навантаженнях на стиск і нахилі голови вперед. Так, при стисненні застосування ТЗІ забезпечує зниження пікових навантажень, в порівнянні з комбінованою системою: на замикальних пластинах хребців, суміжних з видаленим на 20,1%, на фіксуєчих монокортикальних гвинтах на 50,8%, на зубцях на 64,3%. При флексії: на замикальних пластина на 36,9%, на гвинтах на 48,3%.

Отримані дані свідчать про те, що стабілізуючі можливості ТЗІ більше, в порівнянні з комбінованою системою, а напруга і навантаження на елементи хребців нижче, що в значній мірі запобігає резорбції кісткової тканини, забезпечує максимальне збереження інтраопераційно сформованого сагітального профілю оперованого сегмента і сприяє досягненню первинно стабільного спондилодезу. Крім того, показано, що наявність додаткового кріплення дозволяє знизити рівень максимальних напружень в кістковій тканині хребців, що контактує з імплантатом.

При визначенні показань до виконання хірургічного втручання нами використано комплексний підхід, що враховує велику кількість різномірних критеріїв, які в тій чи іншій мірі характеризують ХСМТ на субаксіальному рівні ШВХ. При цьому характерно, що до теперішнього часу не сформовано єдиних загальновизнаних критеріїв визначення тактики терапії постраждалих з травматичним ушкодженням ШВХ на субаксіальному рівні, а існуючі схеми і алгоритми як правило базуються на 1-2 факторах, що практично повністю виключає індивідуальну тактичну спрямованість лікувального процесу.

При побудові загальної тактичної схеми в якості первинних критеріїв використано спондилометричні характеристики травматичного ушкодження ШВХ, як найбільш доступні практично на всіх рівнях надання медичної допомоги постраждалим з одного боку, і які не потребують динамічного спостереження за пацієнтами – з іншого.

Абсолютними критеріями до виконання вентрального декомпресивно-стабілізуючого хірургічного втручання на субаксіальному рівні ШВХ

розглядалися ушкодження типу А4, В2, В3 і С по класифікації AOSpine. Для інших типів ушкоджень показаннями були:

- ступінь osteo-лігаментозного ушкодження відповідно до системи оцінки CSISS – 7 балів і більше, як критерій, що характеризує рівень нестабільності травмованого ХРС і прогнозує можливе виникнення/ наростання неврологічного дефіциту у постраждалих через вторинне травмування невральних структур хребетного каналу;

- сегментарна кіфотична деформація 5° і більше – критерій, який визначає можливість виконання корекції сагітального профілю травмованого ШВХ без виконання резекції тіла компримованого хребця при відсутності інших показань до декомпресії;

- розмір фактору компресії більше 5 мм – характеризує ступінь впливу травматичного субстрату на структури хребетного каналу і є провідним при визначенні як типу, так і обсягу хірургічної корекції. Найбільш критичний для ушкоджень типу В1 і С, при яких, найчастіше, ортопедично більш доцільним є задній спондилодез;

- явища ліквородинамічних розладів на рівні травматичного ушкодження оцінювалися при виконанні МРТ. В якості граничного критерію, що визначає показання до вентральної декомпресії, стало звуження вентрального лікворного простору на рівні травми на 50% і більше;

- будь-яке погіршення неврологічного статусу пацієнта в динаміці розглядалося нами як абсолютне показання до хірургічної декомпресії, як методу, що максимально сприяє збереженню/відновленню неврологічної функції.

Обробка даних, отриманих при спостереженні за пацієнтами аналізованих клінічних груп в післяопераційному періоді дозволяє визначити ряд особливостей щодо основних показників, що характеризують ХСМТ ШВХ на субаксіальному рівні.

Сегментарний кіфоз

Інтраопераційно корекція СК більш дозована при використанні ТЗІ, ніж комбінованої системи. У ранньому післяопераційному періоді у всіх пацієнтів спостерігається певна втрата корекції, яка не залежить від типу ушкодження ХРС, проте використання ТЗІ забезпечує більше збереження інтраопераційно сформованої ангуляції. Цей факт, вірогідно обумовлений конструктивними особливостями тілозамінних систем. Термін спостереження 2 місяці післяопераційного періоду характеризується триваючою втратою корекції, більш вираженою в першій клінічній групі. При цьому, використання комбінованої системи визначає взаємозв'язок ступеня ушкодження ХРС і втрати ангуляції. У другій клінічній групі подібна закономірність не простежується. Дані, отримані в 6 місяців післяопераційного періоду, демонструють збільшення різниці ефективності збереження сегментарного контуру оперованого сегменту при використанні різних типів тілозамінно-стабілізуючих систем. До фінального терміну спостереження динаміка зміни СК значно сповільнюється, при цьому відзначено, що застосування ТЗІ забезпечує більш ранню, в порівнянні з комбінованою системою, стабілізацію показника сегментарного профілю і меншу втрату досягнутої корекції [144].

Загальний шийний лордоз

У ранньому післяопераційному періоді відзначається втрата фізіологічної кривизни ШВХ практично у всіх пацієнтів, при цьому ступінь сплюснення ЗШЛ визначається переважно глибиною неврологічних розладів і не залежить від типу використаної тілозамінно-стабілізуючої системи. Через 2 місяці після хірургічного втручання подібна закономірність зберігається, проте додатково визначається вплив значення СК і типу системи стабілізації, з більш ефективним відновленням природної кривизни ШВХ в другій клінічній групі. До 6 місяців післяопераційного періоду спостерігається тенденція до відновлення показника ЗШЛ, при цьому, реєструється статистично значуща різниця при використанні різних видів тілозамінно-стабілізуючих систем. Виявлено залежність ЗШЛ від значення СК, в той час як рівень неврологічних розладів до даного терміну не

надає статистично значимого впливу. На фінальному терміні спостереження відзначається виражена кореляція між ЗШЛ, СК і типом тілозамінно-стабілізуючої системи. При цьому зазначено, що використання ТЗІ в забезпечує більш повне відновлення фізіологічної кривизни ШВХ в порівнянні з комбінованою системою.

Регрес неврологічних розладів

У ранньому післяопераційному періоді відзначена позитивна неврологічна динаміка, переважно при вихідних незначних функціональних порушеннях. Реєструється виражений взаємозв'язок між динамікою регресу, доопераційними показниками за шкалою ISNCSCI, віком постраждалих, часом, що пройшов від моменту травми до виконання декомпресивно-стабілізуючого втручання і розміром фактору компресії. Залежності ступеня відновлення від типу системи стабілізації на даному терміні не виявлено. До 2 місяців післяопераційного періоду відзначається досить виражена позитивна неврологічна динаміка. Відзначено певну перевагу застосування ТЗІ в порівнянні з комбінованою системою, що відбивається в достовірно більш вираженому прирості загальної суми балів шкали ISNCSCI у пацієнтів з вихідним функціональним класом В і С, в той час як у постраждалих з легкими неврологічними розладами різниці не зареєстровано. При аналізі даних, отриманих через 6 місяців після хірургічного втручання, звертає на себе увагу значна позитивна динаміка у пацієнтів з важкими травматичними ушкодженнями СМ, що найбільш виражено у пацієнтів, віднесених до класу В згідно шкали ASIA, при цьому реєструється статистично значуща різниця у пацієнтів першої і другий клінічних груп спостереження. Пацієнти, з функціональними порушеннями типу С і D також демонструють позитивну неврологічну динаміку, яка статистично більш виражена у постраждалих з імплантованою ТЗІ в порівнянні з комбінованою системою. У низки пацієнтів, віднесених до функціонального класу ASIA А відзначений деякий регрес неврологічних розладів, при цьому найбільш значущими факторами виявляються ступінь ушкодження СМ і час виконання декомпресивно-

стабілізуючого втручання в діапазоні 8-24 години з моменту отримання травми. До фінального терміну спостереження динаміка регресу неврологічного дефіциту у пацієнтів обох клінічних груп значно менш виражена. Аналізуючи весь термін спостереження відзначається, що статистично значущі відмінності зареєстровані для пацієнтів з доопераційним рівнем функціональних порушень, відповідним ASIA B і C, при цьому більш виражена динаміка відновлення відзначена в другій клінічній групі. Крім того, відзначено, що збільшення кіфозу в стабілізованих сегментах супроводжується уповільненням неврологічного відновлення для ASIA B і ASIA C. Виявлена закономірність частково пояснює отримані дані про різну неврологічну динаміку, що спостерігається в аналізованих клінічних групах пацієнтів.

Інтенсивність больових відчуттів

У ранньому післяопераційному періоді в другій клінічній групі реєструються статистично значимо більш низькі показники в порівнянні з пацієнтами, у яких використовувалася комбінована тілозамінно-стабілізуюча система, що за нашими даними визначається переважно різною технікою виконання хірургічного втручання. Крім того, визначено виражений зв'язок ступеня і типу больових відчуттів з рівнем неврологічних розладів. Максимальні значення реєструються у пацієнтів з ASIA D. До двох місяців післяопераційного періоду статистично нижчі показники шкали NRS в другій клінічній групі відзначені у пацієнтів з ASIA B, ASIA D і ASIA E. Термін спостереження 6 місяців післяопераційного періоду характеризується зниженням больових відчуттів переважно за рахунок груп ASIA D і ASIA E, в той час як пацієнти з більш важкими ушкодженнями невральних структур демонструють відносно стабільний рівень больових відчуттів. До фінального терміну спостереження у більшості пацієнтів реєструється незначний рівень болю. Статистично значуща перевага по аналізованому показнику реєструється при використанні ТЗІ у пацієнтів з ASIA E.

Оцінка якості життя

При порівнянні клінічних груп виявлено статистично значущу перевагу використання ТЗІ за шкалами *Фізичне функціонування, Рольове фізичне функціонування, Шкала болю і Рольове емоційне функціонування*.

Слід зазначити, що в обох аналізованих клінічних групах виконувалося однотипне хірургічне втручання. При цьому, зареєстрована нами різниця в динаміці регресу неврологічних розладів, вираженості больових відчуттів і якості життя може визначатися тільки опосередкованим впливом, оскільки сам тип системи стабілізації не має безпосереднього впливу на зазначені параметри. Нами було продемонстровано, що клінічна картина травматичного ушкодження ШВХ на субаксіальному рівні визначається значною кількістю різноманітних факторів, вплив кожного з яких як ізольовано, так і при взаємодії з іншими факторами має вплив на перебіг і результат захворювання. Тому, такі параметри як ступінь і швидкість формування первинно- і вторинно-стабільного спондилодезу, ступінь сегментарної ангуляції і стану кривизни ШВХ, що визначаються системою стабілізації, мають не стільки ортопедичну, скільки нейрохірургічну значимість в терапії пацієнтів з травмою ШВХ, що супроводжується різним ступенем ушкодження невральних структур.

Таким чином, отримані дані дозволяють розглядати ТЗІ як більш перспективну конструкцію для виконання вентрального субаксіального цервікоспондилодезу у пацієнтів з травматичним ушкодженням ШВХ на субаксіальному рівні.

ВИСНОВКИ

У дисертації представлено теоретичне узагальнення і здійснено вирішення наукової і практичної проблеми покращення результатів хірургічного лікування травматичних ушкоджень шийного відділу хребта на субаксіальному рівні на основі аналізу ефективності різних типів тілозамінно-стабілізуючих систем.

1. Аналіз літературних даних методів хірургічного лікування травматичних ушкоджень шийного відділу хребта на субаксіальному рівні свідчить про два типи тілозамінно-стабілізуючих систем, що найчастіше використовуються. А саме: комбінація Mesh із вентральною пластиною та телескопічний тілозамінний імплант. Разом з тим, в літературі відсутні дані щодо впливу типу системи на клінічні та радіологічні показники перебігу післяопераційного періоду та результати лікування.

2. Аналіз і статистична обробка результатів обстежень пацієнтів в доопераційному періоді ХСМТ на субаксіальному рівні ШВХ дозволила виявити певні закономірності і взаємозв'язки параметрів, що характеризують ушкодження osteo-лігаментозного апарату і ступінь ушкодження невральних структур. До радіологічних характеристик травмованого ШВХ, що має найбільше значення у визначенні клінічної картини у постраждалих віднесені: ступінь локальної кіфотичної деформації, розмір фактору компресії, характер і ступінь ушкодження ХРС (коефіцієнт детермінації 67,4% при $p < 0,01$).

3. Аналіз напружено-деформованого стану моделі шийного відділу хребта із застосуванням різних тілозамінних систем виявив перевагу ТЗІ в порівнянні з широко використовуваною комбінацією «Mesh + ригідна вентральна пластина», що проявляється зниженням еквівалентних напружень за Мизесом в зоні контакту конструкції з кістковою тканиною (6,01 МПа та 5,18 МПа відповідно для комбінованої системи та ТЗІ) та зниженням навантаження на кріпильні елементи системи (8,76 МПа та 4,9 МПа для гвинтів вентральної пластини комбінованої системи та ТЗІ відповідно).

4. Визначено абсолютні показання до виконання вентральних декомпресивно-стабілізуючих хірургічних втручань при травматичному пошкодженні ШВХ на субаксіальному рівні; а саме: ушкодження типу А4, В2, В3 і С за класифікацією AOSpine, ступінь osteo-лігаментозного ушкодження – 7 балів і більше, сегментарна кіфотична деформація 5° і більше; розмір фактору компресії більше 5 мм; звуження вентрального лікворного простору при рівні травми на 50% і більше; будь-яке погіршення неврологічного статусу пацієнта в динаміці.

5. Аналіз інтенсивності больового синдрому у пацієнтів, які перенесли вентральний цервікоспондилодез демонструє статистично нижчі показники при застосуванні ТЗІ в порівнянні з комбінованою системою. Переконлива різниця рівня больових відчуттів реєструється на всьому протязі післяопераційного періоду спостереження та поступово регресує. До фінального терміну достовірні відмінності зберігаються у пацієнтів без будь-яких неврологічних розладів ($1,81 \pm 0,86$ та $1,04 \pm 0,85$ балів відповідно для першої та другої клінічної групи при $p = 0,001$).

6. Оцінка динаміки регресу неврологічних розладів демонструє перевагу використання ТЗІ у пацієнтів, віднесених в доопераційному періоді за шкалою ASIA до функціонального класу В ($50,62 \pm 9,17$ та $76,94 \pm 21,68$ бал за шкалою ISNCSCI для першої та другої групи відповідно при $p < 0,001$) і С ($73,17 \pm 10,82$ та $99,21 \pm 16,11$ балів при $p < 0,001$). У пацієнтів з мінімальними неврологічними розладами (ASIA D) статистично значущих відмінностей не зареєстровано ($p = 0,347$). При оцінці ймовірності виникнення позитивної неврологічної динаміки у пацієнтів з тяжкою ХСМТ (ASIA А) найбільш критичними і статистично значущими параметрами є ступінь ушкодження СМ, визначений за результатами МРТ ($p=0,013$), і терміни виконання хірургічного втручання ($p=0,023$).

7. Оцінка якості життя у пацієнтів з функціональними класами ASIA D і E на фінальному терміні спостереження із застосуванням опитувальника SF-36 дозволила виявити статистично значущу перевагу використання ТЗІ за шкалами:

Фізичне функціонування ($36,72 \pm 0,94\%$ та $41,88 \pm 1,08\%$ для першої та другої клінічної групи відповідно при $p=0,001$), Рольове фізичне функціонування ($31,9 \pm 2,1\%$ і $40,63 \pm 2,5\%$ при $p=0,029$), Шкала болю ($44,21\% \pm 1,75\%$ та $52,21 \pm 1,54\%$ при $p=0,001$) і Рольове емоційне функціонування ($48,27 \pm 2,24\%$ і $61,11 \pm 3,84\%$ при $p=0,011$).

8. Дані спондилометричних показників демонструють переваги застосування ТЗІ за рахунок більш ранньої стабілізації оперованого ХРС, меншої втрати сегментарного лордозу, сформованого під час хірургічного втручання ($3,70 \pm 0,80$ та $1,60 \pm 0,20$ для першої та другої клінічної групи відповідно при $p < 0,001$) і більш повного відновлення фізіологічної кривизни ШВХ ($10,30 \pm 5,30$ та $16,80 \pm 5,40$ відповідно при застосуванні комбінованої системи та ТЗІ, $p < 0,001$).

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. При хірургічному лікуванні травматичних ушкоджень шийного відділу хребта на субаксіальному рівні в якості пріоритетної конструкції для заміщення кісткового дефекту і стабілізації оперованого сегмента слід розглядати ТЗІ як систему, що забезпечує максимальне збереження інтраопераційно сформованої кривизни ХРС, раннє досягнення стабільності спондилодезу, менший рівень больових відчуттів і кращі показники відновлення неврологічних функцій.

2. Розроблена методика оцінки розмірів фактору компресії (Патент України на винахід № 113119), що є досить простим і високоінформативним методом оцінки морфологічно поліморфного субстрату, який надає компремуючий ефект на структури хребетного каналу; не має суворої прив'язки до певного способу нейровізуалізації. Визначення розмірів ФК у пацієнтів з травматичним ушкодженням ШВХ на субаксіальному рівні має велике як прогностичне так і тактичне значення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hughes JT. The Edwin Smith Surgical Papyrus: an analysis of the first case reports of spinal cord injuries. *Paraplegia*. 1988 Apr 1;26(2):71–82. doi:10.1038/sc.1988.15. PubMed PMID: 3045730.
2. Chen Y, He Y, DeVivo MJ. Changing Demographics and Injury Profile of New Traumatic Spinal Cord Injuries in the United States, 1972–2014 *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2016 Oct;97(10):1610–9. doi:10.1016/j.apmr.2016.03.017. PubMed PMID: 27109331.
3. Ni P, Mulcahey MJ, Slavin MD, Thielen CC, Vogel LC, Sadowsky C, Davidson LT, Jette AM. Tracking Spinal Cord Injury Functional Outcomes across the Lifespan: Validation of Linking Coefficients *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2019 May; doi:10.1016/j.apmr.2019.05.022.
4. Pfeifer R, Teuben M, Andruszkow H, Barkatali BM, Pape H-C. Mortality Patterns in Patients with Multiple Trauma: A Systematic Review of Autopsy Studies *PLoS One*. 2016 Feb 12;11(2):e0148844. doi:10.1371/journal.pone.0148844. PubMed PMID: 26871937.
5. Yue JK, Winkler EA, Rick JW, Deng H, Partow CP, Upadhyayula PS, Birk HS, Chan AK, Dhall SS. Update on critical care for acute spinal cord injury in the setting of polytrauma *Neurosurg. Focus*. 2017 Nov;43(5):E19. doi:10.3171/2017.7.FOCUS17396.
6. Ge L, Arul K, Ikpeze T, Baldwin A, Nickels JL, Mesfin A. Traumatic and Nontraumatic Spinal Cord Injuries *World Neurosurg*. 2018 Mar;111:e142–8. doi:10.1016/j.wneu.2017.12.008. PubMed PMID: 29253698.
7. Oliver M, Inaba K, Tang A, Branco BC, Barmparas G, Schnüriger B, Lustenberger T, Demetriades D. The changing epidemiology of spinal trauma: A 13-year review from a Level I trauma centre *Injury*. 2012 Aug;43(8):1296–300. doi:10.1016/j.injury.2012.04.021. PubMed PMID: 22648015.
8. Kristinsdóttir EA, Knútsdóttir S, Sigvaldason K, Jónsson jr. H, Ingvarsson PE. Mænuskaði af völdum slysa á Íslandi á árunum 1975-2014 *Læknablaðið*. 2016

- Nov 3;2016(11):491–6. doi:10.17992/ibl.2016.11.106. PubMed PMID: 27813488.
9. Richard-Denis A, Ehrmann Feldman D, Thompson C, Bourassa-Moreau É, Mac-Thiong J-M. Costs and Length of Stay for the Acute Care of Patients with Motor-Complete Spinal Cord Injury Following Cervical Trauma *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 2017 Jul;96(7):449–56. doi:10.1097/PHM.0000000000000659. PubMed PMID: 28628531.
 10. Burns SP, Kaufman RP, Mack CD, Bulger E. Cost of spinal cord injuries caused by rollover automobile crashes *Inj. Prev.* 2010 Apr 1;16(2):74–8. doi:10.1136/ip.2008.021097. PubMed PMID: 20363811.
 11. Радченко ВА, Попсуйшапка КА. Спондилодез при повреждениях позвоночника *Травма.* 2011;12(1):84–6.
 12. Слынько ЕИ, Вербов ВВ, Соколов ВВ, Леонтьев АВ, Гончаренко АФ, Деркач ВМ, Лобунько ВВ. Хирургическая техника вентральной декомпрессии спинного мозга с корпородезом телескопическими устройствами *Український нейрохірургічний журнал.* 2005;(4):63–71.
 13. Раткин ИК, Луцик АА, Дорофеев ЮИ, Бондаренко ГЮ. Применение армированных имплантатов из пористого никелида титана для формирования переднего опорного спондилодеза у больных, перенесших позвоночно-спинномозговую травму *Хирургия позвоночника.* 2004;(3):46–9.
 14. Учуров ОН, Яриков ДЕ, Басков АВ. Некоторые аспекты хирургического лечения травматических повреждений шейного отдела позвоночника и спинного мозга *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н.Бурденко.* 2004;(2):35–9.
 15. Барыш АЕ, Бузницкий РИ. Ошибки и осложнения при использовании заполненных аутокостью цилиндрических имплантатов в хирургии шейного отдела позвоночника *Ортопедия, травматология и протезирование.* 2011;(4):29–33.
 16. Рамих ЭА. Эволюция хирургии повреждений позвоночника в комплексе восстановительного лечения *Хирургия позвоночника.* 2004;(1):85–92.
 17. Aebi M. Surgical treatment of upper, middle and lower cervical injuries and non-unions by anterior procedures. *Eur. Spine J.* 2010;19 Suppl 1:S33–9.

- doi:10.1007/s00586-009-1120-8. PubMed PMID: 19826842.
18. Park JH, Cho CB, Song JH, Kim SW, Ha Y, Oh JK. T1 Slope and Cervical Sagittal Alignment on Cervical CT Radiographs of Asymptomatic Persons J. Korean Neurosurg. Soc. 2013 Jun;53(6):356. doi:10.3340/jkns.2013.53.6.356. PubMed PMID: 24003370.
 19. Ma YZ, Cui X, Li HW, Chen X, Cai XJ, Bai YB. Outcomes of anterior and posterior instrumentation under different surgical procedures for treating thoracic and lumbar spinal tuberculosis in adults Int. Orthop. 2012;36:299–305. doi:10.1007/s00264-011-1390-8. PubMed PMID: 22042304.
 20. Raslan AM, Nemecek AN. Controversies in the surgical management of spinal cord injuries Neurol. Res. Int. 2012;2012:1–6. doi:10.1155/2012/417834. PubMed PMID: 22666586.
 21. Ahuja CS, Schroeder GD, Vaccaro AR, Fehlings MG. Spinal Cord Injury—What Are the Controversies? J. Orthop. Trauma. 2017 Sep;31:S7–13. doi:10.1097/BOT.0000000000000943. PubMed PMID: 28816870.
 22. Бурцев АВ, Губин АВ. Выбор метода стабилизации при травмах шейного отдела позвоночника Гений ортопедии. 2017;23(2):140–6.
 23. Larson S, Delnat AU, Moore J. The Use of Clinical Cervical Spine Clearance in Trauma Patients: A Literature Review J. Emerg. Nurs. 2018 Jul;44(4):368–74. doi:10.1016/j.jen.2017.10.013. PubMed PMID: 29203049.
 24. Hoffmann R, Kandziora F, Korge A, Schnake K, Kothe R. Spine Trauma Treatment: Recommendations of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU) Glob. Spine J. 2018 Sep 7;8(2_suppl):4S-4S. doi:10.1177/2192568218774045. PubMed PMID: 30210961.
 25. Miyanji F, Furlan JC, Aarabi B, Arnold PM, Fehlings MG. Acute cervical traumatic spinal cord injury: MR imaging findings correlated with neurologic outcome--prospective study with 100 consecutive patients. Radiology. 2007 Jun 1;243(3):820–7. doi:10.1148/radiol.2433060583. PubMed PMID: 17431129.
 26. Ivancic PC. Cervical spine instability following axial compression injury: A biomechanical study Orthop. Traumatol. Surg. Res. 2014;100:127–33.

- doi:10.1016/j.otsr.2013.10.015. PubMed PMID: 24434364.
27. Гринь АА, Кордонский АЮ, Львов ИС, Кайков АК, Сытник АВ, Богданова ОЮ. Фактор времени в хирургии позвоночно-спинальной травмы (обзор литературы) *Нейрохирургия*. 2018;20:81–90. doi:10.17650/1683.
 28. Аганесов АГ, Месхи К. Реконструктивная хирургия позвоночника *Анналы РНЦХ РАМН*. 2004;(13):114–23.
 29. Полищук НЕ, Корж НА, Фищенко ВЯ. Повреждения позвоночника и спинного мозга (механизмы, клиника, диагностика, лечение). Киев: Книга плюс; 2001.
 30. Шармазанов АВ, Литовченко ВА, Березка НИ, Власенко ВГ, Спесивый ИИ. Хирургическое лечение больных с вертебро-спинальной травмой *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2002;(3):114–5.
 31. Niu C-C, Chen L-H, Lai P-L, Fu T-S, Chen W-J. Trapezoidal titanium cage in anterior cervical interbody fusion: a clinical experience. *Chang Gung Med. J.* 2005;28:212–21. PubMed PMID: 16013340.
 32. Дзяк ЛА, Зорін МО, Солоний ВІ. Реконструктивно-відновлювальні операції при травмах хребта *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2002;(3):120–1.
 33. Цивьян ЯЛ. Хирургия позвоночника. Новосибирск: Изд-во Новосибирского университета; 1993.
 34. Корж НА, Радченко ВА, Кладченко ЛА, Малышкина СВ. Имплантационные материалы и остеогенез. Роль индукции и кондукции в остеогенезе *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2003;(2):150–7.
 35. Корж НА, Барыш АЕ. Передний межтеловой спондилодез пластинами в хирургическом лечении поврежденных и заболеваний шейного отдела позвоночника *Вісник ортопедії, травматології та протезування*. 2005;(1):67–9.
 36. Арташев ИП. Остеомиелит позвоночника: (Обзор литературы) *Вест. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова*. 2000;(3):70–5.
 37. Vanek P, Bradac O, DeLacy P, Saur K, Belsan T, Benes V. Comparison of 3 Fusion

- Techniques in the Treatment of the Degenerative Cervical Spine Disease. Is Stand-Alone Autograft Really the “Gold Standard?” *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2012;37(19):1645–51. doi:10.1097/BRS.0b013e31825413fe. PubMed PMID: 22433506.
38. Швець АІ, Івченко ВК. Костные трансплантаты и их заменители в хирургии позвоночника *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2008;(3):66–9.
 39. Швець АІ, Івченко ВК, Самойленко АА. Применение имплантатов в хирургии позвоночника *Український журнал екстремальної медицини імені Г.О. Можасва*. 2009;10(3):42–6.
 40. Cho DY, Lee WY, Sheu PC, Chen CC. Cage containing a biphasic calcium phosphate ceramic (Triosite) for the treatment of cervical spondylosis *Surg. Neurol.* 2005;63:497–503. doi:10.1016/j.surneu.2004.10.016. PubMed PMID: 15936361.
 41. Івченко ВК, Головченко ВВ, Швець ОІ, Івченко АВ. Досвід застосування керамічного гідроксіапатиту для заміщення дефекту кісток *Сбірник наукових праць співробітників КМАПО ім. П.Л.Шупіка*. 2000;9(3):23–5.
 42. Корж НА, Грунтовский ГХ. Применение имплантатов из керамики в хирургии опорно-двигательного аппарата *Ортопедия, травматология и протезирование*. 1998;(3):14–7.
 43. Подрушняк ЕП, Іванченко ЛА, Бруско АТ. Перспективы использования стеклокерамики, содержащей биологический гидроксипатит для восстановления костной ткани *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2000;(2):129–30.
 44. Проценко АІ, Германов ВГ, Бережной СЮ, Сотиков КВ, Горина ЛБ. Применение коллапана при стабилизации позвоночника после расширенной резекции тел позвонков *Вест. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова*. 1999;(3):49–52.
 45. Long WG De, Einhorn TA, Koval K, McKee M, Smith W, Sanders R, Watson T. Bone grafts and bone graft substitutes in orthopaedic trauma surgery. A critical analysis. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2007;89(3):649–58. doi:10.2106/JBJS.F.00465.

PubMed PMID: 17332116.

46. Корж АА, Грунтовский ГХ, Корж НА, Михайлив ТВ. Керамопластика в ортопедии и травматологии. Львов: СВИТ; 1992.
47. Kim DH, Vaccaro AR, Fessler RG. Spinal Instrumentation: surgical Techniques. Thieme; 2005.
48. Doria C, Mosele GR, Balsano M, Maestretti G, Caggiari G. Anterior decompression and plate fixation in treatment of cervical myelopathy: A multicentric retrospective review Acta Orthop. Traumatol. Turc. 2018 Mar 12; doi:10.1016/j.aott.2017.12.003. PubMed PMID: 29544917.
49. Grob D, Daehn S, Mannion AF. Titanium mesh cages (TMC) in spine surgery. Eur. Spine J. 2005 Apr;14(3):211–21. doi:10.1007/s00586-004-0748-7. PubMed PMID: 15340827.
50. Lin C-Y, Kang H, Rouleau JP, Hollister SJ, Marca F La. Stress analysis of the interface between cervical vertebrae end plates and the Bryan, Prestige LP, and ProDisc-C cervical disc prostheses: an in vivo image-based finite element study. Spine (Phila. Pa. 1976). 2009 Jul 1;34(15):1554–60. doi:10.1097/BRS.0b013e3181aa643b. PubMed PMID: 19564765.
51. Böhler J. [Immediate and early treatment of traumatic paraplegias]. Z. Orthop. Ihre Grenzgeb. 1967 Oct 1;103(4):512–29. PubMed PMID: 4232932.
52. Morscher E, Sutter F, Jenny H, Olerud S. [Anterior plating of the cervical spine with the hollow screw-plate system of titanium]. Der Chir. Zeitschrift für alle Gebiete der Oper. Medizin. 1986 Nov 1;57(11):702–7. PubMed PMID: 3803024.
53. Fraser JF, Härtl R. Anterior approaches to fusion of the cervical spine: a metaanalysis of fusion rates. J. Neurosurg. Spine. 2007;6:298–303. doi:10.3171/spi.2007.6.4.298. PubMed PMID: 17436916.
54. Coumans J V, Marchek CP, Henderson FC, Traynelis VC, Rathjy J, Cooper PR, Haid RW, Hadley MN, Sonntag VKH. Use of the telescopic plate spacer in treatment of cervical and cervicothoracic spine tumors Neurosurgery. 2002;51(2):417–26. doi:10.1097/00006123-200208000-00021. PubMed PMID: 12182780.

55. Яриков ДЕ, Басков АВ. Передний доступ для стабилизации шейного отдела позвоночника Нейрохирургия. 2000;(1–2):32–9.
56. Thakar S, Vedantam A, Rajshekhar V. Correlation between change in graft height and change in segmental angle following central corpectomy for cervical spondylotic myelopathy. *J. Neurosurg. Spine.* 2008;9:158–66. doi:10.3171/SPI/2008/9/8/158. PubMed PMID: 18764748.
57. Koller H, Hitzl W, Acosta F, Tauber M, Zenner J, Resch H, Yukawa Y, Meier O, Schmidt R, Mayer M. In vitro study of accuracy of cervical pedicle screw insertion using an electronic conductivity device (ATPS part III). *Eur. Spine J.* 2009 Sep;18(9):1300–13. doi:10.1007/s00586-009-1054-1. PubMed PMID: 19575244.
58. Zaïri F, Aboukais R, Thines L, Allaoui M, Assaker R. Relevance of expandable titanium cage for the treatment of cervical spondylotic myelopathy. *Eur. Spine J.* 2012 Aug;21(8):1545–50. doi:10.1007/s00586-012-2380-2. PubMed PMID: 22639300.
59. Паськов РВ, Сергеев КС, Фарйон АО, Макаров АБ. Первично-стабильный опорный передний межтеловой спондилодез Хирургия позвоночника. 2012;(1):19–25.
60. Kandziora F, Schnake KJ, Klostermann CK, Haas NP. Vertebral body replacement in spine surgery *Unfallchirurg.* 2004;107(5):354–71. doi:10.1007/s00113-004-0777-z. PubMed PMID: 15138640.
61. Mohammad-Shahi MH, Nikolaou VS, Giannitsios D, Ouellet J, Jarzem PF. The Effect of Angular Mismatch Between Vertebral Endplate and Vertebral Body Replacement Endplate on Implant Subsidence *J. Spinal Disord. Tech.* 2013;26(5):268–73. doi:10.1097/BSD.0b013e3182425eab. PubMed PMID: 22228211.
62. Pekmezci M, McDonald E, Kennedy A, Dedini R, McClellan T, Ames C, Deviren V. Can a novel rectangular footplate provide higher resistance to subsidence than circular footplates? An ex vivo biomechanical study. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 2012 Sep 1;37(19):E1177–81. doi:10.1097/BRS.0b013e3182647c0b. PubMed PMID: 22718226.

63. Nekhlopochin SN, Nekhlopochin AS, Shvets AI. A classification of implants for reconstruction of the anterior and middle supporting columns of the spine Zh. Vopr. Neurokhir. Im. N. N. Burdenko. 2018;82(3):97–102. doi:10.17116/neiro201882397.
64. Корж НА, Кладченко ЛА, Малышкина СВ. Имплантационные материалы и остеогенез. Роль биологической фиксации и остеоинтеграции в реконструкции кости Ортопедия, травматология и протезирование. 2005;(4):118–27.
65. Arts MP, Peul WC. Vertebral body replacement systems with expandable cages in the treatment of various spinal pathologies: a prospectively followed case series of 60 patients. Neurosurgery. 2008 Sep;63(3):537–44; discussion 544-5. doi:10.1227/01.NEU.0000325260.00628.DC. PubMed PMID: 18812965.
66. Нехлопочин АС. Сравнительный анализ конструктивных характеристик телозамещающих эндопротезов для переднего спондилодеза Хирургия позвоночника. 2015;12(3):8–12. doi:10.14531/ss2015.3.8-12.
67. Нехлопочин АС, Швец АИ, Нехлопочин СН. Телозамещающий телескопический эндопротез для субаксиального цервикоспондилодеза Журнал Вопросы нейрохирургии. 2016;80(1):19–26. doi:10.17116/neiro201680119-26.
68. Нехлопочин АС. Телозамещающие эндопротезы для переднего спондилодеза: обзор литературы Хирургия позвоночника. 2015;12(2):20–4. doi:10.14531/ss2015.2.20-24.
69. Kim S-B, Bak K-H, Cheong J-H, Kim J-M, Kim C-H, Oh S-H. Biomechanical testing of anterior cervical spine implants: evaluation of changes in strength characteristics and metal fatigue resulting from minimal bending and cyclic loading J. Korean Neurosurg. Soc. 2005;37(3):217–22.
70. Kandziora F, Pflugmacher R, Schäfer J, Born C, Duda G, Haas NP, Mittlmeier T. Biomechanical Comparison of Cervical Spine Interbody Fusion Cages Spine (Phila. Pa. 1976). 2001 Sep;26(17):1850–7. doi:10.1097/00007632-200109010-00007. PubMed PMID: 11568693.

71. Clark C. The cervical spine. Philadelphia-Tokyo: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
72. Nabhan A, Ishak B, Steudel WI, Ramadhan S, Steimer O. Assessment of adjacent-segment mobility after cervical disc replacement versus fusion: RCT with 1 year's results. *Eur. Spine J.* 2011 Jun;20(6):934–41. doi:10.1007/s00586-010-1588-2. PubMed PMID: 21221666.
73. Cattrysse E, Moens M, Schailleé E, D'Haens J, Roy P Van. Changed cervical kinematics after fusion surgery. *Eur. Spine J.* 2012 Jul;21(7):1353–9. doi:10.1007/s00586-011-2112-z. PubMed PMID: 22173609.
74. Радченко ВА, Шимон ВМ, Ткачук НА, Шманько АП. Конечно-элементные модели для определения жёсткости и прочности имплантатов из гидроксилатапатитной керамики *Ортопедия, травматология и протезирование.* 2002;(3):60–4.
75. Філіпенко ВА, Мітелева ЗМ, Зиман ЗЗ, Мезенцев ВО, Яресько ОВ. Метод кінцевих елементів у клінічній біомеханіці та прогнозування результатів пластики кісткових порожнини за допомогою різновидів кальцій-фосфатних керамік *Ортопедия, травматология и протезирование.* 2006;(2):34–41.
76. Грунтовский ГХ, Титов ЮД, Малышкина СВ. Возможности использования имплантатов из биологически активных керамик в хирургии позвоночника *Ортопедия, травматология и протезирование.* 1997;(2):47–50.
77. Мителева ЗМ, Петренко ДЕ, Конарева НН, Жигун АИ. Упрощённая объёмная конечноэлементная модель проксимальной части бедренной кости *Ортопедия, травматология и протезирование.* 2003;(2):56–60.
78. Мителева ЗМ, Суббота ИА, Карпинский МЮ. Современные биомеханические подходы к эндопротезированию тазобедренного сустава *Ортопедия, травматология и протезирование.* 2003;(1):37–41.
79. Yang BP, Chen LA, Ondra SL. A novel mathematical model of the sagittal spine: application to pedicle subtraction osteotomy for correction of fixed sagittal deformity *Spine J.* 2008;8:359–66. doi:10.1016/j.spinee.2007.05.001. PubMed PMID: 17697800.

80. Chen S-H, Tai C-L, Lin C-Y, Hsieh P-H, Chen W-P. Biomechanical comparison of a new stand-alone anterior lumbar interbody fusion cage with established fixation techniques - a three-dimensional finite element analysis. *BMC Musculoskelet. Disord.* 2008;9:88. doi:10.1186/1471-2474-9-88. PubMed PMID: 18559117.
81. Селиванов ВП. Профилактика осложнений при вправлении травматических смещений шейных позвонков *Хирургия.* 1970;(9):51–60.
82. Кайков АК. Ошибки и их профилактика в диагностике и лечении больных с травмой позвоночника и спинного мозга: автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. мед. наук. Москва: 2013.
83. Полищук НЕ, Слынько ЕИ, Хотейт НН. Хирургическое лечение дискогенных радикуломиелопатий шейного отдела позвоночника. Киев: Книга плюс; 2004.
84. Kwon BK, Vaccaro AR, Grauer JN, Beiner JM. The use of rigid internal fixation in the surgical management of cervical spondylosis. *Neurosurgery.* 2007 Jan;60(1 Suppl 1):S118-29. doi:10.1227/01.NEU.0000249222.57709.59. PubMed PMID: 17204872.
85. Reinhold M, Blauth M, Rosiek R, Knop C. Verletzungen der unteren Halswirbelsäule *Unfallchirurg.* 2006 Jun;109(6):471–82. doi:10.1007/s00113-006-1115-4. PubMed PMID: 16773322.
86. Юмашев ГС, Силин ЛЛ. Повреждения тел позвонков, межпозвонковых дисков и связок. Ташкент: Медицина; 1971.
87. Argenson C, Lovet J, Sanouiller JL, Peretti F de. Traumatic rotatory displacement of the lower cervical spine. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 1988 Jul;13(7):767–73. PubMed PMID: 3194785.
88. Fehlings MG, Tetreault LA, Wilson JR, Kwon BK, Burns AS, Martin AR, Hawryluk G, Harrop JS. A Clinical Practice Guideline for the Management of Acute Spinal Cord Injury: Introduction, Rationale, and Scope Glob. *Spine J.* 2017 Sep 5;7(3_suppl):84S-94S. doi:10.1177/2192568217703387. PubMed PMID: 29164036.

89. Paternostro-Sluga T, Grim-Stieger M, Posch M, Schuhfried O, Vacariu G, Mittermaier C, Bittner C, Fialka-Moser V. Reliability and validity of the Medical Research Council (MRC) scale and a modified scale for testing muscle strength in patients with radial palsy *J. Rehabil. Med.* 2008 Aug;40(8):665–71. doi:10.2340/16501977-0235. PubMed PMID: 19020701.
90. Педаченко ЮЕ, Нехлопочин АС. Разработка методов численного анализа динамики функциональной активности спинного мозга у пациентов, перенесших осложненную спинальную травму *Клиническая хирургия.* 2018;85(3):43–7.
91. Ferreira-Valente MA, Pais-Ribeiro JL, Jensen MP. Validity of four pain intensity rating scales. *Pain.* 2011 Oct;152(10):2399–404. doi:10.1016/j.pain.2011.07.005. PubMed PMID: 21856077.
92. Педаченко ЕГ, Крамаренко ВА, Красиленко ЕП, Педаченко ЮЕ, Хижняк МВ. Болевые синдромы раннего периода после поясничных микродискэктомий *Международный неврологический журнал.* 2014;70(8):57–64.
93. American College of Surgeons. *Advanced Trauma Life Support.* 10 ed. Chicago: 2018.
94. Moore TA, Vaccaro AR, Anderson PA. Classification of lower cervical spine injuries. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 2006 May 15;31(11 Suppl):S37-43; discussion S61. doi:10.1097/01.brs.0000217942.93428.f7. PubMed PMID: 16685235.
95. Vaccaro AR, Koerner JD, Radcliff KE, Oner FC, Reinhold M, Schnake KJ, Kandziora F, Fehlings MG, Dvorak MF, Aarabi B, Rajasekaran S, Schroeder GD, Kepler CK, Vialle LR. AOSpine subaxial cervical spine injury classification system *Eur. Spine J.* 2016 Jul 26;25(7):2173–84. doi:10.1007/s00586-015-3831-3. PubMed PMID: 25716661.
96. Silva OT da, Sabba MF, Lira HIG, Ghizoni E, Tedeschi H, Patel AA, Joaquim AF. Evaluation of the reliability and validity of the newer AOSpine subaxial cervical injury classification (C-3 to C-7) *J. Neurosurg. Spine.* 2016 Sep;25(3):303–8. doi:10.3171/2016.2.SPINE151039. PubMed PMID: 27104288.
97. Duane TM, Young AJ, Vanguri P, Wolfe LG, Katzen J, Han J, Mayglothling J,

- Whelan JF, Aboutanos MB, Ivatury RR, Malhotra AK. Defining the cervical spine clearance algorithm J. Trauma Acute Care Surg. 2016 Sep;81(3):541–7. doi:10.1097/TA.0000000000001151. PubMed PMID: 27270856.
98. Pekmezci M, Theologis AA, Dionisio R, Mackersie R, McClellan RT. Cervical spine clearance protocols in Level I, II, and III trauma centers in California Spine J. 2015 Mar 1;15(3):398–404. doi:10.1016/j.spinee.2014.12.142. PubMed PMID: 25546512.
99. Bernstein MP, Young MG, Baxter AB. Imaging of Spine Trauma Radiol. Clin. North Am. 2019 Jul;57(4):767–85. doi:10.1016/j.rcl.2019.02.007.
100. Tamangani J. Neuroimaging. Aust. Fam. Physician. 2016 Nov;45(11):788–92. PubMed PMID: 27806446.
101. Minja FJ, Mehta KY, Mian AY. Current Challenges in the Use of Computed Tomography and MR Imaging in Suspected Cervical Spine Trauma Neuroimaging Clin. N. Am. 2018 Aug;28(3):483–93. doi:10.1016/j.nic.2018.03.009. PubMed PMID: 30007757.
102. Слынько ЕИ, Нехлопочин АС, Вербов ВВ. Разработка и проверка достоверности метода оценки вентральной компрессии позвоночного канала при позвоночно-спинномозговой травме Травма. 2019;20(6):27–34. doi:10.22141/1608-1706.6.20.2019.186032.
103. Talbott JF, Whetstone WD, Readdy WJ, Ferguson AR, Bresnahan JC, Saigal R, Hawryluk GWJ, Beattie MS, Mabray MC, Pan JZ, Manley GT, Dhall SS. The Brain and Spinal Injury Center score: a novel, simple, and reproducible method for assessing the severity of acute cervical spinal cord injury with axial T2-weighted MRI findings J. Neurosurg. Spine. 2015 Oct;23(4):495–504. doi:10.3171/2015.1.SPINE141033. PubMed PMID: 26161519.
104. Erdfelder E, Faul F, Buchner A, Lang AG. Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses Behav. Res. Methods. 2009;41(4):1149–60. doi:10.3758/BRM.41.4.1149. PubMed PMID: 19897823.
105. Слынько ЕИ, Нехлопочин АС. Сравнение динамики послеоперационного регресса неврологических расстройств у пациентов, перенесших травму

- шейного отдела позвоночника на субаксиальном уровне, в зависимости от типа фиксирующей конструкции Украинский нейрохирургический журнал. 2018;(1):84–91. doi:<https://doi.org/10.25305/unj.120822>.
106. Kellam JF, Meinberg EG, Agel J, Karam MD, Roberts CS. Introduction J. Orthop. Trauma. 2018 Jan;32:S1–10. doi:10.1097/BOT.0000000000001063. PubMed PMID: 29256945.
107. Nightingale RW, McElhaney JH, Richardson WJ, Best TM, Myers BS. Experimental impact injury to the cervical spine: relating motion of the head and the mechanism of injury. J. Bone Joint Surg. Am. 1996 Mar;78(3):412–21. PubMed PMID: 8613449.
108. Lee SH, Kim KT, Seo EM, Suk KS, Kwack YH, Son ES. The influence of thoracic inlet alignment on the craniocervical sagittal balance in asymptomatic adults J. Spinal Disord. Tech. 2012 Apr;25(2) doi:10.1097/BSD.0b013e3182396301.
109. Núñez-Pereira S, Hitzl W, Bullmann V, Meier O, Koller H. Sagittal balance of the cervical spine: An analysis of occipitocervical and spinopelvic interdependence, with C-7 slope as a marker of cervical and spinopelvic alignment J. Neurosurg. Spine. 2015 Jul 1;23(1):16–23. doi:10.3171/2014.11.SPINE14368.
110. Tang JA, Scheer JK, Smith JS, Deviren V, Bess S, Hart RA, Lafage V, Shaffrey CI, Schwab F, Ames CP. The impact of standing regional cervical sagittal alignment on outcomes in posterior cervical fusion surgery Neurosurgery. 2012 Sep;71(3):662–9. doi:10.1227/NEU.0b013e31826100c9.
111. Swartz EE, Floyd RT, Cendoma M. Cervical spine functional anatomy and the biomechanics of injury due to compressive loading. J. Athl. Train. 2005;40(3):155–61. PubMed PMID: 16284634.
112. Carter JW, Mirza SK, Tencer AF, Ching RP. Canal geometry changes associated with axial compressive cervical spine fracture. Spine (Phila. Pa. 1976). 2000 Jan;25(1):46–54. PubMed PMID: 10647160.
113. Dai Y, Chen B, Teng H, Huang K, Wang J, Zhu M, Li C. [Correlation among prevertebral hyperintensity signal, canal sagittal diameter on MRI and neurologic function of patients with cervical vertebral hyperextension injury]. Zhongguo Gu

- Shang. 2015 Aug;28(8):686–9. PubMed PMID: 26502515.
114. Aebli N, Rüegg TB, Wicki AG, Petrou N, Krebs J. Predicting the risk and severity of acute spinal cord injury after a minor trauma to the cervical spine *Spine J.* 2013 Jun;13(6):597–604. doi:10.1016/j.spinee.2013.02.006. PubMed PMID: 23523437.
115. Miyanji F, Furlan JC, Aarabi B, Arnold PM, Fehlings MG. Acute Cervical Traumatic Spinal Cord Injury: MR Imaging Findings Correlated with Neurologic Outcome—Prospective Study with 100 Consecutive Patients *Radiology.* 2007 Jun;243(3):820–7. doi:10.1148/radiol.2433060583. PubMed PMID: 17431129.
116. Pouw MH, Vliet AM van der, Kampen A van, Thurnher MM, Meent H van de, Hosman AJF. Diffusion-weighted MR imaging within 24 h post-injury after traumatic spinal cord injury: a qualitative meta-analysis between T2-weighted imaging and diffusion-weighted MR imaging in 18 patients. *Spinal Cord.* 2012 Jun 7;50(6):426–31. doi:10.1038/sc.2011.168. PubMed PMID: 22310317.
117. Слинсько ЄІ, Нехлопочин ОС, Робак КО. Використання трактографії спинного мозку як предиктора регресу неврологічних розладів у пацієнтів з тяжкою хребетно-спинномозковою травмою шийного відділу *Укр. Neurosurg. J.* 2019;25(4):34–44. doi:10.25305/unj.176912.
118. Demaerel P, Hecke P Van, Marchal G, Wilms G, Baert AL. MRI of intraparenchymal hematoma: responsible mechanisms. *J. Belge Radiol.* 1990 Aug;73(4):279–84. PubMed PMID: 2228954.
119. Mihai G, Nout YS, Tovar CA, Miller BA, Schmalbrock P, Bresnahan JC, Beattie MS. Longitudinal comparison of two severities of unilateral cervical spinal cord injury using magnetic resonance imaging in rats. *J. Neurotrauma.* 2008 Jan;25(1):1–18. doi:10.1089/neu.2007.0338. PubMed PMID: 18355154.
120. Yoganandan N, Kumaresan SC, Liming V, Pintar FA, Larson SJ. Finite element modeling of the C4-C6 cervical spine unit *Med. Eng. Phys.* 1996;18:569–74. doi:10.1016/1350-4533(96)00013-6. PubMed PMID: 8892241.
121. Nekhlopochin AS, Nekhlopochin SN, Syrovoy GV. The analysis of stress-strain state in the cortical screw-vertebral body system when modelling of fixation of implants for anterior cervical interbody fusion *Russ. J. Biomech.* 2017;21(1):77–

88. doi:10.15593/RZhBiomeh/2017.1.08.
122. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. Москва: Мир; 1975.
123. Алямовский АА. SolidWorks/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов. Москва: ДМК Пресс; 2004.
124. White AA, Johnson RM, Panjabi MM, Southwick WO. Biomechanical analysis of clinical stability in the cervical spine. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1975;(109):85–96. PubMed PMID: 1132209.
125. Vaccaro AR, Hulbert RJ, Patel AA, Fisher C, Dvorak M, Lehman RA, Anderson P, Harrop J, Oner FC, Arnold P, Fehlings M, Hedlund R, Madrazo I, Rechtine G, Aarabi B, Shainline M, Spine Trauma Study Group. The Subaxial Cervical Spine Injury Classification System Spine (Phila. Pa. 1976). 2007 Oct 1;32(21):2365–74. doi:10.1097/BRS.0b013e3181557b92. PubMed PMID: 17906580.
126. Dvorak MF, Fisher CG, Fehlings MG, Rampersaud YR, Öner FC, Aarabi B, Vaccaro AR. The Surgical Approach to Subaxial Cervical Spine Injuries Spine (Phila. Pa. 1976). 2007 Nov 1;32(23):2620–9. doi:10.1097/BRS.0b013e318158ce16. PubMed PMID: 17978665.
127. Anderson PA, Moore TA, Davis KW, Molinari RW, Resnick DK, Vaccaro AR, Bono CM, Dimar JR, Aarabi B, Levenson G. Cervical spine injury severity score assessment of reliability *J. Bone Jt. Surg. - Ser. A.* 2007;89(5):1057–65. doi:10.2106/JBJS.F.00684.
128. Zehnder SW, Lenarz CJ, Place HM. Teachability and reliability of a new classification system for lower cervical spinal injuries Spine (Phila. Pa. 1976). 2009 Sep;34(19):2039–43. doi:10.1097/BRS.0b013e3181af053c.
129. Slynko II, Nekhlopin AS. The clinically and biomechanically based optimization of sagittal contour surgical correction of the injured segment with the anterior subaxial fusion *MOJ App Bio Biomech.* 2018;2(2):150–5. doi:10.15406/mojabb.2018.02.00058.
130. Бывальцев ВА, Сороковиков ВА, Калинин АА. Анализ результатов переднего шейного спондилодеза с использованием гибридного кейджа РСВ Evolution за двухлетний период *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н.Бурденко.*

- 2013;(1):37–45.
131. Балберкин АВ, Колондаев АФ, Шавырин ДА, Снетков ДА, Хохриков ЛГ. Применение Коллапана при лечении доброкачественных новообразований костей у взрослых Медицинский алфавит. 2011;(4):42–4.
132. Gupta A, Kukkar N, Sharif K, Main BJ, Albers CE, El-Amin Iii SF. Bone graft substitutes for spine fusion: A brief review. *World J. Orthop.* 2015 Jul 18;6(6):449–56. doi:10.5312/wjo.v6.i6.449. PubMed PMID: 26191491.
133. Слинько ЄІ, Нехлопочин ОС. Стан сегментарного кіфозу прооперованого сегмента у пацієнтів після вентрального субаксіального цервікоспондилодезу при використанні систем стабілізації різного типу Український нейрохірургічний журнал. 2018;(2):26–32. doi:10.25305/unj.123308.
134. Haller J, Bice M, Lawrence B. Mediating the Secondary Effects of Spinal Cord Injury Through Optimization of Key Physiologic Parameters *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2016 Mar;24(3):160–71. doi:10.5435/JAAOS-D-14-00314. PubMed PMID: 26855116.
135. Yip PK, Malaspina A. Spinal cord trauma and the molecular point of no return. *Mol. Neurodegener.* 2012 Feb 8;7(1):6. doi:10.1186/1750-1326-7-6. PubMed PMID: 22315999.
136. Ulndreaj A, Chio JCT, Ahuja CS, Fehlings MG. Modulating the immune response in spinal cord injury *Expert Rev. Neurother.* 2016 Oct 2;16(10):1127–9. doi:10.1080/14737175.2016.1207532. PubMed PMID: 27352883.
137. Witiw CD, Fehlings MG. Acute Spinal Cord Injury *J. Spinal Disord. Tech.* 2015 Jul;28(6):202–10. doi:10.1097/BSD.0000000000000287.
138. Wang Y, Wang H, Tao Y, Zhang S, Wang J, Feng X. Necroptosis inhibitor necrostatin-1 promotes cell protection and physiological function in traumatic spinal cord injury. *Neuroscience.* 2014 Apr 25;266:91–101. doi:10.1016/j.neuroscience.2014.02.007. PubMed PMID: 24561219.
139. Li S, Stys PK. Mechanisms of ionotropic glutamate receptor-mediated excitotoxicity in isolated spinal cord white matter. *J. Neurosci.* 2000 Feb

- 1;20(3):1190–8. PubMed PMID: 10648723.
140. Ahuja CS, Schroeder GD, Vaccaro AR, Fehlings MG. Spinal Cord Injury—What Are the Controversies? *J. Orthop. Trauma.* 2017 Sep;31:S7–13. doi:10.1097/BOT.0000000000000943. PubMed PMID: 28350947.
141. Vaccaro AR, Daugherty RJ, Sheehan TP, Dante SJ, Cotler JM, Balderston RA, Herbison GJ, Northrup BE. Neurologic outcome of early versus late surgery for cervical spinal cord injury. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 1997 Nov 15;22(22):2609–13. PubMed PMID: 9399445.
142. Слинько ЄІ, Нехлопочин ОС. Динаміка інтенсивності больового синдрому у пацієнтів після вентрального субаксіального металоспондилодезу *Український нейрохірургічний журнал.* 2018;(3):47–54. doi:<https://doi.org/10.25305/unj.139968>.
143. Слинько ЕИ, Нехлопочин АС. Качество жизни пациентов после вентрального субаксиального цервикоспондилодеза в отдаленном послеоперационном периоде *Травма.* 2019;20(2):88–95.
144. Слинько ЄІ, Нехлопочин ОС. Рентгенологічна оцінка ефективності тілозамінних систем для вентрального субаксіального цервікоспондилодезу *Травма.* 2018;19(1):65–71.

ДОДАТОК А

Таблиця 1

Календар виконання діагностичних процедур

Обстеження	До операції	Інтраопераційно	5-7 днів п / о	2 місяці п / о	6 місяців п / о	12 місяці в п / о
Рентгенографія	+ *	+ *	+	+	+	+
СКТ	+	-	+/-	-	-	-
MPT	+	-	+	-	-	-
ISNCSCI / ASIA	+	-	+	+	+	+
Оцінка за NRS	-	-	+	+	+	+
Оцінка за SF-36	-	-	-	-	-	+

Примітка: * – виконувалося в горизонтальному положенні пацієнта

Таблиця 2

**Зведена оціночна характеристика неврологічного статусу пацієнтів
аналізованих клінічних груп в доопераційному періоді**

Клінічна група	Група за ASIA	Кількість пацієнтів	Загальні бали по ISNCSCI			
			Середнє	Стандартне відхилення	Ді	
					- 95%	+ 95%
1 група	A	7	36,29	5,50	31,20	41,37
2 група	A	9	38	3,64	35,2	40,8
1 група	B	13	98,92	24,22	84,29	113,56
2 група	B	16	95,94	23,15	83,6	108,27
1 група	C	12	161,08	22,94	146,51	175,66
2 група	C	14	160,43	15,13	151,69	169,16
1 група	D	28	263,14	23,26	254,12	272,16
2 група	D	19	271,47	31,45	256,32	286,63
1 група	E	12	324	0	-	-
2 група	E	10	324	0	-	-

Таблиця 3

**Розподіл пацієнтів аналізованих клінічних груп за характером
ушкодження остео-лігаментозного апарату**

	Тип ушкодження за AO Subaxial Cervical Spine Classification							
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C
1 група	3	13	21	5	8	5	8	9
2 група	2	6	18	10	6	6	6	14
Всього	5	19	39	15	14	11	14	23

Таблиця 4

Шкала тяжкості ушкодження СМ ASIA

Група	Ступінь ушкодження СМ	Опис
A	Повне	Немає ні рухової, ні чутливої функції в крижових сегментах S4-S5
B	Неповне	Збережена чутливість, але відсутня рухова функція в сегментах нижче неврологічного рівня, включаючи S4-S5.
C	Неповне	Рухова функція нижче неврологічного рівня збережена, але більше половини ключових м'язів нижче неврологічного рівня мають силу менше 3 балів.
D	Неповне	Рухова функція нижче неврологічного рівня збережена, і, у всякому випадку, половина ключових м'язів нижче неврологічного рівня мають силу 3 бали і більше.
E	Норма	Рухова і чутлива функції нормальні.

Таблиця 5

Шкала MRC

Оцінка	Характеристика
0 балів	Повний параліч
1 бал	Пальповані або видимі скорочення м'язів;
2 бали	Активні рухи в повному обсязі без подолання сили тяжіння;
3 бал	Активні рухи в повному обсязі з подоланням сили тяжіння;
4 бал	Активні рухи в повному обсязі з подоланням сили тяжіння і невеликої зовнішньої протидії;
5 балів	Активні рухи в повному обсязі з подоланням сили тяжіння і максимальної зовнішньої протидії (нормальні)

Таблиця 6

The Brain and Spinal Injury Center score

Тип	Характеристика
Тип 0	Візуально відсутні ознаки зміненого сигналу в паренхімі СМ
Тип 1	Інтрамедулярний T2 гіперінтенсивний сигнал повторює контури сірої речовини СМ
Тип 2	Інтрамедулярний T2 гіперінтенсивний сигнал виходить за межі сірої речовини СМ, поширюючись на білу речовину але не захоплює весь поперечник СМ
Тип 3	T2 гіперінтенсивний сигнал захоплює весь поперечник СМ
Тип 4	Відповідає Типу 3, але з додаванням T2 гіпоінтенсивних вогнищ в паренхімі, що характеризують крововиливи.

Таблиця 7

Коротка характеристика структури SF-36

Інтегративний показник	Шкала	Питання
Фізичний компонент здоров'я	фізичне функціонування (Physical Functioning – PF)	3a; 3b; 3c; 3d; 3e; 3f; 3g; 3h; 3i; 3j
	рольове функціонування, обумовлене фізичним станом (Role-Physical Functioning – RP)	4a; 4b; 4c; 4d
	інтенсивність болю (Bodily pain – BP)	7; 8
	загальний стан здоров'я (General Health – GH)	1; 11a; 11b; 11c; 11d
Психологічний компонент здоров'я	життєва активність (Vitality – VT)	9a; 9c; 9g; 9i
	соціальне функціонування (Social Functioning – SF),	6; 10
	рольове функціонування, обумовлене емоційним станом (Role-Emotional Functioning – RE)	5a; 5b; 5c
	психічне здоров'я (Mental Health – MH)	9b; 9c; 9d; 9e; 9h

Таблиця 8

Результати апостеріорного аналізу статистичної значущості відмінностей значення показника сегментарного кіфозу у пацієнтів в залежності від характеру ушкодження, (p)

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3
A2	0,096	-	-	-	-	-	-
A3	1	0	-	-	-	-	-
A4	1	0	1	-	-	-	-
B1	1	0	1	1	-	-	-
B2	1	0	1	1	1	-	-
B3	0,933	0	1	1	1	1	-
C	0,933	1	0	0,00009	0,00002	0,00008	0,00001

Примітка: поправка на множинність порівнянь із застосуванням критерію Холма

Таблиця 9

Результати апостеріорного аналізу статистичної значущості відмінностей значення показника сегментарного кіфозу у пацієнтів в залежності від характеру ушкодження, (p)

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3
A2	0,32640	-	-	-	-	-	-
A3	1	0,00002	-	-	-	-	-
A4	1	0,00085	1	-	-	-	-
B1	1	0	1	1	-	-	-
B2	1	0,00001	1	1	1	-	-
B3	1	0,00001	1	1	1	1	-
C	0,18720	1	0	0,00262	0,00001	0,00003	0

Примітка: поправка на множинність порівнянь із застосуванням критерію Холма

Таблиця 10

Результати кореляційного аналізу значень шийного лордозу і сегментарного кіфозу для різних типів ушкоджень

Тип ушкодження	Коефіцієнт кореляції Спірмана	p
A1	-0,70000	0,23333
A2	-0,11579	0,63611
A3	-0,93239	0
A4	-0,91429	0
B1	-0,89890	0
B2	-0,88182	0,00067
B3	-0,97363	0
C	-0,56783	0,00471

Таблиця 11

Результати кореляційного аналізу значень шийного лордозу і сегментарного кіфозу при різних ступенях локальної деформації

Сегментарний кіфоз	Коефіцієнт кореляції Спірмана	P
$<0^{\circ}$	0,4273	0,1926
$0^{\circ}..5^{\circ}$	-0,9293	0
$5^{\circ}..10^{\circ}$	-0,6383	0,0006
$10^{\circ}..15^{\circ}$	-0,3574	0,103
$15^{\circ}..20^{\circ}$	-0,3615	0,0983
$20^{\circ}..25^{\circ}$	-0,236	0,2178

Таблиця 12

Результати апостеріорного аналізу статистичної значущості відмінностей значення ступеня нестабільності в залежності від характеру ушкодження, (p)

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3
A2	0,0650	-	-	-	-	-	-
A3	0,0115	0,0031	-	-	-	-	-
A4	0,0115	0,0002	0,0115	-	-	-	-
B1	0,0115	0	0	0,0203	-	-	-
B2	0,0137	0,0001	0	0,0064	0,0582	-	-
B3	0,0115	0	0	0,0006	0,0104	0,55	-
C	0,0076	0	0	0	0,0001	0,0147	0,0137

Примітка: поправка на множинність порівнянь із застосуванням критерію Холма

Таблиця 13

Результати поліноміального логістичного регресійного аналізу взаємозв'язку характеру ушкодження ХРС за класифікацією AOSpine і розмірів фактору компресії (мм)

Коефіцієнти	Значення	Стандартна помилка	p
Фактор компресії	0,262	0,0444	<0,001
межі груп			
A1 A2	-1,155	0,572	<0,001
A2 A3	0,647	0,427	0,046
A3 A4	2,236	0,442	<0,001
A4 B1	2,733	0,455	<0,001
B1 B2	3,212	0,470	<0,001
B2 B3	3,674	0,493	<0,001
B3 C	4,507	0,557	<0,001

Таблиця 14

Результати лінійного регресійного аналізу співвідношення ступеня ушкодження ХРС на субаксіальному рівні і розмірів фактору компресії

Коефіцієнти	Значення	Стандартна помилка	p
Інтерсепт	1,40028	1,02705	0,067
CSISS	0,71819	0,08234	<0,001

Таблиця 15

Результати множинного лінійного регресійного аналізу співвідношення ступеня ушкодження ХРС на субаксіальному рівні, ступеня кіфотичної деформації і розмірів фактору компресії

Коефіцієнти	Значення	Стандартна помилка	p
Інтерсепт	-0,28621	1,0678	0,056
CSISS	0,71764	0,07836	<0,001
Сегментарний кіфоз	0,1537	0,03919	<0,001

Таблиця 16

Результати поліноміального логістичного регресійного аналізу взаємозв'язку показників ISNCSCI і ASIA при оцінці неврологічного статусу пацієнтів з ХСМТ на рівні субаксіального відділу ШВХ

Коефіцієнти	Значення	Стандартна помилка	p
ISNCSCI	0,277	0,0635	<0,001
Межі ASIA			
A B	14,316	3,162	<0,001
B C	37,103	8,577	<0,001
C D	54,695	12,398	<0,001
D E	86,705	20,298	<0,001

Таблиця 17

**Результати тестування моделі за методом
«прогноз / фактичне значення»**

	ASIA	Прогноз				
		A	B	C	D	E
Фактично	A	16	0	0	0	0
	B	0	27	2	0	0
	C	0	2	24	0	0
	D	0	0	1	45	1
	E	0	0	0	0	22

Таблиця 18

**Результати поліноміального логістичного регресійного аналізу
взаємозв'язку показників ISNCSCI і ступеня MPT змін CM у пацієнтів з
ХСМТ на рівні субаксіального відділу ШВХ**

Коефіцієнти	Значення	Стандартна помилка	p
ISNCSCI	-0,043	0,00474	<0,001
Межі BASIC			
0 1	-13,224	1,427	<0,001
1 2	-9,111	1,089	<0,001
2 3	-7,22	0,855	<0,001
3 4	-2,301	0,486	<0,001

Таблиця 19

Результати апостеріорного аналізу статистичної значущості відмінностей вираженості неврологічних розладів в залежності від характеру ушкодження, (p)

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3
A2	0,6822	-	-	-	-	-	-
A3	0,3417	0,621	-	-	-	-	-
A4	0,0424	0,0085	0,0085	-	-	-	-
B1	0,9196	0,6822	0,4959	0,0126	-	-	-
B2	0,8985	0,7463	0,5423	0,0149	0,8985	-	-
B3	0,621	1	0,7558	0,0085	0,6822	0,7558	-
C	0,0250	0,0085	0,0085	0,8985	0,0141	0,016	0,016

Примітка: використано тест Вілкоксона-Манна-Уїті, поправка на множинність порівнянь із застосуванням критерію Беньямін і Хохберг

Таблиця 20

Результати лінійного регресійного аналізу взаємозв'язку ступеня нестабільності ушкодженого ХРС і ступеня вираженості неврологічних розладів при різних типах ушкоджень

	Тип ушкодження за АОspine							
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C
Коефіцієнти CSISS	-88,50	-39,02	-28,21	-30,01	-21,61	-31,88	-13,52	-38,92
Коефіцієнт детермінації	0,5562	0,1886	0,2397	0,6068	0,118	0,3676	0,0209	0,666
p моделі	0,1479	0,0632	0,0016	0,0006	0,2293	0,0480	0,6212	<0,001

Таблиця 21

Коефіцієнти предиктора AOSpine моделі

$$ISNCSCI = 448,816 + AOSpine - 13,021 * CSISS - 13,056 * Compress\ factor$$

Група за AOSpine	Значення коефіцієнта
A1	0
A2	-32,479
A3	-23,398
A4	-31,745
B1	57,936
B2	107,776
B3	88,1
C	120,617

Таблиця 22

Механічні властивості матеріалів, використаних при моделюванні

Матеріал	Модуль пружності Юнга, МПа	Коефіцієнт Пуассона	Межа міцності, МПа
Кортикальна кістка	10000	0,3	145
Губчаста кістка	450	0,2	10
Суглобовий хрящ	10,5	0,49	
Міжхребцевий диск	4,2	0,45	
Пориста кераміка	67000	0,3	
Титан BT-16	110000	0,3	235

Таблиця 23

**Величини напружень в елементах моделей, що виникають під дією
стискаючого навантаження**

Зона		Модель		
		Mesh	Mesh + пластина	ТЗІ
Верх тіла хребця	C3	1,2	1,2	1,2
	C4	3	2,6	2,7
	C5	0,7	0,7	0,7
	C6	10	7,2	5,8
	C7	0,6	0,6	0,6
Низ тіла хребця	C3	1,0	1,0	1
	C4	7,9	6,1	5,5
	C5	0,9	0,9	0,9
	C6	3,3	2,6	2,6
	C7	0,7	0,7	0,8
Корінь дуги	C3	2,6	2,6	2,6
	C4	5,2	5,7	6,6
	C5	0,7	0,6	0,6
	C6	18,2	17,2	16,5
	C7	1,8	1,8	1,9
Пластина дуги	C3	0,3	0,3	0,3
	C4	1,3	1,5	1,3
	C5	0,6	0,6	0,6
	C6	1,8	1,8	1,8
	C7	0,1	0,1	0,1
Фасеткові суглоби	C3	2,3	2,4	2,4
	C4	2,9	2,8	2,6
	C5	1,9	1,6	1,5
	C6	2,8	2,8	2,7
	C7	2	2	2
Гвинти	C4		5,9	2,9
	C6		4,2	2,1
Зубці	C4	10,2	8,9	5,5
	C6	12,5	9,8	3,5

Таблиця 24

Величини напружень в елементах моделей під дією навантаження, що виникає при нахилі голови вперед

Зона		Модель		
		Mesh	Mesh + пластина	ТЗІ
Верх тіла хребця	C3	3,2	3,3	3,3
	C4	3	2,9	3
	C5	0,1	0,1	0,1
	C6	10,3	6,5	4,1
	C7	2,5	2,1	2,2
Низ тіла хребця	C3	2,9	2,7	2,8
	C4	9,0	8,1	5,0
	C5	0,1	0,1	0,1
	C6	3,2	2,4	2,4
	C7	2,2	2	2,1
Корінь дуги	C3	0,6	1,3	1
	C4	1	0,9	1
	C5	0,1	0,1	0,1
	C6	1,5	1,1	1,1
	C7	1	0,9	1
Пластина дуги	C3	0,2	0,2	0,3
	C4	0,3	0,3	0,3
	C5	0,1	0,1	0,1
	C6	0,3	0,2	0,2
	C7	0,1	0,1	0,1
Фасеткові суглоби	C3	0,1	0,1	0,1
	C4	0,8	0,4	0,7
	C5	0,1	0,1	0,1
	C6	0,9	0,1	0,1
	C7	0,1	0,1	0,1
Гвинти	C4		15,8	12,3
	C6		11,8	6,1
Зубці	C4	20,9	9,9	13
	C6	27	7,2	10,2

Таблиця 25

**Величини напружень в елементах моделей, що виникають при нахилі
голови назад**

Зона		Модель		
		Mesh	Mesh + пластина	ТЗІ
Верх тіла хребця	C3	0,7	0,7	0,7
	C4	3,9	3,0	3,2
	C5	0,8	0,9	0,8
	C6	11,6	7,5	7,6
	C7	0,5	0,5	0,5
Низ тіла хребця	C3	1	1	1,1
	C4	8,9	6,5	7,7
	C5	1,1	1,0	0,9
	C6	3,8	2,6	2,9
	C7	0,5	0,6	0,6
Корінь дуги	C3	3,3	3,2	2,6
	C4	7,5	10	9,6
	C5	0,9	0,8	0,8
	C6	20,7	20,2	22,4
	C7	2,2	2,6	2,2
Пластина дуги	C3	1,1	1,1	1,2
	C4	1,7	2,0	2,2
	C5	0,7	0,6	0,6
	C6	2,2	2,1	2,1
	C7	0,2	0,1	0,1
Фасеткові суглоби	C3	3,6	3,7	3,7
	C4	3,9	3,8	3,7
	C5	2,1	1,9	1,8
	C6	4,1	3,5	3,5
	C7	2,9	2,5	2,5
Гвинти	C4		10,2	7,6
	C6		7,6	4,4
Зубці	C4	12,5	9,8	12,9
	C6	17,8	11,1	14,5

Таблиця 26

**Величини напружень в елементах моделей, що виникають
при ротаційних рухах**

Зона		Модель		
		Mesh	Mesh + пластина	ТЗІ
Верх тіла хребця	C3	4,9	4,8	4,8
	C4	1,3	1	1
	C5	1,4	1,3	1,5
	C6	4	2,9	2,7
	C7	0,3	0,3	0,3
Низ тіла хребця	C3	1,7	1,7	1,7
	C4	3,7	3,3	3
	C5	1,9	1,5	2,1
	C6	0,6	0,7	0,6
	C7	0,3	0,3	0,3
Корінь дуги	C3	13,8	10,5	11,2
	C4	8,3	6,0	8,5
	C5	0,6	0,5	0,8
	C6	10,3	6,0	5,2
	C7	3,3	1,7	3,5
Пластина дуги	C3	4,9	5	5
	C4	3,7	3	3,9
	C5	2,8	2,6	3,3
	C6	6,5	5,8	5,7
	C7	0,8	0,9	0,8
Фасеткові суглоби	C3	2,2	2,1	2,2
	C4	0,8	0,9	1,7
	C5	0,7	0,7	1
	C6	2,2	2,2	2
	C7	2	1,7	1,8
Гвинти	C4		8,9	3,2
	C6		5,7	0,6
Зубці	C4	6,5	4,8	4,3
	C6	14,3	5,4	9,8

Таблиця 27

**Величини напружень в елементах моделей з різною кількістю
фіксуєчих гвинтів**

Зона		Модель / навантаження							
		Стиснення		Нахил назад		Нахил вперед		Ротація	
		1 гвинт	2 гвинта	1 гвинт	2 гвинта	1 гвинт	2 гвинта	1 гвинт	2 гвинта
Верх тіла хребця	C4	2,7	2,7	3,1	3,3	2,9	3,0	0,9	1,4
	C6	6	5,8	7	6,4	3,0	3,1	3,1	3
Низ тіла хребця	C4	4,4	5,5	6,1	6,0	11	5,8	3,2	3,2
	C6	2,6	2,6	2,6	2,8	2,3	2,4	0,6	0,5
Корінь дуги	C4	7,5	6,6	10,1	10,3	1,2	1	8,2	8,4
	C6	18,6	16,5	19,8	18,7	0,9	0,8	8	10,6
Пластина дуги	C4	1,5	1,3	1,9	2,0	0,3	0,3	3,9	3,5
	C6	1,9	1,8	3,8	2,0	0,2	0,2	6,1	5,1
Фасеткові суглоби	C4	2,7	2,6	3,6	3,5	0,5	0,4	0,9	1,6
	C6	2,7	1,8	2,0	2,0	0,6	0,2	2,3	5,1
Гвинти	C4	0,7	2,9	1,3	7,5	1,4	11,3	0,6	3,5
	C6	0,3	2,1	0,5	4	1	6,3	0,6	1
зубці	C4	2,4	5,5	2,9	7,5	2,2	11,2	3,4	3,5
	C6	3,7	3,5	4,1	4,1	2,9	2,3	4,1	3,9

Шкала White and Panjabi

Ознака	Бали
Біомеханічні критерії:	
• Ушкодження передніх опорних структур	2
• Ушкодження задніх опорних структур	2
• Позитивний тракційний тест	2
Рентгенографічні критерії:	
1. Рентгенографія ШВХ з функціональними пробами (згинання-розгинання)	
• Зсув в сагітальній площині > 3,5 мм або 20%	2
• Ротація в сагітальній площині > 20 градусів	2
АБО	
2. Рентгенографія ШВХ в нейтральному положенні	
• Зсув в сагітальній площині > 3,5 мм або 20%	2
• Кутова деформація > 11°	2
інші критерії	
• Зниження висоти міжхребцевого диска	1
• Онтогенетично обумовлена вузькість хребетного каналу:	
1. Сагітальний діаметр <13 мм	1
АБО	
2. Індекс Павлова <0,8	1
• Ушкодження СМ	2
• Ушкодження корінців СМ	1
• Очікуване небезпечне навантаження	1

Таблиця 29

Шкала кількісної оцінки характеру ушкодження SLIC

Категорія	Бали
Морфологія	
• відсутність ушкоджень	0
• компресійний перелом	1
• вибуховий перелом	2
• дистракція (підвивих або гіперекстензія)	3
• зсув або ротація	4
Диско-лігаментозний комплекс	
• інтактний	0
• неуточнені ушкодження	1
• ушкоджений	2
неврологічний статус	
• інтактний	0
• ушкодження корінців	1
• повне ушкодження СМ	2
• неповне ушкодження СМ	3
• триваюча компресія СМ в поєднанні з неврологічним дефіцитом	+1

Таблиця 30

Кількість пацієнтів в залежності від типу і ступеня ушкодження

		CSISS, бали														
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
АОSpine групи	A1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	A2	3	8	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	A3	1	6	11	6	11	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	A4	0	0	3	1	1	6	1	1	1	0	1	0	0	0	0
	B1	0	0	0	0	1	1	3	2	3	3	1	0	0	0	0
	B2	0	0	0	0	0	1	0	0	2	4	2	1	1	0	0
	B3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	5	2	0	0	0
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	4	3	1	6

Примітка. Виділені осередки – пацієнти, які за характером ушкодження не мають абсолютних показань для хірургічного лікування, але з огляду на ступінь ушкодження кращою стала вентральна декомпресивно-стабілізуюча операція.

Таблиця 31

Інтраопераційні показники сегментарного кифозу в залежності від характеру ушкодження ХРС

Тип по АОSpine	1 група	2 група	p-value *
	Me (Q1-Q3), Градуси		
A1	-6,16 (-6,53 ÷ -4,67)	-4,78 (-4,86 ÷ -4,69)	0,8
A2	-5,93 (-6,22 ÷ -4,83)	-5,15 (-5,52 ÷ -4,82)	0,179
A3	-5,07 (-5,94 ÷ -4,59)	-5,18 (-5,34 ÷ -4,92)	0,944
A4	-5,79 (-6,43 ÷ -5,12)	-4,94 (-5,01 ÷ -4,65)	0,043
B1	-5,07 (-5,41 ÷ -4,79)	-5,29 (-5,56 ÷ -4,97)	0,573
B2	-4,98 (-5,14 ÷ -4,93)	-5,12 (-5,62 ÷ -4,97)	0,714
B3	-5,53 (-5,77 ÷ -5,14)	-4,99 (-5,21 ÷ -4,78)	0,039
C	-6,17 (-6,42 ÷ -5,38)	-5,07 (-5,42 ÷ -4,73)	0,009

Примітка. * - W критерій Уїлкоксона

Таблиця 32

Показники сегментарного кифозу оперованого сегмента у пацієнтів на 6 добу після хірургічного втручання

Тип по AOSpine	1 група	2 група	p-value *
	Me (Q1-Q3), Градуси		
A1	-6,05 (-6,29 ÷ -4,48)	-4,49 (-4,58 ÷ -4,41)	0,81
A2	-5,62 (-5,89 ÷ -4,58)	-4,83 (-5,31 ÷ -4,51)	0,21
A3	-4,84 (-5,48 ÷ -4,23)	-4,88 (-5,11 ÷ -4,61)	0,473
A4	-5,06 (-6,02 ÷ -4,58)	-4,61 (-4,75 ÷ -4,29)	0,326
B1	-4,36 (-4,84 ÷ -4,15)	-5,05 (-5,35 ÷ -4,71)	0,108
B2	-4,16 (-4,35 ÷ -4,14)	-4,88 (-5,28 ÷ -4,78)	0,178
B3	-4,72 (-4,88 ÷ -4,21)	-4,76 (-4,95 ÷ -4,48)	0,662
C	-5,19 (-5,59 ÷ -4,57)	-4,78 (-5,16 ÷ -4,45)	0,298

Примітка. * W критерій Уїлкоксона

Таблиця 33

Результати апостеріорного аналізу статистичної значущості відмінностей показника загального шийного лордозу в залежності від ступеня вираженості неврологічних розладів, (p)

Клас ASIA	1 клінічна група (Mesh + вентральна пластина)			
	A	B	C	D
B	0,5353	-	-	-
C	0,2631	0,2773	-	-
D	0,0004	<0,0001	0,0017	-
E	0,0004	<0,0001	0,0004	0,0363
	2 клінічна група (ТЗІ)			
	A	B	C	D
B	0,482	-	-	-
C	0,269	0,482	-	-
D	0,0002	<0,0001	0,0001	-
E	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,2475

Примітка. Тест Вілкоксона-Манна-Уїтні, поправка на множинність порівнянь із застосуванням критерію Беньямін і Хохберг

Таблиця 34

**Результати регресійного аналізу визначення залежності ступеня
регресу неврологічних розладів від можливих конфаундерів**

	Коефіцієнт	Дисперсія	t- критерій	p
Інтерсепт	5,3087	1,6076	3,302	0,0013
ISNCSCI, бали	0,0448	0,0036	12,362	<0,0001
Вікова група	-0,6987	0,2218	-3,151	0,0021
Фактор компресії	-0,1293	0,064	-2,022	0,0455
Час з моменту травми до операції	-1,1612	0,3259	-3,563	0,0005

Таблиця 35

**Відсоткове співвідношення вираженості больових відчуттів у пацієнтів
аналізованих клінічних груп в залежності від функціонального класу ASIA**

Бали NRS	1 клінічна група		2 клінічна група	
	%	95% ДІ	%	95% ДІ
ASIA A				
1	-	-	33,333	11,111 - 70,444
2	42,857	14,286 - 76,444	11,111	0 - 48,221
3	57,143	28,571 - 90,729	55,556	33,333 - 92,666
ASIA B				
2	33,333	8,333 - 62,588	13,333	0 - 39,384
3	41,667	16,667 - 70,922	60,0	40 - 86,051
4	25	0 - 54,255	26,667	6,667 - 52,717
ASIA C				
2	-	-	20,0	0 - 41,176
3	27,273	9,091 - 63,074	66,667	46,667 - 87,842
4	36,364	18,182 - 72,165	6,667	0 - 27,842
5	27,273	9,091 - 63,074	6,667	0 - 27,842
6	9,091	0 - 44,892	-	-
ASIA D				
	-	-	16,667	0 - 43,687
3	13,333	0 - 31,062	44,444	27,778 - 71,465
4	26,667	10 - 44,396	16,667	0 - 43,687
5	26,667	10 - 44,396	22,222	5,556 - 49,243
6	13,333	0 - 31,062	-	-
7	20	3,333 - 37,729	-	-
ASIA E				
1	-	-	9,091	0 - 44,639
2	50	25 - 76,755	45,455	27,273 - 81,02
3	41,667	16,667 - 68,422	45,455	27,273 - 81,02
4	8,333	0 - 35,088	-	-

Таблиця 36

Статистична значущість відмінностей показника сегментарного кіфозу у пацієнтів при імплантації комбінації Mesh + вентральна в залежності від типу ушкодження (2 місяці післяопераційного періоду)

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3
A2	0,4417	-	-	-	-	-	-
A3	0,3134	0,1138	-	-	-	-	-
A4	0,3831	0,3116	0,3858	-	-	-	-
B1	0,0778	0,0169	0,078	0,0935	-	-	-
B2	0,081	0,0235	0,08	0,0822	0,3164	-	-
B3	0,0859	0,0136	0,0734	0,0856	0,4405	0,3691	-
C	0,2121	0,082	0,3127	0,282	0,2381	0,1154	0,1961

Примітка. Тест Коновер-Імана, поправка на множинність порівнянь із застосуванням критерію Беньямін і Хохберг

Таблиця 37

Порівняльна оцінка ступеня втрати інтраопераційно досягнутої корекції СК у пацієнтів аналізованих груп при різних типах ушкодження ХРС

Тип за АО Spine	Різниця у втраті інтраопераційної корекції, градуси	Критерій Манна-Уїтні
A1	0,365	W = 2, p = 0,8
A2	0,28	W = 35, p = 0,7654
A3	0,595	W = 269,5, p = 0,0242
A4	0,805	W = 24, p = 0,953
B1	1,015	W = 44, p = 0,0079
B2	1,345	W = 26, p = 0,0519
B3	1,46	W = 47, p = 0,0013
C	1,395	W = 85, p = 0,1755

Таблиця 38

Стан загального шийного лордозу аналізованих груп пацієнтів в залежності від рівня неврологічних розладів

ASIA клас	Загальний шийний лордоз, градуси		Критерій Манна-Уїтні
	1 група	2 група	
A	1,21 (0,83 - 2,45)	4,09 (2,45 - 4,61)	W = 15; p = 0,09
B	3,49 (2,73 - 3,775)	3,84 (3,27 - 4,51)	W = 52; p = 0,2708
C	4,28 (2,303 - 5,285)	5,78 (5,07 - 6,48)	W = 16; p = 0,0592
D	6,16 (4,893 - 7,288)	6,83 (5,39 - 7,345)	W = 155,5; p = 0,4884
E	7,44 (6,353 - 8,203)	8,44 (7,693 - 9,96)	W = 117,5; p = 0,0036

Таблиця 39

Розподіл пацієнтів аналізованих клінічних груп за функціональними класами за ASIA в терміні 2 місяці післяопераційного періоду

Клас за ASIA	Кількість	Частка від загального	ДІ%	Кількість	Частка від загального	ДІ%
	1 клінічна група			2 клінічна група		
A	7	9,72	0 - 21,96	9	13,24	2,94 - 26,41
B	11	15,28	4,17 - 27,52	13	19,12	8,82 - 32,29
C	8	11,11	0 - 23,35	9	13,24	2,94 - 26,41
D	24	33,33	22,22 - 45,57	15	22,06	11,76 - 35,23
E	22	30,56	19,44 - 42,8	22	32,35	22,06 - 45,52

Таблиця 40

Динаміка регресу неврологічних розладів у пацієнтів за період 6 днів – 3 місяці післяопераційного періоду

Клас по ASIA *	Динаміка збільшення балів ISNCSCI		тест Уелча
	1 клінічна група	2 клінічна група	
A	7,3 ± 3,23	4,52 ± 3,14	t = 1,73; p = 0,107
B	8,54 ± 7,95	16 ± 11,3	t = 2,08; p = 0,047
C	31,6 ± 9,28	40,6 ± 11	t = -2,28; p = 0,0317
D	32,7 ± 10,2	31,7 ± 17	t = 0,225; p = 0,824

Примітка: * - класи за даними доопераційних спостережень

Таблиця 41

**Відсоткове співвідношення вираженості больових відчуттів у пацієнтів
аналізованих клінічних груп в залежності від функціонального класу ASIA
(2 місяці після хірургічного втручання)**

бали NRS	1 клінічна група		2 клінічна група	
	%	95% ДІ	%	95% ДІ
ASIA A				
1	14,286	0 - 53,822	22,222	0 - 61,61
2	42,857	14,286 - 82,393	33,333	11,111 - 72,721
3	42,857	14,286 - 82,393	44,444	22,222 - 83,832
ASIA B				
2	27,273	9,091 - 55,003	76,923	61,538 - 100
3	72,727	54,545 - 100	23,077	7,692 - 47,321
ASIA C				
2	25,0	0 - 63,293	55,556	33,333 - 92,606
3	12,5	0 - 50,793	22,222	0 - 59,273
4	50,0	25 - 88,293	22,222	0 - 59,273
5	12,5	0 - 50,793	-	-
ASIA D				
2	12,5	0 - 34,923	40	20 - 67,793
3	37,5	20,833 - 59,923	53,333	33,333 - 81,126
4	12,5	0 - 34,923	6,667	0 - 34,459
5	29,167	12,5 - 51,589	-	-
6	8,333	0 - 30,756	-	-
ASIA E				
1	4,545	0 - 27,054	36,364	18,182 - 59,866
2	36,364	18,182 - 58,873	45,455	27,273 - 68,957
3	31,818	13,636 - 54,327	18,182	0 - 41,684
4	4,545	0 - 27,054	-	-
5	13,636	0 - 36,145	-	-
6	9,091	0 - 31,6	-	-

Таблиця 42

Статистична значущість відмінностей показника СК у пацієнтів при імплантації комбінації Mesh + вентральна в залежності від типу ушкодження (6 місяців післяопераційного періоду)

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3
A2	0,4196	-	-	-	-	-	-
A3	0,2810	0,0412	-	-	-	-	-
A4	0,3031	0,1571	0,4789	-	-	-	-
B1	0,0134	0,0002	0,0056	0,0277	-	-	-
B2	0,0059	0,0002	0,0027	0,0098	0,2738	-	-
B3	0,0051	0,0000	0,0006	0,0065	0,2700	0,4882	-
C	0,0134	0,0002	0,0066	0,0279	0,4804	0,2768	0,2653

Примітка. Тест Коновер-Імана, поправка на множинність порівнянь із застосуванням критерію Беньямін і Хохберг

Таблиця 43

Порівняльна оцінка ступеня втрати інтраопераційної досягнутої корекції СК у пацієнтів аналізованих груп при різних типах ушкодження ХРС, 6 місяців післяопераційного періоду

Тип по АО Spine	Різниця у втраті інтраопераційної корекції, градуси	Критерій Манна-Уїтні
A1	0,375	W = 2, p = 0,8
A2	0,45	W = 41,5, p = 0,8606
A3	0,925	W = 302, p = 0,0015
A4	1,42	W = 34,5, p = 0,2695
B1	1,575	W = 47, p = 0,0013
B2	2,25	W = 29, p = 0,0087
B3	2,355	W = 48, p = 0,0007
C	2,585	W = 116, p = 0,0003

Таблиця 44

Розподіл пацієнтів аналізованих клінічних груп за функціональними класами згідно ASIA - 6 місяців післяопераційного періоду

Клас за ASIA	Кількість	Частка від загального	ДІ%	Кількість	Частка від загального	ДІ%
	1 клінічна група			2 клінічна група		
A	5	6,94	0 - 19,42	6	8,82	0 - 20,8
B	8	11,11	0 - 23,59	9	13,24	1,47 - 25,21
C	7	9,72	0 - 22,20	9	13,24	1,47 - 25,21
D	25	34,72	23,61 - 47,20	18	26,47	14,71 - 38,45
E	27	37,50	26,39 - 49,98	26	38,24	26,47 - 50,21

Таблиця 45

Динаміка регресу неврологічних розладів у пацієнтів аналізованих клінічних група за період 2 місяці-6 місяців післяопераційного періоду

Клас по ASIA	Динаміка збільшення балів ISNCSCI		Тест Уелча
	1 клінічна група	2 клінічна група	
Розподіл пацієнтів на функціональні класи ASIA за даними доопераційних спостережень			
A	3,44 ± 3,53	4,67 ± 5,05	t = -0,569; p = 0,578
B	27,9 ± 4,43	33,6 ± 4,85	t = -3,28; p = 0,003
C	23,7 ± 6,42	30,1 ± 7,68	t = -2,32; p = 0,029
D	10,5 ± 8,87	6,81 ± 10	t = 1,29; p = 0,206
Розподіл пацієнтів на функціональні класи ASIA за даними 2 місяці післяопераційного періоду			
A	3,44 ± 3,53	4,67 ± 5,05	t = -0,569; p = 0,578
B	26,9 ± 3,76	32,5 ± 3,85	t = -3,60; p = 0,002
C	29,8 ± 5,22	37,8 ± 4,83	t = -3,28; p = 0,005
D	16,9 ± 4,56	21,7 ± 6,09	t = -2,60; p = 0,016

Таблиця 46

**Відсоткове співвідношення вираженості больових відчуттів у пацієнтів
аналізованих клінічних груп в залежності від функціонального класу ASIA
(6 місяців після хірургічного втручання)**

бали NRS	1 клінічна група		2 клінічна група	
	%	95% ДІ	%	95% ДІ
ASIA A				
1	60	40 - 100	33,333	16,667 - 82,980
2	20	0 - 72,419	50	33,333 - 99,647
3	20	0 - 72,419	16,667	0 - 66,313
ASIA B				
1	12,5	0 - 45,765	11,111	0 - 42,729
2	25	0 - 58,265	77,778	66,667 - 100
3	62,5	37,5 - 95,765	11,111	0 - 42,729
ASIA C				
2	42,857	14,286 - 82,393	33,333	11,111 - 65,067
3	42,857	14,286 - 82,393	66,667	44,444 - 98,4
4	14,286	0 - 53,822	-	-
ASIA D				
2	28	12 - 51,001	16,667	0,000 - 42,378
3	36	20 - 59,001	55,556	38,889 - 81,267
4	8	0 - 31,001	11,111	0,000 - 36,823
5	28	12 - 51,001	16,667	0,000 - 42,378
ASIA E				
1	7,407	0,000 - 29,201	23,077	7,692 - 44,846
2	33,333	18,519 - 55,127	53,846	38,462 - 75,616
3	33,333	18,519 - 55,127	23,077	7,692 - 44,846
4	11,111	0 - 32,905	-	-
5	14,815	0 - 36,608	-	-

Таблиця 47

**Динаміка втрати інтраопераційної корекції стану сагітального контуру
оперованого сегмента**

Часовий діапазон:	Тип ушкодження по AOSpine							
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C
	Втрати корекції,%							
	1 клінічна група							
Інтраопер. - 6 дн.	8,67	9,9	14,99	15,3	16,55	17,62	18,92	16,1
6 дн. - 2 міс.	40,12	36,6	31,66	33,54	31,7	33,02	32,7	35,17
2 міс. - 6 міс.	23,93	26,62	28,97	29,72	31,7	33,02	32,7	33,24
6 міс. - 12 міс.	27,28	26,88	24,38	21,44	20,06	16,35	15,69	15,48
	2 клінічна група							
Інтраопер. - 6 дн.	16,57	17,05	16,16	18,68	15,13	15,86	16,25	16,52
6 дн. - 2 міс.	36,63	38,35	39,85	39,52	39,39	42,56	41,98	44,53
2 міс. - 6 міс.	37,79	40,46	38,5	35,64	39,49	35,45	41,01	33,12
6 міс. - 12 міс.	9,01	4,14	5,49	6,17	5,99	6,13	0,75	5,83

Таблиця 48

**Загальна динаміка регресу неврологічних порушень у пацієнтів, які
перенесли ХСМТ ШВХ на субаксіальному рівні**

	ASIA до операції						
		A	B	C	D	E	<i>всього</i>
ASIA	A	11	0	0	0	0	11
через 12 місяців	B	5	8	0	0	0	13
	C	0	16	0	0	0	16
після операції	D	0	5	26	10	0	41
	E	0	0	0	37	22	59
	<i>всього</i>	<i>16</i>	<i>29</i>	<i>26</i>	<i>47</i>	<i>22</i>	<i>140</i>

Таблиця 49

Загальна оцінка регресу неврологічних порушень у пацієнтів аналізованих клінічних груп за весь період спостереження

Клас по ASIA	Динаміка збільшення балів ISNCSCI		тест Уелча
	1 клінічна група	2 клінічна група	
A	15,4 ± 10,1	16,1 ± 10,5	t = -0,132; p = 0,896
B	50,6 ± 9,17	76,9 ± 21,7	t = -4,396; p <0,001
C	73,2 ± 10,8	99,2 ± 16,1	t = -4,897; p <0,001
D	58,3 ± 20,1	51,1 ± 28,3	t = 0,955; p = 0,347

Таблиця 50

**Відсоткове співвідношення вираженості больових відчуттів у пацієнтів
аналізованих клінічних груп в залежності від функціонального класу ASIA
(12 місяців після хірургічного втручання)**

бали NRS	1 клінічна група		2 клінічна група	
	%	95% ДІ	%	95% ДІ
ASIA A				
1	60	40 - 100	100	100 - 100
2	40	20 - 91,226		
ASIA B				
1	-	-	33,333	16,667 - 78,162
2	57,143	28,571 - 90,729	66,667	50 - 100
3	42,857	14,286 - 76,444	-	-
ASIA C				
2	14,286	0 - 37,328	66,667	44,444 - 98,4
3	85,714	71,429 - 100	33,333	11,111 - 65,067
ASIA D				
0	-	-	5	0 - 27,357
1	9,524	0 - 30,861	5	0 - 27,357
2	47,619	28,571 - 68,957	65	50 - 87,357
3	19,048	0 - 40,385	10	0 - 32,357
4	19,048	0 - 40,385	15	0 - 37,357
5	4,762	0 - 26,099	-	-
ASIA E				
0	6,250	0 - 25,498	33,333	14,815 - 53,204
1	28,125	12,500 - 47,373	29,630	11,111 - 49,500
2	43,750	28,125 - 62,998	37,037	18,519 - 56,908
3	21,875	6,250 - 41,123	-	-

Таблиця 51

Оцінка внутрішньої узгодженості отриманих результатів тестування із застосуванням опитувальника SF-36

Шкала	Альфа Кронбаха
Physical Functioning – PF	0,874
Role-Physical Functioning – RP	0,891
Bodily pain – BP	0,881
General Health – GH	0,733
Vitality – VT	0,789
Social Functioning – SF	0,699
Role-Emotional – RE	0,845
Mental Health – MH	0,633
За SF-36 в цілому	0,8282

ДОДАТОК Б
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Nekhlopochin AS, Nekhlopochin SN, Syrovoy GV. The analysis of stress-strain state in the cortical screw-vertebral body system when modelling of fixation of implants for anterior cervical interbody fusion. *Russ. J. Biomech.* 2017;21(1):77–88. doi:10.15593/RZhBiomeh/2017.1.08.
2. Nekhlopochin SN, Nekhlopochin AS, Shvets AI. A classification of implants for reconstruction of the anterior and middle supporting columns of the spine *Zh. Vopr. Neurokhir. Im. N. N. Burdenko.* 2018;82(3):97–102. doi:10.17116/neiro201882397.
3. Slynko II, Nekhlopochin AS. The clinically and biomechanically based optimization of sagittal contour surgical correction of the injured segment with the anterior subaxial fusion. *MOJ App Bio Biomech.* 2018;2(2):150–5. doi:10.15406/mojabb.2018.02.00058.
4. Педаченко ЮЕ, Нехлопочин АС. Разработка методов численного анализа динамики функциональной активности спинного мозга у пациентов, перенесших осложненную спинальную травму. *Клиническая хирургия.* 2018;85(3):43–7.
5. Слинько ЄІ, Нехлопочин ОС. Динаміка інтенсивності больового синдрому у пацієнтів після вентрального субаксіального металоспондилодезу. *Український нейрохірургічний журнал.* 2018;(3):47–54. doi:https://doi.org/10.25305/unj.139968.
6. Слинько ЕИ, Нехлопочин АС. Сравнение динамики послеоперационного регресса неврологических расстройств у пациентов, перенесших травму шейного отдела позвоночника на субаксиальном уровне, в зависимости от типа фиксирующей конструкции. *Украинский нейрохирургический журнал.* 2018;(1):84–91. doi:https://doi.org/10.25305/unj.120822.
7. Слинько ЄІ, Нехлопочин ОС. Рентгенологічна оцінка ефективності тілозамінних систем для вентрального субаксіального цервікоспондилодезу. *Травма.* 2018;19(1):65–71.

8. Слинько ЄІ, Нехлопочин ОС. Стан сегментарного кіфозу прооперованого сегмента у пацієнтів після вентрального субаксіального цервікоспондилодезу при використанні систем стабілізації різного типу. Український нейрохірургічний журнал. 2018;(2):26–32. doi:10.25305/unj.123308.

9. Слинько ЕИ, Нехлопочин АС, Вербов ВВ. Разработка и проверка достоверности метода оценки вентральной компрессии позвоночного канала при позвоночно-спинномозговой травме. Травма. 2019;20(6):27–34. doi:10.22141/1608-1706.6.20.2019.186032.

10. Слинько ЕИ, Нехлопочин АС. Качество жизни пациентов после вентрального субаксиального цервикоспондилодеза в отдаленном послеоперационном периоде. Травма. 2019;20(2):88–95.

11. Пат. 113119 Україна, МПК А61В 6/02 (2006.01) G01R 33/44 (2006.01) Спосіб визначення сагітального розміру компримованого фактора / Нехлопочин О.С., Нехлопочин С.М. – № а 2015 08579; заявл. 03.09.2015; опубл. 12.12.2016, Бюл. № 23.

12. Слинько ЕИ, Нехлопочин АС. Состояние сегментарного кифоза оперированного сегмента при вентральном субаксиальном цервикоспондилодезе. У: Збірник наукових праць за матеріалами Науково-практичної конференції з міжнародною участю “Сучасні дослідження в ортопедії та травматології” (четверті наукові читання, присвячені пам’яті академіка ОО Коржа): тези доповідей (м Харків, 4-5 жовтня 2018 р.) Харків; 2018. С. 130–133.

13. Slynko II, Nekhlopochin AS. The correlation of pain intensity and the cervical spine alignment in patients after anterior interbody fusion. In: 3rd Eastern-European Pain Congress (7-9 June 2018, Kyiv, Ukraine). Kyiv; 2018. P. 12.

14. Слинько ЄІ, Нехлопочин ОС. Кореляційний аналіз рентгенограмметричних показників шийного відділу хребта після вентрального субаксіального спондилодезу. У: XVII конгрес Світової Федерації Українських Лікарських Товариств матеріали міжнар наук конгресу (Тернопіль, 20-22 вересня 2018). Тернопіль: ТДМУ; 2018. р. 145–146.