

Попсуйшапка К.О., Карпінський М.Ю., Тесленко С.О., Карпінська О.Д., Попов А.І.
ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України», м. Харків, Україна

Залишкова фіксованість хребтових сегментів при вибухових переломах грудопоперекового відділу хребта

Резюме. Вступ. Вибухові переломи є найбільш поширеними та найбільш тяжкими ушкодженнями хребта. Вибухові переломи характеризуються багатовідламковим ураженням тіла хребця, можуть супроводжуватись розривом зв'язок і переломом елементів заднього опорного комплексу з формуванням різних видів деформацій, а саме з пружною та пластичною. **Мета.** Експериментально визначити залишкову фіксованість та залишкову деформацію при вибухових переломах грудопоперекового відділу хребта. **Матеріали та методи.** Предметом даного дослідження стала фізична модель вибухового перелому тіла Th12 хребця. Було створено шість моделей на анатомічних препаратах блоків хребетних сегментів тварини (свиня) на протязі від Th_{ix} до L_v хребців. Блоки хребців забирались у статевозрілих тварин однакового віку. Довжина блоків становила 200 мм. Перша модель була представлена хребетними сегментами зі збереженими кістковими та зв'язковими структурами (I група — норма). У другій моделі було зруйновано до 50 % тіла хребця й один суміжний міжхребцевий диск, при збереженні задніх відділів хребта та коренів дуг (II група — 30–50 % тіл). У третій моделі було зруйновано 50 % тіла хребця, один суміжний міжхребцевий диск, а також задні відділи хребта та корені дуг (III група — 50 % тіла). У четвертій моделі було зруйновано 50 % тіла хребця, один суміжний міжхребцевий диск і задні відділи тіла хребця, корені дуг, дуги, міжкостисті зв'язки (IV група). В п'ятій моделі зруйновано все тіло (100 %) і один суміжний диск (V група — 100 % тіла). У шостій групі було зруйновано 100 % тіла хребця, диск, дуги та зв'язки (VI група). Моделі випробували вертикальним осьовим навантаженням величиною 200 Н. Вимірювали величину кіфотичної деформації, осьового подовження після зняття навантаження. **Результати.** Під час дослідження були отримані дані про зміни величин кіфотичної деформації хребта при осьовому навантаженні залежно від обсягу руйнування при вибуховому переломі тіла Th12 хребця. Також були вивчені залишкові пружні властивості препаратів хребта при наявності зазначених руйнувань. **Висновки.** Розроблена експериментальна модель на хребті тварин дозволила нам виявити основні закономірності розвитку кіфотичної деформації при вибухових переломах грудопоперекового відділу хребта, а саме: визначити основні біомеханічні показники — залишкову фіксованість і залишкову деформацію хребта. Ушкодження тіла хребця до 50 % призводить до первинного розвитку залишкової деформації. Подальше навантаження хребта не призводить до прогресування деформації, і залишкова фіксованість хребта становить 100 %. Ушкодження заднього опорного комплексу хребта призводить до незначної прогресії залишкової деформації до 6 %.

Ключові слова: хребет; вибуховий перелом; залишкова деформація

Вступ

Вибухові переломи хребта є найбільш поширеними та найбільш тяжкими його ушкодженнями. Вони виникають в разі дії компресії, дистракції або ротації високої інтенсивності. Найбільш частою причиною вибухових переломів є падіння з висоти або дорожньо-транспортні пригоди. Вибухові переломи характеризуються в першу чергу багатовідламковим ураженням тіла

хребця, можуть супроводжуватись розривом зв'язок і переломом елементів заднього опорного комплексу з формуванням різних видів деформацій і дуже часто супроводжуються наявністю неврологічної симптоматики. Формування вибухового перелому призводить до розвитку деформацій різного ступеня тяжкості, до компресії хребтового каналу. В разі вибухового перелому ми маємо справу з двома видами деформацій, а саме

з пружною та пластичною. Якщо деформація лише пружна, то говорять про модулі пружності, якщо наявна пластична деформація, то це свідчить про модулі загальної деформації. Для того щоб визначити пружну складову модуля загальної деформації, слід спочатку навантажити об'єкт, що досліджується, після чого зняти навантаження та виміряти збільшення об'єкта. Це збільшення характеризує пружну складову деформації стискання. Саме пружна складова деформації і є залишковою фіксованістю хребта.

Залишкова фіксованість хребта — це можливість хребтових сегментів чинити опір зовнішнім навантаженням без розвитку пластичної деформації. Різниця між скороченням і збільшенням являє собою залишкову деформацію, що характеризує пластичну деформацію [1, 2].

Мета роботи: експериментально визначити залишкову фіксованість та залишкову деформацію при вибухових переломах грудопоперекового відділу хребта.

Матеріали та методи

Предметом даного дослідження була фізична модель вибухового перелому тіла Th_{12} хребця. На базі лабораторії біомеханіки ДУ «ІПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» було створено шість моделей на анатомічних препаратах блоків хребетних сегментів тварини (свиня) на протязі від Th_{IX} до L_v хребців. Блоки хребців забирались у статевозрілих тварин однакового віку. Довжина блоків становила 200 мм. Відомий факт, що хребці свині як анатомічно, так і морфологічно максимально наближені до хребців людини [3]. Так, у роботі [3] авторами проводилися дослідження з вивчення анатомічних параметрів хребців людини та свині (розміри тіл хребців, дуг, хребетного каналу, величина фізіологічних викривлень). Доведено, що дослідження на свинячих хребцях є репрезентативними. Моделювання вибухового перелому, а саме руйнування тіла хребця, здійснювали згідно з класифікацією ушкоджень грудного і поперекового відділів хребта Magerl et al. [4, 5], відповідно до груп А, АВ, АС. До вибухових ушкоджень типу А належать неповні вибухові переломи, неповні вибухові переломи з розколюванням і повні вибухові переломи. При повному вибуховому переломі все тіло хребця вибухає, хребтовий канал звужується за рахунок фрагментів задньої стінки тіла хребця. Ушкодження типу АВ є дистракційними ушкодженнями заднього кістково-зв'язкового апарату в комбінації з вибуховим переломом типу А. Таке поєднання відбувається, якщо поперечна вісь згинального моменту збігається з віссю задньої стінки тіла хребця. Це ушкодження супроводжується поперечним розривом задньої колони з компресійним ушкодженням тіла хребця типу А. Воно є найбільш частим з усіх ушкоджень хребта. Ушкодження типу АС — ротаційні ушкодження, представлені повним вибуховим переломом тіла хребця з ротацією (АС) [4, 5].

Експеримент проводився так. Перша модель була представлена хребтними сегментами зі збереженими кістковими та зв'язковими структурами (І група — норма). У другій моделі було зруйновано до 50 % тіла хребця й один суміжний міжхребцевий диск, при збереженні задніх відділів хребта та коренів дуг (ІІ група — 30–50 % тіл). У третій моделі було зруйновано 50 % тіла хребця, один суміжний міжхребцевий диск, а також задні відділи хребта та корені дуг (ІІІ група — 50 % тіла). Ці ушкодження збігаються з неповним вибуховим переломом типу А. У четвертій моделі було зруйновано 50 % тіла хребця, один суміжний міжхребцевий диск, задні відділи тіла хребця, корені дуг, дуги, міжкостисті зв'язки (ІV група). Це ушкодження належить до ушкодження заднього кістково-зв'язкового апарату в комбінації з вибуховим переломом типу А (тип АВ, АС). У п'ятій моделі зруйновано все тіло (100 %) і один суміжний диск (V група — 100 % тіла). Воно належить до повного вибухового перелому типу А. У шостій групі було зруйновано 100 % тіла хребця, диск, дуги й зв'язки (VI група) — ушкодження типу АС [4–6].

Руйнування тіл хребців і міжхребцевих дисків здійснювали за допомогою долота. Моделюючи вибуховий перелом тіла хребця, ми намагалися максимально наблизити експериментальну модель до природних умов, а саме: робили хаотичне руйнування тіла хребця з наявністю фрагментів різних розмірів і з фрагментацією краніодорзальної частини тіла хребця. Так, наприклад, у групі з руйнуванням 50 % тіл хребця (ІІІ група) робили несиметричне руйнування верхньої частини тіла хребця двома поздовжніми й одним поперечним розтинами. Моделюючи руйнування задніх відділів тіла хребця, використовуючи поздовжні та поперечні розтини, ми спробували змодельовати вибуховий перелом із наявністю великого фрагмента задніх відділів тіла хребця. Моделі випробували вертикальним осьовим навантаженням величиною 200 Н. Випробування проводили на стенді для біомеханічних досліджень. Величину навантаження вимірювали за допомогою тензOMETричного датчика SBA-100L, результати фіксували пристроєм реєстрації CAS типу CI-2001A (рис. 1).

Величину деформації вимірювали за допомогою міліметрового паперу, який розташували на щиті за біомеханічною моделлю (рис. 2).

Фотокамеру розташували на відстані 100 см від моделі. Після кожної дії (навантаження, зняття навантаження) модель фотографували. Далі за допомогою олівця та міліметрового паперу виконували графометричні вимірювання. Вимірювали величину кіфотичної деформації, залишкової деформації, осьового подовження після зняття осьового навантаження. Величину кіфотичної деформації вимірювали за методикою Кобба [4–6]. Величину залишкової деформації та величину осьового подовження вимірювали на міліметровому папері (рис. 3).

Спершу вимірювали початкову довжину моделі (а), що досліджували. Потім здійснювали вертикальне

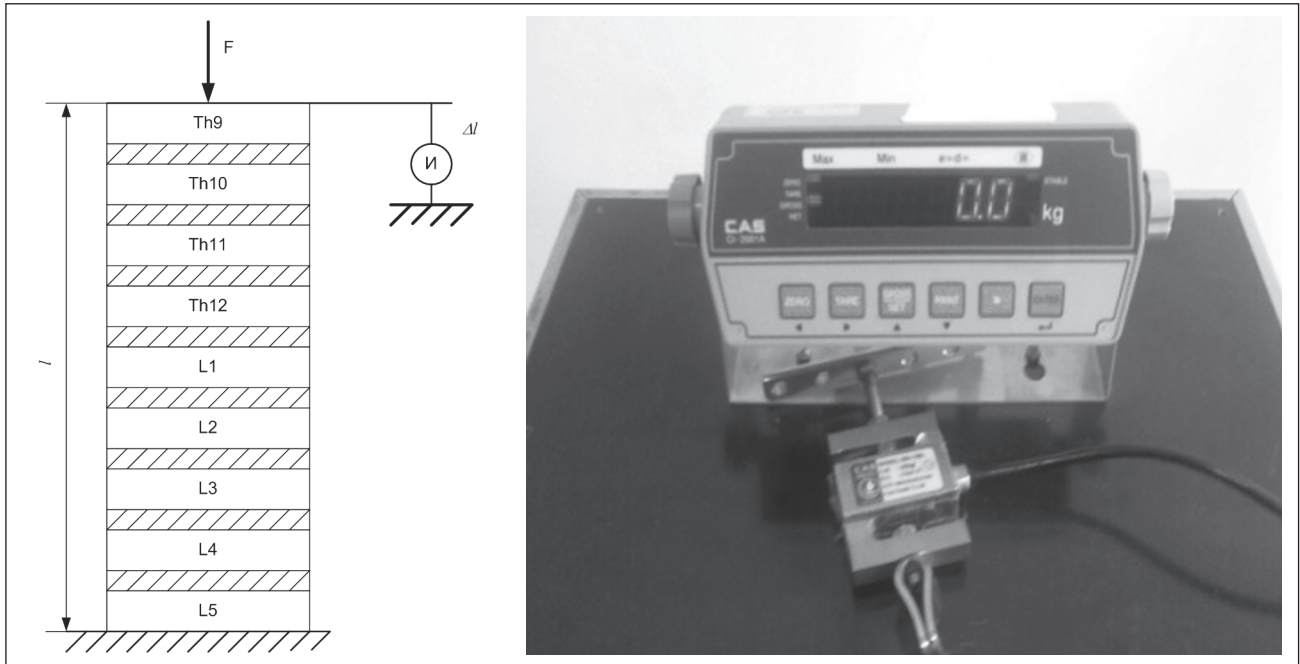


Рисунок 1. Схема (а) та пристрій для вимірювання (б) експериментального дослідження

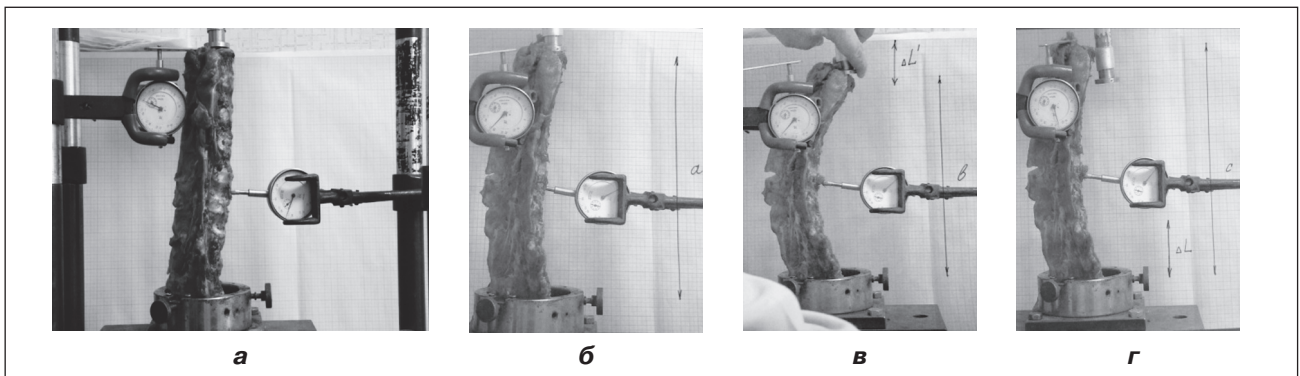


Рисунок 2. Приклад графометричного вимірювання біомеханічних моделей: а) початкова модель без руйнації хребта; б) модель з руйнацією 50 % тіла хребця із задніми відділами, корені дуг, дуги, міжкостиста зв'язка без навантаження; в) модель з руйнацією 50 % тіла хребця із задніми відділами, корені дуг, дуги, міжкостиста зв'язка з навантаженням у 200 Н протягом 1 хвилини; г) модель з руйнацією 50 % тіла хребця із задніми відділами, корені дуг, дуги, міжкостиста зв'язка після зняття навантаження

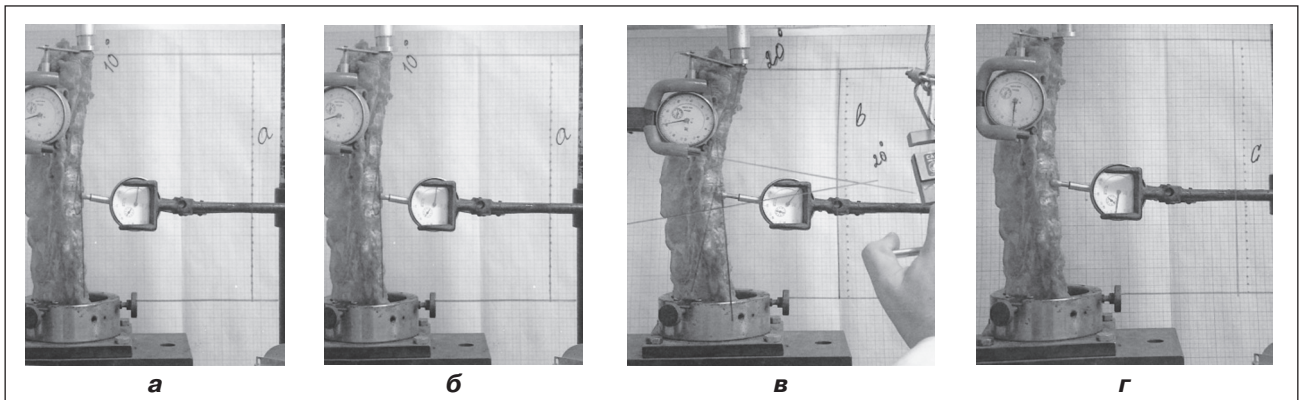


Рисунок 3. Графометричне вимірювання біомеханічної моделі при ушкодженні до 50 % тіла хребця: а) модель до навантаження після руйнації; б) модель під час навантаження; в, г) модель після навантаження

осьове навантаження моделі 200 Н. Навантаження тримали протягом однієї хвилини та вимірювали довжину навантаженої моделі (в). Після зняття навантаження вимірювали довжину об'єкта (с), що досліджували. Ротаційні або поперечні переміщення ми не реєстрували. Після тестів навантажень оцінювали величину осьового подовження (ΔL) та величину залишкової деформації ($\Delta L'$) (рис. 2). Величина осьового подовження (ΔL), або залишкова фіксованість хребта, характеризує пружну частину модуля загальної деформації і є різницею між довжиною об'єкта під час навантаження та після зняття навантаження: $(\Delta L) = c - v$. Величина залишкової деформації стискання — це частина деформації, що не зникає після усунення навантаження. Ця величина характеризує пластичну частину деформації. Отже, різниця між укороченням і подовженням є залишковою деформацією стискання: $\Delta L' = a - c$. Величина залишкової деформації може вимірюватись щодо тієї моделі, яка досліджується, з певним ступенем руйнації ($\Delta L' = a - c$), так і до незруйнованого хребта ($\Delta L' = A - c$). Принцип залишкової деформації стискання полягає в тому, що після зняття навантаження спостерігається стійкість до стискання, що вимірюється співвідношенням зменшення висоти зразка до початкової величини, що вимірюються у відсотках. Чим нижчий цей показник, тим модель є більш стійкою до деформації.

Результати

Аналізуючи переміщення точок об'єктів на міліметровому папері, ми виявили певні закономірності. Так, початкова довжина об'єкта з цілими кістковими структурами (норма) становила 175 мм. Локальна кутова деформація — -5° , тобто показники сагітального балансу мали негативні значення. У моделі (II група — 30–50 % тіл) з ушкодженням до 50 % тіла хребця, без ушкодження або з мінімальним ушкодженням заднього відділу тіла хребця, без ушкодження коренів дуг довжина об'єкта дорівнювала 150 мм, а величина кіфотичної деформації — 10° . При навантаженні в 200 Н величина кіфотичної деформації становила до 20° , а довжина — 145 мм. При усуненні навантаження довжина об'єкта повністю повернулася до початкового рівня ушкодженої моделі — до 150 мм. Таким чином, залишкова деформація, що виникла за рахунок руйнації тіла хребця, зменшила об'єкт на 25 мм від довжини початкового об'єкта без руйнації (175 мм) і дорівнювала 14,3 %. Локальна кіфотична деформація збільшилась на 15° — від -5° до $+10^\circ$ порівняно з початковим об'єктом без руйнації. При навантаженні в 200 Н величина кіфотичної деформації збільшилась від 10° до 20° , а довжина об'єкта після навантаження становила 145 мм. Після зняття навантаження величина кіфотичної деформації та довжина об'єкта повністю повернулись до початкового рівня, а саме до 150 мм і 10° відповідно. Отже, залишкова фіксованість хребта при ушкодженні до 50 % тіла хребця зі збереженими задніми відділами

хребця та коренів дуг становить 100 %, а залишкова деформація хребта від початкового неушкодженого об'єкта — 14,3 %. Це означає той факт, що саме первинна руйнація хребта призводить до виникнення залишкової деформації, а подальше навантаження не призводить до подальшого розвитку деформації, і ушкоджений хребет є повністю пружним варіантом деформації.

У наступній моделі було зруйновано 50 % тіла хребця, один краніальний суміжний міжхребцевий диск, задні відділи хребця та корені дуг (III група — 50 % тіла). Довжина досліджуваного об'єкта становила 150 мм. Тобто порівняно з попереднім дослідженням довжина об'єкта не змінилась. Далі при навантаженні об'єкта 200 Н розвинулась кутова деформація до 40° , а довжина об'єкта дорівнювала 135 мм. Після усунення навантаження довжина об'єкта повернулася до попереднього значення, а саме до 150 мм. Тобто залишкова фіксованість хребта при ушкодженні 50 % тіла хребця з ушкодженими задніми відділами хребця та коренів дуг становить 100 %, а залишкова деформація хребта від початкового неушкодженого об'єкта не змінилась — 14,3 %. Наступна модель характеризувалась ушкодженням 50 % тіла хребця з ушкодженими задніми відділами хребця, коренів дуг, дуг і міжкостистої зв'язки. Довжина досліджуваного об'єкта дорівнювала 150 мм. При навантаженні моделі 200 Н розвинулась кутова деформація у 42° , і довжина об'єкта стала 135 мм. Після усунення навантаження довжина об'єкта становила 145 мм, тобто змінилась на 5 мм від стану перед навантаженням. Отже, при ушкодженні задніх відділів хребта довжина моделі не змінилась. Після дії навантаження залишкова фіксованість хребта дорівнювала 96,5 %, залишкова деформація хребта від початкового неушкодженого об'єкта зросла до 17,8 %.

У наступній моделі виконували руйнування 100 % тіла хребця та одного суміжного диска. Початкова довжина досліджуваного об'єкта в нормі становила 200 мм, після руйнування тіла хребця на 100 % довжина моделі змінилась до 155 мм. Тобто залишкова деформація хребта стала 21,5 %. Ця залишкова деформація розвинулась внаслідок просідання кісткових фрагментів на рівні руйнування тіла хребця. Далі при навантаженні об'єкта силою 200 Н розвинулась деформація з кутом 24° . Довжина моделі при навантаженні становила 145 мм. Після зняття навантаження довжина моделі повернулася на рівень до навантаження. Тобто залишкова фіксованість хребта при ушкодженні 100 % тіла хребця та навантаженні силою 200 Н дорівнює 100 %, а залишкова деформація хребта від початкового неушкодженого об'єкта не змінилась — 21,5 %. Наступний об'єкт дослідження являє собою тіло хребця, що зруйновано на 100 %, розрив міжхребцевої зв'язки, перелом дуг. При цих ушкодженнях залишкова деформація хребта від початкового неушкодженого об'єкта не змінилась і становить 21,5 %. При навантаженні моделі силою 200 Н розвинулась кутова деформація

ція 44° і довжина моделі скоротилась від 155 до 135 мм. Після усунення навантаження довжина досліджуваної моделі стала 147 мм. Отже, залишкова фіксованість моделі зі 100-відсотковим ушкодженням тіла хребця, одним суміжним міжхребцевим диском, ушкодженням міжкостистої зв'язки та дуг стала 94,8 %, а залишкова деформація хребта від початкового неушкодженого об'єкта зросла до 26,7 %.

Висновки

Розроблена експериментальна модель на хребті тварин дозволила нам визначити основні закономірності розвитку кифотичної деформації при вибухових переломах груднопоясничного відділу хребта, а саме визначити основні біомеханічні показники: залишкову фіксованість і залишкову деформацію хребта. Ушкодження тіла хребця до 50 % призводить до первинного розвитку залишкової деформації. Подальше навантаження хребта не викликає прогресування деформації, і саме залишкова фіксованість хребта становить 100 %. Ушкодження заднього опорного комплексу хребта призводить до незначної прогресії залишкової деформації до 6 %.

Таким чином, основним висновком експерименту є таке, що розвиток деформації хребта перш за все

виникає під час руйнації тіла хребця, тобто безпосередньо в момент травми. Лише при ушкодженні задніх відділів хребта під час подальшого навантаження можливе прогресування деформації.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів при підготовці даної статті.

Список літератури

1. Березовский В.А., Колотилов Н.Н. *Биофизические характеристики тканей человека: Справочник.* — К.: Наукова думка, 1990. — 224 с.
2. Образцов И.Ф. *Проблемы прочности в биомеханике / И.Ф. Образцов, И.С. Адамович, А.С. Барер и др.* — М.: Высшая школа, 1988. — 312 с.
3. Iris Busscher, Joris J.W., Ploermakers et al. *Comparative anatomical dimensions of the complete human and porcine spine // Eur. Spine J.* — 2010. — Vol. 19. — P. 1104-1114.
4. Max Aebi, Vincent Arlet, John K. Webb. *AO Spine Manual Principles and techniques // Thieme.* — 2007. — Vol. 1. — P. 663.
5. Max Aebi, Vincent Arlet, John K. Webb. *AO Spine Manual Principles and techniques // Thieme.* — 2007. — Vol. 2. — P. 837.
6. McCormack T., Karaikevic E., Gaines R.W. *The load sharing classification of spine fractures // Spine.* — 1994. — Vol. 19. — P. 1741-1744.

Отримано 16.08.2017 ■

Попсуйшапка К.А., Карпинский М.Ю., Тесленко С.А., Карпинская Е.Д., Попов А.И.
 ГУ «Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И. Ситенко НАМН Украины»,
 г. Харьков, Украина

Остаточная фиксированность позвоночных сегментов при взрывных переломах груднопоясничного отдела позвоночника

Резюме. Введение. Взрывные переломы являются наиболее распространенными и наиболее тяжелыми повреждениями позвоночника. Взрывные переломы характеризуются многооскольчатыми повреждениями тела позвонка, могут сопровождаться разрывом связок и переломом элементов заднего опорного комплекса с формированием разных видов деформации, упругого и пластичного характера. **Цель.** Экспериментально определить остаточную фиксированность и остаточную деформацию при взрывных переломах груднопоясничного отдела позвоночника. **Материалы и методы.** Предметом данного исследования была физическая модель взрывного перелома тела Th₁₂ позвонка. Были созданы шесть моделей на анатомических препаратах блоков позвоночных сегментов животных (свинья) на протяжении от Th_{ix} до L_v позвонков. Блоки позвонков забирались от половозрелых животных одного возраста. Длина блоков составляла 200 мм. Первая модель была представлена позвоночными сегментами с целыми костными и связочными структурами (I группа — норма). На второй модели были разрушены до 50 % тела позвонка и один межпозвоночный диск, при сохранении задних отделов позвонка и корней дуг (II группа — 30–50 % тела). В третьей модели были разрушены до 50 % тела позвонка, один смежный межпозвоночный диск, задние отделы позвонка и корни дуг (III группа — 50 % тела). В четвертой модели были разрушены 50 % тела позвонка, один смежный межпозвоночный диск, задние отделы позвонка, корни дуг, дуги, меж-

остистые связки (IV группа). В пятой модели все тело (100 %) и один смежный диск разрушены (V группа — 100 % тела). В шестой модели разрушены 100 % тела позвонка, диск, дуги и связки (VI группа). Модели испытывали вертикальной осевой нагрузкой величиной 200 Н. Измеряли величину кифотической деформации, осевого удлинения после снятия нагрузки. **Результаты.** В ходе исследования были получены данные об изменении величины кифотической деформации позвоночника при осевой нагрузке в зависимости от объема разрушений при взрывном переломе тела Th₁₂ позвонка. Также были изучены остаточные упругие свойства препаратов хребта при наличии указанных разрушений. **Выводы.** Разработанная экспериментальная модель на позвоночнике животного позволила определить основные закономерности развития кифотической деформации при взрывных переломах груднопоясничного отдела позвоночника, а именно: определить основные биомеханические показатели — остаточную фиксированность и остаточную деформацию позвоночника. Повреждение тела позвонка до 50 % приводит к первичному развитию остаточной деформации. Дальнейшая нагрузка на позвоночник не приводит к прогрессированию деформации, и остаточная фиксация составляет 100 %. Повреждение заднего опорного комплекса позвоночника приводит к незначительной прогрессии остаточной деформации до 6 %.

Ключевые слова: позвоночник; взрывной перелом; остаточная деформация

K.A. Popsuyshapka, M.Yu. Karpinskiy, S.A. Teslenko, E.D. Karpinska, A.I. Popov
 SI "Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine",
 Kharkiv, Ukraine

Residual spinal segment fixation in burst thoracolumbar spine fractures

Abstract. Background. Burst fractures are the most common and most serious injuries of the spine. Burst fractures are characterized by multisplintered injuries of the vertebral body, may be accompanied by rupture of ligaments and by fractures of the elements of the posterior support complex. The purpose of the study was to determine experimentally the residual fixation and permanent deformation in burst fractures of the thoracolumbar spine. **Materials and methods.** Subject of this study is the physical model of the Th₁₂ vertebral body burst fracture. There were created six models using anatomical preparation of the vertebral segment blocks of the animal (pig) in length from Th_{IX} to L_V vertebrae. The vertebral blocks were collected from sexually mature animals of the same age. The length of the blocks was 200 mm. The first model was presented by vertebral segments of saved bone and ligamentous structures (group I — normal). The second model had 50 % of destroyed vertebral body and one adjacent intervertebral disc, keeping the spine and posterior roots of arcs (II group — 30–50 % of the body). There were destroyed 50 % of the vertebral body, one adjacent intervertebral disc, posterior spine section and roots of arcs of the third model (III group — 50 % of the body). There were destroyed 50 % of the vertebral body, one adjacent intervertebral disc, posterior vertebral body, roots of arcs, arcs, interspinous ligaments (IV group). There were destroyed 100 % of the entire body and one adjacent disc of the fifth model (V group — 100 % destruction of the body). In the sixth group, there were destroyed 100 % of the vertebral body, disc, arcs and interspinous ligaments (VI group). Models were tested with vertical axial load value 200 N. We measured the value of kyphotic deformation of axial elongation after removing the load. **Results.** The initial length of the object with entire bone structure (the rate) was 175 mm. Sagittal balance parameters have negative values — local angular deformation is -5° . The length of the model (II group — 30–50 % of the body) with damage up to 50 % the vertebral body, without damage or with minimal damage to the posterior vertebral body, without damage of the roots of arcs, was 150 mm. Kyphotic deformation — 10° . With load of 200 N, kyphotic deformation value was up to 20° , and the length was 145 mm. When removing the load, the length of the object completely returned to the initial level of the damaged model — to 150 mm. The residual deformation that emerged due to the vertebral body destruction caused the loss in the height by 25 mm of the object without destruction, and its value was 14.3 %. Local kyphotic deformation increased by 15 % from -5 to $+10^\circ$ as compared to the initial state of the object without deformation. With load of 200 N, kyphotic deformation value increased from 10° to 20° , and length of the object was 145 mm. When removing the load, the kyphotic deformation value and the length of the object have completely returned to 150 mm and 10° , respectively. Thus, the residual fixation of the spine at 50 % damage of the vertebral body with preserved posterior vertebral arcs and roots is 100 %, and the residual spine deformation remained 14.3 % from the initial state of the body. This determines the fact that it is the primary spine destruction causes residual deformation, and further load does not lead to the development of deformations, and damaged spine is fully resilient

deformation option. 50 % of the vertebral body, one adjacent cranial intervertebral disc, posterior vertebral sections and roots of arcs were destroyed during the study of the next model (III group — 50 % of the body). In comparison with previous investigation, the length of the object has not changed. The load of 200 N caused angular deformation up to 40° , and the length of the object was 135 mm. After unloading, the length returned to 150 mm. It means that residual fixation at 50 % vertebral body deformation with posterior vertebral sections and roots of arcs is 100 %, and residual strain of the spine in comparison with initial undamaged state of the object remained the same — 14.3 %. The next model is characterized by 50 % of vertebral body deformation with posterior vertebral sections and roots of arcs, arcs and interspinous ligament destruction. The length of the object was 150 mm. Under the loading with 200 N, the angular deformation became 42° and the length — 135 mm. After the loading has been removed, the length of the object has changed by 5 mm from the state before loading and was 145 mm. Thus, the damage to the posterior sections of the spine didn't change the length of the model. After loading, the residual spine fixation became 96.5 %, and residual strain increased to 17.8 % in comparison with the initial state of the object. Next model was characterized by 100 % damage of the vertebral body and one adjacent disc. Initial length of the object in normal state was 200 mm. After destruction of the vertebral body by 100 %, it has been changed to 155 mm. The residual strain of the vertebral body has been changed to 21.5 %. This residual strain progressed due to subsidence of osteal fragments at the destruction of the vertebral body. Then, the load of 200 N caused the deformity with 24° angle. The length of the model under loading was 145 mm. After removing the load, the length of the model returned to the initial level. Thus, the residual fixation of the vertebral body after its 100 % damage (loading power 200 N) is 100 %, and residual strain of the spine was changed to 21.5 % in comparison with the initial state of the object. Group VI was presented by vertebral body destroyed by 100 %, intervertebral ligament rupture, arc fracture. At these injuries, the residual strain of the spine remained 21.5 % in accordance with the initial state of the object. At loading power of 200 N, the deformation angle increased to 44° , and the length of the model reduced from 135 to 155 mm. After unloading, the length of the model became 147 mm. Thus, residual deformity of the vertebral body increased to 26.7 % from the initial state of the object. **Conclusions.** Experimental model designed on the spine of the animal helped us to determine basic patterns of kyphotic deformity in burst thoracolumbar spine fractures. Particularly, to identify the main biomechanical characteristics: residual fixation and residual deformation of the spine. Destruction of the vertebral body to 50 % leads to primary development of residual deformation. The further load on the vertebral body doesn't lead to deformity progression, and residual fixation of the vertebral body is 100 %. Damage to the posterior spinal support complex causes a slight progression of the residual deformation up to 6 %.

Keywords: spine; burst fracture; residual deformation