

Ukr Neurosurg J. 2022;28(2):8-21  
doi: 10.25305/unj.255151

## Еволюція класифікацій травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу хребта

Нехлопочин О.С.

Відділення патології спинного мозку та хребта, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України, Київ, Україна

Надійшла до редакції 15.04.2022  
Прийнята до публікації 21.05.2022

### Адреса для листування:

Нехлопочин Олександр Сергійович,  
PhD, Відділення патології  
спинного мозку та хребта,  
Інститут нейрохірургії ім. акад.  
А.П. Ромоданова, вул. Платона  
Майбороди, 32, Київ, Україна,  
04050, e-mail: AlexeyNS@gmail.com

За даними різних авторів, на частку травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу припадає від 2/3 до 3/4 від усіх переломів хребта. Розробка, впровадження в клінічну практику та вдосконалення методів лікування ушкоджень цієї ділянки пов'язані зі спробами класифікувати травми на різні категорії за загальними найбільш значущими, на думку автора, ознаками. Еволюція класифікацій травматичних ушкоджень хребта в цілому та його груднопоперекового відділу зокрема значною мірою зумовлена розвитком уявлень про біомеханіку ушкоджень.

В огляді зроблено спробу коротко охарактеризувати найвідоміші класифікації. При аналізі літератури відібрано 28 систем ранжування ушкоджень, що відображують в історичному аспекті зміну уявлень про принципи класифікації, біомеханіку ушкоджень і тактику лікування. При описі певних видів ушкоджень ми намагалися максимально точно відобразити патоморфологічну характеристику перелому в авторському трактуванні, тому в різних класифікаціях, наведених у цій публікації, один і той самий тип ушкодження може мати дещо відмінні ознаки.

Систематизована в огляді інформація становить переважно історичний інтерес, але у деяких випадках може бути корисною практикуючому клініцисту з низки причин. По-перше, з огляду на величезний обсяг роботи, проведеної авторами класифікацій з аналізу та систематизації матеріалу, у низці публікацій наведено опис рідкісних видів ушкоджень, а запропоновані методи лікування і нині можуть мати практичне значення. По-друге, навіть у сучасних публікаціях, присвячених вивченню певних особливостей біомеханіки або тактики терапії ушкоджень хребта, автори часто використовують маловідомі або формально застарілі системи ранжування ушкоджень, оскільки певний принцип класифікації може більше відповідати завданню дослідження. По-третє, загальний аналіз еволюції класифікаційних систем допомагає виявити історично сформовані як дефінітивні, так і тактичні помилки, розуміння яких дає змогу критичніше ставитися до фактично загальноновизнаних тверджень.

**Ключові слова:** еволюція; класифікація; травматичне ушкодження груднопоперекового відділу

### Вступ

Травматичні ушкодження груднопоперекового відділу хребта є досить поширеним результатом позаможного механічного впливу на організм людини. Еволюція уявлень про можливі та оптимальні методи лікування безпосередньо пов'язана як з розробкою та впровадженням у клінічну практику інноваційних методик на різних етапах розвитку медицини, так і з уявленнями про біомеханіку ушкоджень, що змінюються.

Відомо, що концепція стабільності травматичних ушкоджень хребта є одним із ключових чинників при визначенні тактики лікування [1]. Стабілізацію та спондилодез проводять для усунення нестабільності, що виникла у результаті травми або виконання декомпресивного етапу хірургічного втручання. При цьому поняття «нестабільність хребта» досить широко інтерпретується і постійно змінюється. Відзначено, що компоненти нестабільності хребта настільки

різноманітні, що зазначене поняття має мало сенсу без урахування контексту [2].

Спроби визначити оптимальний вид лікування для певної групи подібних ушкоджень стали основою для розробки класифікацій цих ушкоджень. Така прив'язка методів ранжування до терапії характерна не лише для травм хребта, а і для опорно-рухового апарату в цілому.

В огляді наведено найвідоміші класифікації травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу хребта. Системи ранжування нетравматичних переломів, яких також розроблено багато, не розглядали.

Наведена інформація становить переважно історичний інтерес, але у деяких випадках може бути корисною практикуючому клініцисту з низки причин. По-перше, з огляду на величезний обсяг роботи, проведеної авторами класифікацій з аналізу та систематизації матеріалу, у низці публікацій наведено

Copyright © 2022 Нехлопочин О.С.



Робота опублікована під ліцензією Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

опис рідкісних видів ушкоджень, а запропоновані методи лікування і нині можуть мати практичне значення. По-друге, навіть у сучасних публікаціях, присвячених вивченню певних особливостей біомеханіки або тактики терапії ушкоджень хребта, автори часто використовують маловідомі або формально застарілі системи ранжування ушкоджень, оскільки певний принцип класифікації може більше відповідати завданню дослідження. По-третє, загальний аналіз еволюції класифікаційних систем допомагає виявити історично сформовані як дефінітивні, так і тактичні помилки, розуміння яких дає змогу критичніше ставитися до фактично загальноновизнаних тверджень.

#### **A.G. Devis (1929)**

Одним із основоположників класифікації ушкоджень грудного та поперекового відділів хребта вважають Artur G. Devis, який у 1929 р. опублікував працю «Fractures of the spine» («Переломи хребта») [3]. Особливістю публікації є не розподіл ушкоджень на групи, а авторський метод лікування травматичних ушкоджень. Наведено результати терапії 19 випадків вибухових переломів груднопоперекового відділу із 33 спостережень. Докладно описано анатомічні особливості вибухових переломів, які дають змогу виконати корекцію методом дозованої гіперекстензії. До таких ознак автор відносить багатооскольчасте ушкодження тіла хребця, анатомічну цілісність передньої поздовжньої зв'язки, збережену опороспроможність фасеткових суглобів, збереження міжхребцевих дисків, цілісність дуг хребців.

A. Devis зазначає, що міцності передньої поздовжньої зв'язки достатньо, щоб витримати дозовану гіперекстензію, необхідну для відновлення анатомічного контуру тіла компримованого хребця. Натяг зв'язки сприяє корекції осі та діє як обмежувальна мембрана для надмірного розширення травмованого сегмента. Опорними точками важелів, що діють через хребці, прилеглі до ушкодженого, слугують фасеткові суглоби, які є основним механізмом корекції. Додатковим важливим механізмом, що має другорядне значення, є ніжки дуги, що в більшості випадків залишаються конфлюентними з нижнім фрагментом. Жорстка фіксація та відносна цілісність міжхребцевих дисків забезпечують відновлення кола і загального контуру фрагментованого тіла.

Запропонований метод лікування травматичних ушкоджень хребта тривалий час вважали найефективнішим і кращим. Анатомічні аспекти переломів, описані автором, використано для розробки «анатомічних» класифікацій.

#### **L. Böhler (1929)**

Перша повноцінна класифікація кістково-травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу наведена у книзі «Die Technik der Knochenbruchbehandlung» («Техніка лікування переломів кісток») австрійського хірурга Lorenz Böhler, опублікованій у 1929 р. [4]. Автор комбінував механізм травми та характер ушкодження і виділив 5 типів: компресійні переломи, флексійно-дистракційні, екстензійні з ушкодженням передньої та задньої поздовжніх зв'язок, зсувні переломи, ротаційні травми. У наступних публікаціях додано 6-й тип – ушкодження внаслідок бічної флексії [5].

Запропонована класифікація мала суто описовий характер без прив'язки до клінічної симптоматики, оскільки в ній не виділено більш-менш «тяжкі» ушкодження, була відсутня прогностична складова і вона незначною мірою впливала на загальну тактику лікування.

#### **R. Watson Watson-Jones (1938)**

Першу класифікацію переломів грудного та поперекового відділів, опубліковану в науковому періодичному виданні, розробив англійський ортопед Sir Reginald Watson Watson-Jones [6]. Автор виділив переломи тіл хребців, переломи суглобових відростків, відривні переломи поперекових відростків і контузійні переломи остистих відростків. У своїй роботі, що ґрунтується на результатах лікування 252 пацієнтів, R. Watson-Jones акцентував увагу на ушкодженнях тіл хребців як клінічно найбільш значущих і виділив такі типи: простий компресійний перелом, оскольчастий перелом та переломо-вивих.

Автор навів рекомендовані схеми лікування для кожного типу ушкоджень, що ґрунтуються на постуральному вправленні та іммобілізації в гіпсовому корсеті, за винятком переломо-вивихів, коли в деяких випадках перед накладанням гіпсу рекомендовано хірургічне лікування. R. Watson-Jones розробив класифікаційну схему для диференціювання характеру кісткового ушкодження та визначення оптимального методу закритого вправлення. Наведено також аналіз ефективності різних методів корекції кіфозу. Найраціональнішим лікуванням визнано іммобілізацію гіперекстензії за методом A. Devis з модифікаціями для кожного виду переломів.

Відзначено важливість мінімізації кіфозу та досягнення ідеальної рентгенологічної картини як критерій ефективності терапії. Автор наголосив, що груба клиноподібна деформація при будь-якому типі ушкодження неминуче призводить до порушення співвідношення у фасеткових суглобах і спричиняє виразні болючі відчуття, але не навів чітких критеріїв, що визначають ступінь деформації.

Автор оцінював значення клиноподібної деформації або компресії тіла хребця, зменшення висоти міжхребцевих дисків і формування «кісткових шпор» – явищ спондилозу як рентгенологічні критерії через 12 міс після травми. Незважаючи на те, що за результатами лікування лише у 7% пацієнтів ступінь деформації перевищував 0,25 дюйма (0,63 см), у третини хворих відзначено наявність виразних больових відчуттів, а 4% повідомили про сильний біль.

#### **H. Platt (1938)**

Практично одночасно з R. Watson-Jones інший англійський ортопед Sir Harry Platt опублікував працю «Fractures and dislocations of the spine» («Переломи та вивихи хребта»), в якій класифікував ушкодження залежно від механізму впливу травмувального чинника [7]. Вперше згадано поняття «передня опорна колона хребта». Автор виділив такі типи ушкоджень:

*вертикальна компресія* – цей механізм переважно зумовлює формування тріщин тіла хребця внаслідок падіння з висоти на сідниці чи п'яти. Сила передається через передню опорну колону хребта і впливає переважно на один хребець, зазвичай Th12 або L1, який ушкоджується та набуває клиноподібної форми. Якщо дія інтенсивніша, то в хребцях, розташованих

безпосередньо вище і нижче від місця основної травми, видно клиноподібну деформацію слабкішого ступеня;

*гіперфлексія* – за такого механізму на хребет раптово впливає згинальне зусилля, точкою застосування якого слугують верхня частина спини, плечі або голова. Найвідомішими прикладами такого роду ушкоджень є травми у вугільних шахтах, спричинені покрівлею, що обрушилася. Переломи в результаті гіперфлексії набувають однієї з таких форм:

а) колапс одного тіла хребця, часто з фрагментацією і розривом міжхребцевого диска, розташованого нижче;

б) класичний перелоמו-вивих груднопоперекового переходу, в якому відзначається перелом дужок або рідше вивих виникає у міжхребцевих суглобах. Після цього відразу відбувається пряме зміщення тіла хребця та звуження хребтового каналу. У деяких випадках спостерігається спонтанне вправлення вивиху;

*ротація* – обертання, у поєднанні зі згинанням є зусиллям, що зумовлює формування підвивихів чи вивихів. Ця травма найхарактерніша для шийного відділу хребта. У груднопоперековому відділі трапляється досить рідко і супроводжується переломом дуги чи суглобового відростка;

*гіперекстензія* – перерозгинальні переломи хребта. Як зазначає автор, досить рідкісні. При цьому типі ушкодження максимальне зусилля, що компримує, впливає на задні відділи передньої колони. Якщо зламане тіло хребця подрібнюється, то високий ризик випинання фрагментів у хребтовий канал, що призводить до тяжких неврологічних наслідків.

Наведено основні принципи лікування різних типів ушкоджень, основним з яких є іммобілізація гіперекстензії. Вперше запропоновано поняття ділянки груднопоперекового переходу як зони, що найчастіше схильна до травматичного впливу.

#### **G.Q. Chance (1948)**

У 1948 р. опубліковано працю George Quentin Chance «Note on a type of flexion fracture of the spine» («Допис про тип згинального перелому хребта») [8]. Наведено короткий, але вичерпний опис одного типу ушкодження з анатомічними та біомеханічними характеристиками. В англомовній літературі такий перелом відомий як «Chance fracture» або «seat belt injury».

Автор зазначає, що у разі флексійної дії на хребет навантаження розподіляється на тіло хребця, надаючи компресійний ефект, дуги та міжостисту зв'язку, що спричиняє distraкцію. У разі надмірного зусилля має місце анатомічне ушкодження тіла хребця з формуванням компресійного перелому, або, якщо з будь-яких причин цього не відбувається, ушкоджуються міжостиста зв'язка і суглобові відростки.

Нині визнано флексійно-дистракційний механізм формування перелому Чанса. Травма рідко пов'язана з неврологічним дефіцитом, у більшості випадків локалізується в ділянці груднопоперекового переходу. У понад 50% випадків поєднується з абдомінальною травмою.

#### **E.A. Nicoll (1949)**

Подальше вдосконалення класифікацій ушкоджень грудного та поперекового відділів пов'язане з працею

Ernest Alexander Nicoll, опублікованою у 1949 р. [9]. Автор фактично модифікував схему R. Watson-Jones і додав описаний роком раніше перелом Чанса. Робота ґрунтується на аналізі 166 переломів у 152 шахтарів, які постраждали на виробництві.

Е. Nicoll виділив 5 типів ушкоджень:

*передній клиноподібний (компресійний) перелом* – може мати різний ступінь виразності, у разі значної передньої компресії неминуче поєднується з ушкодженням міжостистої зв'язки, що призводить до трансформації його в перелоמו-вивих;

*компресійно-оскольчастий перелом* – виникає внаслідок безпосереднього впливу травмувального чинника на хребет. Автор зазначає, що для цього типу ушкоджень характерний зсув кісткових фрагментів ушкодженого хребця у віддаленому періоді;

*перелом з латеральною компресією* реєструють у 14% випадків. Автор припустив, що виникнення таких травматичних деформацій пов'язане з флексійно-ротаційним механізмом травми. Перелом характеризується латеральною компресією тіла хребця, ушкодженням фасеткового суглоба на боці компресії та переломом поперечного відростка на протилежному боці. Прогностично несприятливий щодо відновлення функціональної активності потерпілих. Часто супроводжується виразними больовими відчуттями. Погано піддається вправленню та має схильність до редислокації. Може бути пов'язаний з ушкодженням спинного мозку чи кінського хвоста;

*перелоמו-вивих* – найтяжчий варіант травми, часто пов'язаний із неврологічним дефіцитом. До цього типу ушкоджень автор відносить будь-який компресійний перелом із розривом міжостистої зв'язки. Як спосіб диференційної діагностики Е. Nicoll рекомендує флексійну пробу з рентгенографією в бічній проекції. Поява чи наростання зсуву дає змогу диференціювати перелоמו-вивих. Анатомічні види травми: підвивих у фасеткових суглобах, верховий вивих, перелом суглобових відростків або дуги, вивих, що зчепився. На думку автора, перші три варіанти ушкодження підлягають постуральній корекції і лише четвертий – хірургічному лікуванню; переломи дуги хребця, на думку автора, мають різні біомеханічні механізми. Перший – ротаційна дія, яка зазвичай призводить до симетричного двобічного ушкодження, другий – флексійно-дистракційний, описаний G. Chance.

Основним внеском автора у розвиток та оптимізацію методів лікування є розподіл травматичних ушкоджень на стабільні та нестабільні. На думку Е. Nicoll, при стабільних переломах відсутній ризик збільшення деформації і, як результат, ушкодження спинного мозку. Лікування таких пацієнтів не потребує фіксації гіпсовим корсетом. До стабільних переломів автор відносить передні та латеральні компресійні, а також переломи дуги рівнем вище за хребець L4, до нестабільних – усі переломи з ушкодженням міжостистої зв'язки і переломи дуг хребців L4 та L5.

На відміну від R. Watson-Jones, який оцінював ефективність терапії за рентгенологічною картиною, Е. Nicoll як основний критерій успішного лікування розглядає функціональну активність пацієнта, який переніс травму. Абсолютно успішною вважається терапія, яка дає змогу протягом 2 років після будь-якого травматичного ушкодження повернутися до

повноцінної праці. Наведено приклади невідповідності рентгенологічної картини клінічному стану постраждалих.

#### **F. Wild Holdsworth (1962)**

Sir Frank Wild Holdsworth у 1962 р. під час лекції у Королівському хірургічному коледжі Лондона, присвяченій травмам хребта, представив власну класифікацію, що ґрунтувалася на великій кількості клінічних, рентгенологічних та хірургічних спостережень.

Автор вперше згадав «задній зв'язковий комплекс», до якого відніс надостисту та міжостисту зв'язки, капсулу фасеткових суглобів і жовту зв'язку. Саме ушкодження зазначених анатомічних структур призводить до формування нестабільних переломів. Удосконалений варіант класифікації опубліковано в 1970 р. [10].

До стабільних ушкоджень груднопоперекового відділу F. Holdsworth відніс:

*простий клиноподібний перелом, який виникає в результаті згинального навантаження, не спричиняє значної деформації. Потребує консервативної терапії: постільного режиму протягом 2-3 тиж з наступною фіксацією напівжорстким корсетом;*

*вибуховий перелом, зумовлений вертикальним компресійним навантаженням. Зазвичай супроводжується виразними больовими відчуттями. Показана терапія у вигляді іммобілізації протягом 8-12 тиж з подальшою поетапною реабілітацією;*

*розгинальний перелом – рідкісний вид ушкоджень груднопоперекового відділу, виникає при перерозгинанні, в момент травми може спостерігатися вивих, який через збереження заднього зв'язкового комплексу вправляється спонтанно. Рентгенологічна діагностика тяжка. Терапія залежить від ступеня ушкодження та докладно автором не описана.*

F. Holdsworth виділив такі нестабільні переломи:

*вивих – механізмом формування є згинальне навантаження, що зумовлює розрив зв'язкового апарату після клиноподібної деформації тіла хребця або без такої. Травма завжди потребує оперативного лікування із задньою фіксацією імплантатами та іммобілізацією протягом 12-14 тиж у гіпсовому корсеті;*

*ротаційний перелоμο-вивих – найнестабільніший з усіх можливих ушкоджень, формується в результаті комбінації згинання та ротації. У разі неускладнених травм, що трапляються при цьому типі ушкоджень, як зазначає автор, досить рідко, показана консервативна терапія з іммобілізацією протягом 12-14 тиж у гіпсовому ліжку. За наявності паралегії рекомендоване оперативне лікування в обсязі задньої фіксації пластинами за остисті відростки двох вище та нижче розташованих хребців, що полегшує в перспективі догляд за пацієнтом;*

*перелом, що розтинає, виникає в результаті безпосереднього механічного впливу на хребет, характеризується ушкодженням суглобових відростків та зв'язкового апарату, трапляється лише в грудному відділі хребта. На думку автора, завжди пов'язаний з ушкодженням спинного мозку. ушкодження умовно стабільне та потребує хірургічної корекції лише у разі значного зсуву.*

Автор, як і E. Nicoll, не розглядав відновлення рентгенологічно правильної осі хребта як основний критерій ефективності терапії.

У сучасній англомовній літературі трапляється термін «*Holdsworth fracture*» – флексійно-ротаційне ушкодження, описане автором, що характеризується переломом тіла хребця, розривом зв'язкового апарату і переломом фасеткових суглобів [11].

#### **H. Kaufer та J.T. Hayes (1966)**

У 1966 р. двома американськими дослідниками Herbert Kaufer і John T. Hayes була представлена власна класифікація вивихів та перелоμο-вивихів поперекового відділу хребта і зони груднопоперекового переходу [12]. Автори розглядали хребетно-руховий сегмент як комплекс трьох анатомічно окремих, але функціонально єдиних суглобів (два фасеткові суглоби та диско-лігаментозний комплекс). Різні комбінації ушкоджень зазначених структур формують 5 виділених авторами типів ушкоджень:

*1-й тип – вивих в обох фасеткових суглобах зі зміщенням тіла – ушкодження синхондрозу. Травма є суто вивихом без ураження кісткових структур;*

*2-й тип – вивих у фасеткових суглобах зі зміщенням хребця та компресійним ушкодженням одного або двох тіл хребців;*

*3-й тип – вивих у фасеткових суглобах без зсуву хребця. Характерне компресійне чи горизонтальне ушкодження передніх відділів тіла хребця;*

*4-й тип – односторонній вивих з лінією перелому, що проходить крізь протилежну ніжку дуги або основу суглобового відростка і поширюється або на тіло хребця, або на міжхребцевий диск;*

*5-й тип – зміщення тіла хребця без вивиху фасеткових суглобів. Лінія перелому білатерально проходить крізь ніжки дуги або суглобовий відросток, спереду поширюється на міжхребцевий диск і зачіпає тіло хребця, що лежить нижче.*

Запропонована авторами біомеханічна модель хребетно-рухового сегмента, що характеризується ортогональною триангуляцією, була детальніше описана лише в 1985 р. французьким ортопедом Rene Louis [13].

#### **R.P. Kelly і T.E. Whitesides Jr. (1968)**

Однією з праць, які вплинули на вивчення біомеханічних аспектів травматичних ушкоджень хребта, була публікація Robert P. Kelly і Thomas E. Whitesides Jr. [14]. Автори запропонували концепцію двох опорних колон, що дає змогу визначити стабільність ушкодження та обрати найоптимальніший метод лікування. До передньої опорної колони віднесено передню і задню поздовжні зв'язки, тіло хребця та міжхребцевий диск, до задньої – дугу із суглобовими відростками і заднім капсульно-зв'язковим апаратом. На думку авторів, нестабільні ушкодження зумовлені ураженням одночасно двох опорних колон, тоді як при травмі однієї опорної колони перелом є стабільним та підлягає консервативній терапії.

Авторами запропонована класифікація ушкоджень на стабільні та нестабільні. До стабільних переломів віднесено клиноподібні переломи передні та латеральні, а також стабільні вибухові, до нестабільних – перелоμο-вивихи як вправлені, так і наявні. До цієї групи належали нові травми (флексійні вивихи, флексійно-ротаційні перелоμο-вивихи, нестабільні вибухові переломи та інші, не уточнені

авторами ушкодження) і старі травми з відновленою стабільністю або нестабільністю, що зберігається.

Як концепцію стабільності, так і класифікацію розроблено для ушкоджень груднопоперекового переходу. Згодом їх поширили на інші відділи хребта.

Автори вперше запропонували використовувати передньо-бічний доступ за методом A.R. Hodgson та F.E. Stock для лікування травматичних ушкоджень груднопоперекового переходу. Раніше цю методику застосовували лише для хірургічного лікування туберкульозу хребта [15]. Дослідники припустили, що оскільки після виконання лямінектомії часто не вдається відновити задню опорну колону за допомогою існуючих систем стабілізації, оптимальним є передній травматичніший доступ. Ця концепція отримала подальший розвиток, хоча з впровадженням у клінічну практику систем транспедикулярної фіксації фактичні аргументи на її користь було втрачено.

### **J.B. Roberts та P.H. Curtiss Jr. (1970)**

Одна з найпростіших класифікацій травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу хребта запропонована у 1970 р. John B. Roberts та Paul H. Curtiss Jr. [16]. Автори проаналізували результати обстеження 25 постраждалих з травматичною параплегією в результаті перелому або переломовивиху грудного і поперекового відділів хребта. Основне завдання класифікації – визначення стабільності ушкодження та прогноз імовірності прогресування деформації при консервативній терапії.

Виділено 3 типи ушкоджень:

*клиноподібно-компресійний перелом (тип I)* – умовно-стабільний. Оптимальний метод лікування – хірургічна стабілізація;

*компресійно-вибуховий перелом (тип II)* – стабільний. Характерне спонтанне міжтілове зрощення. Хірургічна стабілізація не показана;

*ротаційний переломото-вивих (типу III)* – нестабільний, часто супроводжується деформацією, що прогресує. Зрощення тіл хребців відбувалося лише в окремих випадках. Показана хірургічна корекція.

Автори виділили такі ознаки нестабільності ушкоджень: перелом з підвивихом та ушкодженням міжостистої зв'язки, переломото-вивих, перелом дуги на рівні хребців L4 і L5.

### **A.A. White III і M.M. Panjabi (1978)**

У 1978 р. Augustus A. White та Manohar M. Panjabi опублікували книгу «Clinical Biomechanics of the Spine» («Клінічна біомеханіка хребта»), упорядкувавши всі відомі на той час уявлення про біомеханіку хребта [17]. Окрім досить популярної і нині концепції стабільності хребта, автори вивчали особливості кінематики хребетно-рухового сегмента, припустивши, що будь-який рух унаслідок поза межного навантаження спричиняє патоморфологічні зміни специфічного патерну. Хребетно-руховий сегмент проаналізовано у тривимірній системі координат, при цьому автори припускали, що вздовж кожної осі можливі лише два варіанти руху – зміщення та ротація, що визначає 6 ступенів свободи, відповідно будь-який перелом або вивих можна описати в межах сил, що діють на компресовані хребці щодо осей  $x$ ,  $y$  і  $z$ . Компресійно-дистракційні та ротаційні ушкодження формуються при дії вздовж  $y$ -осі, флексійно-екстензійні та бічні

зсуви – при дії вздовж  $x$ -осі, бічні нахили і передньо-задні зміщення – при дії вздовж  $z$ -осі. Запропонована класифікація мала важливе значення для розуміння зв'язків між механікою і патоморфологією ушкоджень, але для практики була не придатна.

У 1990 р. автори виділили 8 типів ушкоджень, найхарактерніших для груднопоперекового відділу [18]:  
*переломи замикальних пластинок*: виділяють ушкодження центральної частини пластинки, периферичного шару та всієї замикальної пластинки [19]. Травми виникають при дії вертикального навантаження;

*переломи при катапультуванні* виникають унаслідок значного навантаження, що впливає на людину, яка перебуває у положенні сидячи. Характерні перелом замикальної пластинки і компресійний перелом зазвичай без клиноподібної деформації;

*компресійні переломи*: характерне зменшення висоти тіла хребця з різним ступенем клиноподібної деформації та часто з ушкодженням замикальних пластинок;

*вибухові переломи*, які виникають при впливі значного зусилля за вертикальним або близьким до вертикального вектором. На відміну від компресійних переломів обов'язково ушкоджується задня стінка тіла хребця;

*роздроблено-розщеплені переломи* відомі також як переломи за типом «крапля сльози». Виникають у результаті високоінтенсивної вертикальної дії з виразним флексійним моментом. Характерні роздроблення верхньої частини тіла хребця і сагітальний перелом нижньої частини. Описані вперше S. Lindahl та співавт. [20];

*грубі переломото-вивихи* супроводжуються різними комбінаціями остео-лігаментозних змін у поєднанні з вивихами фасеткових суглобів;

*ізовані переломи* заднього опорного комплексу виникають переважно при впливі флексійного чи ротаційного навантаження. Також автори розглядають екстензійні навантаження як можливу причину перелому дуги хребця;

*переломи «ременя безпеки»* описані G. Chance [8]. Автори виділяють лігаментозний, кістковий та остео-лігаментозний варіанти.

### **G. Gumley та співавт. (1982)**

Докладні варіанти distraкційних ушкоджень хребта розглянуті групою австралійських ортопедів на чолі з Graham Gumley [21]. Як клінічний матеріал використано дані 20 постраждалих. На думку авторів, зона від Th12 до L3 найбільш схильна до таких ушкоджень. Дослідники виділили три типи ушкоджень:

*тип 1* – описаний G. Chance. Лінія перелому поширюється поперечно від остистого відростка крізь дугу, фасеткові суглоби, ніжку дуги з поперечними відростками на тіло хребця;

*тип 2* – лінія перелому починається над основою остистого відростка і, поширившись на дугу, повторює таку при типі 1;

*тип 3* – результат distraкції в комбінації з ротацією. ушкодження асиметричне і з різних боків може виявитися типом 1 та 2, зумовлюючи косу лінію перелому.

Запропонована класифікація є першою спробою впорядкувати типи distraкційних ушкоджень

груднопоперекового відділу хребта. Автори одні з перших наголосили на високій частоті абдомінальної травми при distraкційних ушкодженнях хребта.

### F. Denis (1982)

Однією з відомих і нині класифікацій травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу хребта є схема, запропонована в 1982 р. і докладно описана в 1983 р. американським ортопедом французького походження Francis Denis [22, 23].

Усі ушкодження автор поділяв на легкі та тяжкі. До легких належали переломи поперечного і суглобового відростка, внутрішньосуглобової частини та ізолюваний перелом остистого відростка. Тяжкі травми класифіковано на чотири категорії: компресійний перелом, вибуховий перелом, перелом «ременя безпеки» і перелоно-вивих.

Запропонована класифікація фактично ґрунтується на оригінальній концепції стабільності хребта. F. Denis припустив, що ізолюване ушкодження заднього капсульно-зв'язкового апарату не призводить до нестабільності. Запропоновано модель трьох опорних колон. Задня колона фактично відповідає описаній R.P. Kelly і T.E. Whitesides Jr. До передньої віднесено передню поздовжню зв'язку, передню частину тіла хребця та міжхребцевого диска. Задня стінка тіла хребця і фіброзного кільця міжхребцевого диска із задньою поздовжньою зв'язкою формує середню колону. Схематичне зображення опорних колон в оригінальній публікації не відповідає опису в тексті, тому припускають, що межею передньої та середньої колон автор вважав середину тіла хребця, хоча чітко це не вказано. Така неточність згодом призвела до неточностей у трактуванні та взагалі до відмови від запропонованої моделі.

Комбінації ушкоджень зазначених опорних колон визначають різні типи травм:

*компресійний перелом:* руйнування передньої колони під впливом стискання. Середня колона, повністю інтактна, діє як шарнір, спричиняючи напруження задньої колони, яка може ушкоджуватися при тяжких компресійних травмах. Запропоновано два типи компресійних ушкоджень: передні та бічні;

*вибуховий перелом:* характерною особливістю є ушкодження передньої та середньої колон при осьовому стисканні, що призводить до втрати висоти задньої стінки тіла хребця, ретропульсії фрагмента тіла хребця у хребтовий канал з відповідними неврологічними розладами або без них. Автор виділив 5 типів вибухових переломів, які характеризувалися ушкодженням обох замикальних пластинок (тип А), верхньої замикальної пластинки (тип В), нижньої замикальної пластинки (тип С), однієї або двох замикальних пластинок у поєднанні з вертикальним переломом пластинки дуги – вибуховий ротаційний перелом (тип D) або комбінація латерального компресійного перелому з ушкодженням задньої стінки тіла хребця – вибуховий латерально-згинальний перелом (тип E);

*травма «ременя безпеки»* є флексійно-дистракційним ушкодженням задньої та середньої колон і характеризується збільшенням висоти задньої частини тіла хребця та/або розширенням міждискового простору. Автор виділив 4 варіанти ушкодження: ізолюване однорівневе кісткове ушкодження – перелом Чанса (тип А), однорівневе диско-лігаментозне ушкодження (тип В), дворівневе

з ушкодженням кісткових структур середньої колони (тип С) і дворівневе з ушкодженням диско-лігаментозних структур середньої опорної колони (тип D);

*перелоно-вивих* характеризується руйнуванням усіх опор при стисканні, розтягуванні, обертанні або зсуві, що призводить до підвивиху або вивиху. Автор виділив 3 типи і відповідні підтипи:

- *флексійно-ротаційний (тип А):* задня і середня опорні колони повністю ушкоджуються під впливом distraкції та ротації, тоді як передня колона – внаслідок компресійних і ротаційних зусиль. Це призводить до клиноподібної деформації тіла хребця спереду, часткового розриву окістя передньо-бічної поверхні та відриву передньої поздовжньої зв'язки. Флексійно-ротаційні ушкодження можуть проходити крізь диск або тіло хребця (зрізний перелом);
- *перелоно-вивих зсувного типу (тип В):* усі три колони найчастіше ушкоджуються за рахунок впливу зсувного зусилля в задньо-передньому напрямку, вивих також може бути спричинений передньо-заднім зусиллям. Під дією задньо-передньої зсувної сили верхній сегмент зміщується вперед щодо нижнього сегмента, при цьому ламається дуга тіла верхнього хребця (задньо-передній підтип). Унаслідок передньо-заднього зсуву верхній сегмент відтісняється без перелому дуги (передньо-задній підтип);
- *згинально-дистракційний тип:* нагадує травму від ремня безпеки, за якої відбувається розрив як задньої, так і середньої колон, але з повним ушкодженням усього фіброзного кільця. В результаті формуються підвивих або вивих у відповідному сегменті.

Класифікація F. Denis є першою системою ранжування травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу, що ґрунтується на аналізі комп'ютерних томограм хребта.

### P.C. McAfee та співавт. (1983)

Через рік після публікації F. Denis триколонної концепції стабільності хребта групою дослідників на чолі з американським ортопедом Paul C. McAfee була запропонована власна класифікація травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу [24], яка являла собою комбінацію схеми F. Denis і біомеханічних аспектів стабільності A.A. White та M.M. Panjabi. Автори вважали, що класифікація F. Denis надмірно деталізована. Наприклад, виділення 5 типів вибухових переломів недоцільне, оскільки не має практичного значення при виборі тактики лікування. З іншого боку, класифікація A.A. White та M.M. Panjabi має біомеханічний базис, але визначення типів ушкодження є досить складним, а застосування в клініці дуже обмежене.

Автори виділили 6 типів ушкоджень:

*клиноподібно-компресійний перелом* – це травма, спричинена ізолюваним ушкодженням передньої колони в результаті флексії. Тіло (тіла) хребців зазвичай мають клиноподібну форму;

*стабільний вибуховий перелом* – це перелом, при якому передня та середня колони руйнуються внаслідок впливу компресійного навантаження без втрати цілісності задніх елементів;

*нестабільний вибуховий перелом* на відміну стабільного вибухового характеризується додатковим ушкодженням задньої опорної колони внаслідок стиснення, бічного згинання чи ротації. Через нестабільність характерна тенденція до розвитку посттравматичного кіфозу;

*перелом Чанса* – горизонтальне відривне ушкодження тіла хребця в результаті згинання по осі, розташованій уперед від передньої поздовжньої зв'язки;

*згинально-дистракційна травма* – вісь згинання проходить позаду від передньої поздовжньої зв'язки. Характерна компресія передньої опорної колони, тоді як середня та задня колони ушкоджуються дистракційно. При розриві капсул фасеткового суглоба може виникнути підвивих або вивих. Більшість різновидів цієї травми потенційно нестабільні, тому що жовта, міжостиста і надостна зв'язки зазвичай розриваються;

*травми зі зміщенням* – ушкодження, за яких порушена вісь хребтового каналу. На рівні ураження одна частина хребтового стовпа зміщена у поперечній площині. При цьому зазвичай ушкоджені всі опорні колони. До цієї категорії травм належать так звані оскольчасті переломи Ходсворта, а також ротаційні переломи, переломо-вивихи та чисті вивихи [10].

Особливістю класифікації Р.С. McAfee та співавт. є чітко визначена тактика хірургічного лікування нестабільних травм, детермінована механізмом ушкодження середньої опорної колони. Оскільки, на думку дослідників, основними механізмами ушкодження цієї колони можуть бути компресія, дистракція і зміщення, доцільно застосування дистракційних та компресійних штангових систем чи субламінарної фіксації відповідно.

Запропонована класифікація виявилася зручною та простою для практичного застосування, але не набула широкого поширення. Вартий уваги той факт, що найсучасніша класифікація AOSpine thoracolumbar spine injury classification system, запропонована в 2013 р., повністю повторює більшість класифікаційних категорій системи Р.С. McAfee та співавт., хоч і ґрунтується на інших біомеханічних принципах [25].

#### **R.L. Ferguson та B.L. Allen Jr. (1984)**

У 1984 р. Ron L. Ferguson та Ben L. Allen запропонували власну класифікацію травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу хребта, яка фактично ґрунтувалася на тих самих принципах, що і запропонована ними двома роками раніше класифікація травм шийного відділу на субаксіальному рівні, хоча і була значно менш деталізована [26]. Як клінічний матеріал використано дані 54 пацієнтів [27]. Автори проаналізували спонділограми, виконані в стандартних проекціях.

Було модернізовано концепцію опорних колон, які автори назвали елементами, оскільки зазначені структури ні анатомічно, ні біомеханічно не є колонами. Так, задні елементи відповідали задній опорній колоні R.P. Kelly і T.E. Whitesides Jr., середні – задній третині тіла хребця та фіброзного кільця із задньою поздовжньою зв'язкою, передні елементи – переднім 2/3 тіла і фіброзного кільця та передній поздовжній зв'язці. Під нестабільністю автори розуміли гостре чи хронічне прогресування деформації хребта, тривалий біль, що впливав на спосіб життя постраждалого,

різке чи хронічне наростання неврологічних розладів, особливості життя, зумовлені перенесеною травмою, а також виконання декомпресивно-дестабілізуючих операцій.

Запропонована класифікація була логічним продовженням біомеханічної концепції А.А. White та М.М. Panjabi, але виділені типи ушкоджень мали чіткий патоморфологічний опис. Фактично передбачалося, що комплекс морфологічних змін чітко детермінований сумациєю навантажень, що визначають напрямок травмувального зусилля. Так, зменшення висоти якогось структурного елемента хребця завжди визначається компресійним навантаженням, збільшення висоти чи розрив – дистракцією, торсійні зусилля спричиняють ротаційні травми, а зусилля, прикладене спереду, ззаду чи збоку, – зсувні деформації.

Автори виділили 7 видів ушкоджень:

*компресійно-флексійні:* зумовлені компресійним впливом на хребетно-руховий сегмент, що перебуває у положенні згинання. Патоморфологічна картина може бути представлена: 1) клиноподібною деформацією тіла з інтактними середніми і задніми елементами, 2) дистракційним ушкодженням задніх елементів у поєднанні з компресією передніх, 3) руйнуванням середнього елемента додатково до описаних ушкоджень переднього та заднього елементів. При цьому задньо-верхній фрагмент тіла хребця зміщується в хребтовий канал;

*дистракційно-флексійні:* характеризуються ушкодженням усіх опорних елементів при дистракційному впливі на зігнутий хребетно-руховий сегмент. Прикладом таких травм є перелом Чанса – кісткове ушкодження та справжній вивих – диско-лігаментозне ушкодження. Можливі комбіновані варіанти;

*бічна флексія:* ушкодження спричинене однобічною компресією внаслідок бічного нахилу. Виділяють два патоморфологічні варіанти. У першому випадку спостерігається однобічне компресійне ушкодження передніх та середніх елементів з інтактним заднім елементом, у другому ушкоджуються також задні опорні елементи, причому на боці нахилу спостерігається компресійний характер їх ушкодження, а на контралатеральному – дистракційний;

*торсійно-флексійні:* характерний компресійний характер ушкодження передніх опорних елементів та ротаційний – задніх, що супроводжується переломом і зсувом суглобових відростків. Середні опорні структури ушкоджуються варіабельно. Передня поздовжня зв'язка зазвичай інтактна, але часто відшаровується від поверхні тіла хребця;

*зсувні:* візуалізуються прямим зміщенням хребця у бік, який визначає прикладене травмувальне зусилля: уперед, назад чи латерально. Зв'язковий апарат і суглобові відростки ушкоджуються при зміщенні >25%. Ізольовано цей тип травми трапляється рідко, найчастіше він поєднується з іншими ушкодженнями;

*вертикальна компресія:* характерне ушкодження передніх та середніх опорних елементів від незначних переломів замикальних пластинок до значного рівномірного зменшення висоти тіла хребця. В останньому випадку можливі поодинокі чи множинні переломи задніх елементів, але зі збереженням зв'язкового апарату;

дистракційно-екстензійні є рідкісними травмами для груднопоперекового відділу хребта. Характеризуються дистракційним ушкодженням передніх опорних елементів та компресійним – заднього елемента.

Для всіх зазначених ушкоджень автори запропонували певний метод хірургічного лікування. На їх думку, задній доступ є кращим.

#### **S.D. Gertzbein та C.M. Court-Brown (1988)**

У 1988 р. канадськими дослідниками Stanley D. Gertzbein та Charles M. Court-Brown були впорядковані як патоморфологічні, так і біомеханічні уявлення про флексійно-дистракційні ушкодження поперекового відділу хребта [28]. Клінічний матеріал становили дані обстежень 20 пацієнтів. Автори запропонували характеризувати ушкодження з урахуванням трьох основних критеріїв: характер ушкодження задніх елементів, локалізація лінії перелому тіла хребця і тип ушкодження тіла хребця. Перелом елементів задньої опорної колони передбачалося класифікувати за G. Gumley та співавт. без значних змін [21]. Залежно від локалізації лінії перелому тіла виділено три групи:

A – ушкодження проходить крізь міжхребцевий диск;

B – лінія перелому проходить крізь центр тіла хребця [29];

C – ушкодження замикальної пластинки:

підгрупа 1 – ушкодження верхньої замикальної пластинки;

підгрупа 2 – ушкодження нижньої замикальної пластинки.

Залежно від характеру ушкодження тіла переломи поділяли на клиноподібні компресійні (група D) та вибухові (група E). У разі інтактного тіла хребця вказували групу F. Кожне ушкодження характеризували за цими ознаками.

Автори навели докладний патоморфологічний опис кожної категорії із зазначенням кращих методів лікування. Крім того, детально розглянуто аспекти біомеханіки. Відзначено, що ушкодження групи A виникають при відносно невеликих прискореннях, тоді як для появи травм груп B і C необхідний інтенсивніший вплив. Виникнення компресійних та вибухових ушкоджень тіла має принципово різні механізми. На думку авторів, компресійне ушкодження тіла формується до виникнення дистракційних змін заднього опорного комплексу, оскільки часті переломи – на кінцевому етапі впливу травмувального зусилля, коли задній опорний комплекс уже ушкоджений і є нестабільний певного ступеня.

Запропонована авторами класифікація мала обмежене клінічне застосування, але низку клініко-біомеханічних аспектів використано для розробки сучасніших схем градації.

#### **T. McCormack та співавт. (1994)**

Першою широко відомою цифровою шкалою оцінки характеру травматичних ушкоджень грудного відділу хребта та зони груднопоперекового переходу була класифікація розподілу навантаження, запропонована T. McCormack і співавт. (Load sharing classification of spine fractures, 1994) [30]. Вивчено травми, що характеризуються ушкодженням трьох опорних колон. Основною метою, поставленою авторами при розробці системи градації, було диференціювання

ступеня патоморфологічних травматичних змін, за яких можлива «коротка» транспедикулярна фіксація (один хребець, розташований вище і нижче за компресований), від такого, за якого зазначена фіксація неможлива, а ушкодження потребує «довгої» стабілізації.

Як базові критерії використано 3 параметри, кожен з яких залежно від виразності ознаки міг мати значення від 1 до 3:

- *необхідний рівень корекції кіфотичної деформації*:  $<3^\circ$  – 1 бал,  $4-9^\circ$  – 2 бали,  $\geq 10^\circ$  – 3 бали;
- *ступінь ушкодження тіла хребця* – відсоток кісткової тканини тіла хребця, фрагментованої в результаті травматичної дії:  $<30\%$  тіла хребця – 1 бал,  $30-60\%$  – 2 бали,  $>60\%$  – 3 бали. Оцінюють за сагітальною реконструкцією даних спіральної комп'ютерної томографії;
- *співвідношення фрагментів* – характеризує діастаз між кістковими уламками: мінімальне розходження – 1 бал; зміщення не менше ніж на 2 мм кісткових уламків, що становлять  $<50\%$  поперечного перерізу тіла, – 2 бали; діастаз не менше ніж на 2 мм кісткових уламків, що становлять  $>50\%$  поперечного перерізу тіла – 3 бали.

Перші два критерії оцінюють на підставі спонділограм і сагітальної реконструкції спіральної комп'ютерних томограм, третій критерій визначають за допомогою аксіальних спіральної комп'ютерних зрізів.

При аналізі результатів лікування 28 пацієнтів автори встановили, що у разі загальної суми балів  $\leq 6$  «коротка» фіксація демонструє задовільні результати, тоді як у разі загальної суми  $>6$  висока частота фрагментації металокопункцій.

Запропонована авторами система не має аналогів та досить широко використовується і нині, оскільки питання доцільності «короткої»/«довгої фіксації» за певних ушкоджень не втратило актуальності. Крім того, запропоновані критерії використовуються як додаткові модифікатори при визначенні принципової тактики лікування [31].

#### **F.P. Magerl та співавт. (1994)**

Найдокладнішу класифікацію травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу хребта запропонували у 1994 р. Friedrich P. Magerl та співавт. (AO/Magerl) [32].

Класифікація ґрунтується на патоморфологічних критеріях. Категорії формуються відповідно до основного прогнозованого механізму ушкодження, патоморфологічної однорідності та з урахуванням прогностичних аспектів. Три основні типи ушкоджень сформовані відповідно до концепції T.E. Whitesides Jr., який стверджував, що стабільність хребта визначається можливістю протистояти впливу трьох основних видів травмувальних зусиль: компресії, екстензії та ротації [33]. Літерно-цифровий код і загальна схема 3-3-3, використані авторами, відповідають єдиним принципам побудови класифікацій травматичних ушкоджень, прийнятим Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen [34]. В основі біомеханічної концепції класифікації лежить принцип двох опорних колон R.P. Kelly та T.E. Whitesides Jr., оскільки, на думку деяких вчених, середня опорна колона не має чітких



анатомічних орієнтирів, є досить умовною і не може бути використана для ранжування типів ушкоджень.

Розробники припустили, що класифікація відображує прогресуючу шкалу морфологічних ушкоджень, що детермінують ступінь нестабільності. Тяжкість травми з погляду нестабільності виражається її рангом у системі класифікації. Тип А (компресія тіла хребця) визначається характером ушкодження хребця. Ушкодження типу В (ушкодження переднього і заднього елементів з дистракцією) характеризуються поперечним розривом передньої чи задньої опорної колони. Ушкодження типу С (травми передніх та/або задніх структур з ротацією) виникають у результаті осьового моменту, що крутить. Останні найчастіше накладаються на ураження типу А чи В. Морфологічні критерії переважно використовують для подальшої класифікації ушкоджень. Тяжкість прогресує від типу А до типу С, а також усередині типів, груп та інших підрозділів.

Класифікація має чотири рівня деталізації: кожен із трьох типів (А, В, С – 1-й рівень деталізації) поділяють на три групи (2-й рівень), а кожну групу – на три підгрупи 1-го рівня (3-й рівень) за винятком групи С3 (2 підгрупи 1-го рівня). Деякі підгрупи 1-го рівня поділяють на підгрупи 2-го рівня (4-й рівень). Таким чином, загальну досить велику структуру запропонованої авторами системи градації можна представити як 3–9–26–55, що відповідає кількості варіантів ушкоджень на різних рівнях деталізації.

#### **T. Aihara та співавт. (1998)**

Takato Aihara та співавт. [35] розробили систему градації травматичних перелоמו-вивихів 5-го поперекового хребця:

*тип 1* – однобічний попереково-крижовий вивих з/без перелоמו фасеткового суглоба. При цьому типі контралатеральна фасетка є інтактною;

*тип 2* – двобічний попереково-крижовий фасетковий вивих з/без перелоמו фасеткових суглобів;

*тип 3* – однобічний вивих із контралатеральним перелоמו фасетки;

*тип 4* – вивих тіла хребця L5 із двобічним перелоמו міжсуглобової частини (травматичний спондилоліз);

*тип 5* – вивих тіла хребця L5 з перелоמו тіла і/або ніжки з/без ушкодження пластинки дуги та/або фасетки.

Автори відзначають, що всі травматичні перелоמו-вивихи підлягають хірургічному лікуванню: при типі 1 перевагу віддають транспедикулярній стабілізації, при типі 2 і 3 – транспедикулярній стабілізації з міжтіловим спондилодезом, при типі 4 – передньо-задній стабілізації, при типі 5 – «довгий» задній транспедикулярній стабілізації у поєднанні з міжтіловим спондилодезом хребців L4-L5 та L5-S1.

#### **F. Cumhur Öner та співавт. (1999)**

Групою дослідників на чолі з F. Cumhur Öner на підставі аналізу результатів обстежень 100 пацієнтів із травматичними ушкодженнями грудноперекового відділу хребта запропоновано магнітно-резонансну шкалу ступеня тяжкості ушкодження [36]. Автори оцінювали всі анатомічні структури, що добре візуалізуються на магнітно-резонансних томограмах, та, ймовірно, є важливими для визначення механічної стабільності.

Застосовано градацію від 1 до 3 балів, для деяких структур – 4 бали:

*передня поздовжня зв'язка*: 1 бал – відсутність ушкоджень, 2 бали – зв'язка ослаблена, але її цілісність не порушена, характерне або відшарування зв'язки від передньої поверхні тіла хребця, або розтягнення її за рахунок випинання міжхребцевого диска, 3 бали – розрив зв'язки;

*задня поздовжня зв'язка*: 1 бал – відсутність ушкоджень, 2 бали – зв'язка зафіксована до зміщеного кісткового фрагмента, але її цілісність не порушена, 3 бали – розрив зв'язки;

*задній лігаментозний комплекс*: 1 бал – інтактний, 2 бали – набряк у зоні межостистого проміжку без ознак розтягнення чи порушення цілісності, 3 бали – розтягнення лігаментозного комплексу, 4 бали – переконливий розрив;

*краніальна та каудальна замикальні пластинки* (оцінюють окремо): 1 бал – деформація без ознак порушення цілісності, 2 бали – ушкодження передньої половини замикальної пластинки, 3 бали – ушкодження задньої половини замикальної пластинки; 4 бали – тотальне ушкодження замикальної пластинки;

*міжхребцевий диск* (оцінюють диски, розташовані краніально та каудально від ушкодження): 1 бал – інтактний, 2 бали – розрив або фрагментація передньої половини диска, 3 бали – розрив чи фрагментація задньої половини диска, 4 – міжхребцевий диск ушкоджено тотально;

*тіло хребця*: 1 бал – ушкодження менше ніж третини тіла хребця, 2 бали – ушкоджено 1/3–2/3 тіла хребця, 3 бали – ушкоджено понад 2/3 загального об'єму тіла хребця.

Спочатку автори використовували шкалу для зіставлення ступеня ушкодження анатомічних структур із підгрупою 1-го рівня класифікації АО/ Magerl, але переконливої кореляції не виявлено. Припускають, що більша загальна сума балів, то вищий рівень тяжкості, але клінічну значущість сумарного значення не наведено.

#### **A.R. Vaccaro та співавт. (TLISS, 2005)**

У 2005 р. великою групою дослідників на чолі з Alexander R. Vaccaro запропоновано першу клінічну шкалу оцінки ступеня травматичних ушкоджень грудноперекового відділу хребта (The Thoracolumbar Injury Severity Score (TLISS)). Ця система відрізняється від інших класифікацій і шкал урахуванням не лише патоморфологічних, а і клінічних чинників. Основним завданням була розробка практичної, але простої класифікації, яка б дала змогу диференціювати необхідність застосування хірургічних та консервативних методів лікування при певному ушкодженні, а у разі нестабільної травми – визначити оптимальну хірургічну тактику [37].

Автори припустили, що морфологія ушкодження визначає безпосередню механічну нестабільність, стан заднього зв'язково-капсульного апарату характеризує стабільність у довгостроковій перспективі, тоді як неврологічний статус, оцінений безпосередньо після травми, визначає остаточний функціональний прогноз [38]. Комплекс цих трьох незалежних змінних об'єктивно відбиває картину стабільності хребта. Кожну змінну оцінюють у балах залежно від ступеня виразності ознаки та її впливу на загальну тактику терапії.

Морфологію ушкодження визначають за допомогою спондилограм, спіральньо-комп'ютерних та магнітно-резонансних томограм. Класично представлена категоріями компресія, дистракція та ротація. Компресійне ушкодження оцінюють 1 балом (вибуховий перелом – додають 1 бал, латеральна ангуляція  $>15^\circ$  – додають 1 бал), зсув або ротація – 3 бали, дистракція – 4 бали.

Цілісність заднього зв'язково-капсульного апарату за непрямими ознаками визначають на спондилограмах і спіральньо-комп'ютерних томограмах. Про ушкодження може свідчити розширення межостистого проміжку, діастаз дуговідросткових суглобів чи їх вивих/підвихи. Прямими ознаками ушкодження, оціненими за допомогою магнітно-резонансної томографії, є порушення безперервності сигналу від надостистої зв'язки, представлені темною смужкою на T1-зважених зображеннях, а також висока інтенсивність сигналу міжостистого простору, що відповідає міжостистій зв'язці на T2-зважених зображеннях. Відповідно до запропонованої градації відсутність ознак ушкодження заднього зв'язково-капсульного апарату оцінюють 1 балом, переконливі ознаки ушкодження – 3 балами, сумнівні ознаки – 2 балами.

Неврологічний статус оцінюють клінічно. Відсутність неврологічної симптоматики відповідає 0 балів, ушкодження нервового корінця або повне ушкодження спинного мозку (ASIA A) – 2 балам, неповне ушкодження спинного мозку (ASIA B-D) або ознаки ушкодження кінського хвоста – 3 балам [39].

Загальна стратегія терапії визначається сумою балів, отриманих при оцінці ушкодження:  $<4$  балів – показана консервативна терапія,  $>4$  балів – хірургічне втручання. Якщо сума становить 4 бали, то рішення про оптимальний метод лікування приймають індивідуально.

#### **A.R. Vaccaro та співавт. (TLICS, 2005)**

У 2005 р. A. Vaccaro та співавт. дещо модифікували TLISS (Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score (TLICS)) [40]. Фактично TLICS є тією самою шкалою, що і TLISS, крім невеликого спрощення патоморфологічної рубрики. Так, компресійний перелом оцінюють 1 балом, вибуховий перелом – 2 балами, зсув або ротацію – 3 балами, дистракцію – 4 балами. Стратегія терапії, що визначається загальною сумою балів, для TLISS і TLICS ідентична.

Окрім визначення загальної стратегії, запропонована схема дає змогу обрати оптимальний хірургічний доступ [41]. На думку авторів, із параметрів, що впливають на вибір хірургічної тактики, найважливішими є рівень неврологічних розладів і стан заднього зв'язково-капсульного апарату. Так, у разі неушкодженого лігаментозного комплексу слід віддати перевагу задньому доступу у пацієнтів без неврологічних розладів, з клінічними виявами ушкодження нервового корінця або повним ушкодженням спинного мозку. У разі ASIA B-D показаний передній доступ. У пацієнтів з виявленими ушкодженнями заднього зв'язково-капсульного апарату задній доступ вважається оптимальним у всіх випадках, крім неповного ушкодження спинного мозку або кінського хвоста. Таким пацієнтам рекомендовано комбіноване передньо-заднє хірургічне втручання. Запропонована схема досить формальна, оскільки багато аспектів тактики хірургічного лікування травм груднопоперекового

відділу та особливо зони груднопоперекового переходу є предметом дискусії.

#### **P.M. Tsou та співавт. (2006)**

Одну з найбільш нестандартних концепцій стабільності хребетно-рухового сегмента запропонували у 2006 р. Paul M. Tsou та співавт. [42]. Використовуючи модель трьох опорних колон F. Denis, дослідники припустили, що стабільність визначається можливістю опору розтягуванню і компресії, при цьому дистракційного впливу зазнають усі опорні колони, а компресійного – лише передня та середня. Отже, будь-яку травму груднопоперекового відділу хребта можна описати комбінацією п'яти можливих видів ушкоджень опорних структур. Наприклад, компресія передньої колони та дистракція задньої. Шостим видом ушкодження автори вважали гостру травматичну деформацію хребетно-рухового сегмента, ознаками якої є ангуляції  $\geq 5^\circ$  у будь-якій площині, ротаційна деформація  $\geq 5^\circ$ , дислокація, два будь-які варіанти інтрасегментарного ушкодження. За наявності будь-яких 3 із 6 ознак ушкодження є нестабільним.

Автори виділяли інтерсегментарні та інтрасегментарні ушкодження, до останніх відносили:

тип 1 – ушкодження обох замикальних пластинок до вертикального перелому тіла хребця в коронарній площині;

тип 2 – перелом ніжки дуги чи міжсуглобової зони;

тип 3 – вертикальний перелом тіла хребця у сагітальній площині;

тип 4 – перелом пластинки дуги.

Розроблено шкалу градації ступеня тяжкості, що враховує три критерії:

- неврологічний статус, який визначають за модифікованою шкалою Frankel (8 рівнів градації) [43];
- деформація хребтового каналу. Запропоновано два критерії: зміщення внаслідок порушення співвідношення між хребцями та екструзія, що формується за рахунок пролабування в канал кісткових фрагментів. Зазначені ознаки можуть мати місце як ізольовано, так і у комбінації. Розрахунок запропоновано проводити за методом E. Carlisle та співавт. [44];
- механічна стабільність. Ураховують окремо дистракційно ушкоджені опорні колони, тракційно ушкоджені опорні колони та ознаки деформації.

Відсутність кількісної інтерпретації запропонованих рубрик значно обмежила клінічне використання шкали.

#### **J.R. Chapman та співавт. (2008)**

Флексійно-дистракційні ушкодження хребта протягом практично всього періоду вивчення специфіки травм груднопоперекового відділу були однією з актуальних тем. Це пояснюється високою порівняно з іншими видами травматичних ушкоджень частотою абдомінальної травми, відсутністю кореляції між рентгенологічною картиною та рівнем неврологічних розладів, певними складнощами з діагностикою і, відповідно, різноманіттям тактичних підходів до терапії зазначених ушкоджень. Одні з найбільших досліджень флексійно-дистракційних

ушкоджень проведено Jens R. Chapman та співавт. [45]. Ретроспективний аналіз даних 151 пацієнта, які перебували на лікуванні в медичному центрі Харборв'ю, дав змогу виділити чотири ступеня ушкодження (Harborview Thoracolumbar Flexion-Distraktion injury classification):

*ступінь 1* – перелом Чанса, який характеризується дистракцією заднього опорного комплексу без компресії переднього;

*ступінь 2* – дистракція заднього опорного комплексу з компресією тіла хребця без вибухового компонента. Супроводжується підвивихом фасеткових суглобів, але без повної втрати контакту суглобових поверхонь;

*ступінь 3* – вибуховий перелом тіла хребця з дистракцією заднього комплексу, підвивихом, але контакт суглобових поверхонь фасеткових суглобів збережено;

*ступінь 4* – повна втрата контакту суглобових поверхонь фасеткових суглобів, компресійний або вибуховий перелом тіла хребця, зсув або ротація відсутні.

За даними авторів, загальна частота абдомінальної травми становила 30,0%, неврологічних розладів – 25,0%. Абдомінальні ушкодження найчастіше (53,0%) реєстрували при 1-му ступені ушкодження, найменше (24,5%) – при 2-му ступені, тоді як неврологічні розлади були характерні переважно для 4-го ступеня (85,7%), рідко – для 1-го ступеня (15,6%).

#### **A.L. Sander та співавт. (2013)**

У 2013 р. групою дослідників на чолі з Anna L. Sander запропоновано класифікацію травматичних ушкоджень міжхребцевих дисків [46]:

*ступінь 0* – свідчить про відсутність відмінностей між ушкодженням диском і відповідним неушкодженим диском;

*ступінь 1* – характеризується гіперінтенсивним сигналом на T2-зважених/T2 TIRM (Turbo inversion recovery magnitude)-зображеннях, що вказує на набряк. Критеріями заперечення є васкуляризація диска через хронічну спондилоартропатію та фіброваскулярні зміни замикальної пластинки;

*ступінь 2* – визначають як зниження інтенсивності сигналу з появою перифокальної гіперінтенсивності на T2-зважених/T2 TIRM-зображеннях, а також з ізоінтенсивними/гіперінтенсивними виявами на T1-зважених зображеннях, що свідчить про розрив диска з внутрішньодисковою кровотечею;

*ступінь 3* – характеризується розривами фіброзного кільця або пролабуванням диска в тіло хребця.

Сама по собі класифікація не має клінічного значення, але, на думку авторів, може бути використана у складі комплексних шкал оцінки ступеня тяжкості ушкоджень.

#### **M. Reinhold (2013)**

Як зазначено вище, протягом тривалого періоду класифікація, запропонована F. Magerl, була *de facto* стандартом для опису травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу хребта. Так, Max Aebi у детальному огляді цієї класифікації продемонстрував, що використання її в межах рівнів деталізації тип-група є досить зручним, а градація ступеня тяжкості від А до С у межах типу

ушкодження та від 1 до 3 у межах групи корелює з рівнем неврологічних розладів [47]. Однак автор зазначає, що «деякі автори та групи при спробі оцінити валідність класифікації приходять до дивних результатів». Тому AO Spine Classification Group протягом тривалого часу займалася розробкою більш відтворюваної та клінічно адаптованої системи градації ушкоджень.

Однією з найвідоміших спроб модифікувати класифікацію F. Magerl є система градації, запропонована у 2013 р. групою дослідників на чолі з Maximilian Reinhold [48]. Автори традиційно використовують принцип M.E. Müller – метод класифікації ушкоджень, що ґрунтується на терапії та прогнозі анатомо-функціонального наслідку у потерпілого. Виділено три основні класи травм:

*A:* характеризуються ушкодженням переднього опорного комплексу внаслідок осьової компресії з інтактним заднім опорним комплексом;

*B:* характеризуються ушкодженням заднього опорного комплексу;

*C:* характеризуються ушкодженням передніх і задніх опорних структур, що призводить до зміщення.

Розробники відзначили дві важливі відмінності від системи F. Magerl. По-перше, травми типу В визначено не як дистракційні ушкодження, а як травми з ушкодженням задніх опорних структур. На думку авторів, це дає змогу значно легше диференціювати ушкодження типу А і В та застосувати до травм інших відділів хребта. По-друге, перевизначення типу С як «явного зміщення», оскільки в оригінальній класифікації AO/Magerl цей тип зазначений як «ротаційні ушкодження», що ускладнює визначення деяких компресійних переломів з невеликими ротаційними деформаціями хребта.

Запропоновано такі підтипи:

*A1* – клиноподібний чи вдавнений перелом тіла;

*A2* – розколювальний або кліщеподібний перелом;

*A3* – неповний вибуховий перелом;

*A4* – повний вибуховий перелом;

*B1* – черезкістковий перелом заднього опорного комплексу (класичний перелом Чанса);

*B2* – транслігаментозне ушкодження заднього опорного комплексу ізольоване чи у поєднанні з ушкодженням кісткових структур. Крім того, можуть спостерігатися різні варіанти компресійних переломів тіла хребця;

*C1* – екстензійне ушкодження переднього опорного комплексу черезкісткове або в поєднанні з ураженням міжхребцевого диска;

*C2* – кісткове або диско-лігаментозне ушкодження опорних колон зі зміщенням у будь-якій площині;

*C3* – тотальне ушкодження з діастазом та зміщенням у будь-якій площині.

Автори відзначили високі показники відтворення результатів запропонованої класифікації. Так, коефіцієнт узгодженості для всієї системи градації становив 0,77, для типів А, В і С – відповідно 0,81, 0,71 та 0,81. Однак класифікація була лише прототипом і мала обмежене практичне застосування.

#### **A.R. Vaccaro та співавт. (AO Spine Thoracolumbar Spine Injury Classification System, 2013)**

Через 6 міс після публікації зазначеного вище прототипу група дослідників на чолі з A.R. Vaccaro

запропонувала остаточний варіант оновленої АО класифікації, яка і нині є актуальною [25]. Система градації має практичне значення та подібно до TLICS ураховує не лише патоморфологічні, а й клінічні аспекти. Класифікація має три рубрики: морфологія ушкодження, неврологічний статус і додаткові уточнювальні модифікатори.

Морфологічна складова близька до класифікації M. Reinhold, але має деякі відмінності. Так, до типу А віднесено компресійні ушкодження тіла хребця та інші біомеханічно незначущі травматичні ушкодження:

*A0* – відсутність травматичних змін, а також переломи поперекових чи остистого відростка;

*A1* – компресійні ушкодження однієї замикальної пластинки без ушкодження задньої стінки тіла хребця;

*A2* – ушкодження двох замикальних пластинок без ушкодження задньої стінки тіла хребця;

*A3* – неповний вибуховий перелом, а також інші ушкодження, що охоплюють одну замикальну пластинку і задню стінку тіла хребця;

*A4* – повний вибуховий перелом та інші ушкодження, що охоплюють задню стінку тіла хребця та обидві замикальні пластинки, наприклад, вертикальний перелом тіла хребця, що розколює, в сагітальній площині.

До типу В автори відносять ушкодження переднього чи заднього лігаментозного комплексу з/без кістково-травматичних змін. У деяких публікаціях цю групу називають флексійно-екстензійними ушкодженнями, що не зовсім коректно, оскільки чиста флексія на початковому етапі з більшою ймовірністю спричиняє компресійні зміни, а не ушкодження заднього зв'язково-капсульного апарату:

*B1* – черезкісткове ушкодження заднього опорного комплексу – класичний перелом Чанса чи його модифікації, які не виходять за межі кісткових структур одного хребця;

*B2* – лігаментозне або остео-лігаментозне ушкодження заднього опорного комплексу з будь-якими варіантами ушкодження тіла хребця або надмірне ушкодження заднього опорного комплексу, але з виходом лінії перелому за межі тіла – на міжхребцевий диск із ушкодженням замикальної пластинки або на тіло суміжного хребця;

*B3* – диско-лігаментозне, остео-лігаментозне або диско-остео-лігаментозне ушкодження передньої опорної колони. Характерне для екстензійних ушкоджень. Обов'язковим критерієм є розрив передньої поздовжньої зв'язки.

До типу С віднесено будь-які ушкодження, пов'язані зі зміщенням чи зсувом, а також грубі ушкодження переднього і заднього опорного комплексу навіть без порушення осі хребта.

Градація неврологічних порушень:

*N0* – відсутність неврологічної симптоматики;

*N1* – транзиторний неврологічний дефіцит в анамнезі, не виявлений під час огляду;

*N2* – явища радикулопатії;

*N3* – ознаки неповного ушкодження спинного мозку чи кінського хвоста;

*N4* – клінічна картина повного ушкодження спинного мозку чи кінського хвоста (ASIA A).

Крім того, передбачено модифікатор *NX* за неможливості адекватно оцінити неврологічний статус.

На думку авторів, специфічні модифікатори дають змогу клініцисту уточнити оптимальну тактику лікування:

*M1* – у разі неможливості уточнити стан заднього зв'язкового комплексу або за наявності сумнівних результатів;

*M2* – будь-яка коморбідність, що гіпотетично впливає на тактику лікування, як вертебральна, так і екстравертебральна (ревматоїдний артрит, анкілозувальний спондилоартрит, велике ушкодження м'яких тканин у зоні запланованого хірургічного втручання тощо).

Висока відтворюваність результатів класифікації різними експертами чи одним експертом за повторної оцінки – одна із базових умов використання системи ранжування у клінічній практиці. За даними розробників, показник загальної відтворюваності класифікації становив 0,72, для типів А, В і С – 0,72, 0,58 та 0,7 відповідно.

### **С.К. Kepler та співавт. (2016)**

Активне впровадження в клінічну практику АО Spine Thoracolumbar Spine Injury Classification System, а також успішний досвід використання TLICS стали передумовами для створення цифрової шкали оцінки ступеня тяжкості, що ґрунтується на модифікаторах нової АО класифікації. У 2016 р. Christopher K. Kepler та співавт. запропонували нову шкалу, розроблену на підставі результатів суб'єктивної оцінки 74 хірургами впливу кожного з модифікаторів на загальну тяжкість травматичного ушкодження – Thoracolumbar AO Spine Injury Score [49]. Верифікація отриманих даних проведена у 2016 р. за участю 483 експертів [50].

Автори запропонували таку систему градації: морфологічні зміни:

*A0* – 0 балів;

*A1* – 1 бал;

*A2* – 2 бали;

*A3* – 3 бали;

*A4* – 5 балів;

*B1* – 5 балів;

*B2* – 6 балів;

*B3* – 7 балів;

*C* – 8 балів;

неврологічний статус:

*N0* – 0 балів;

*N1* – 1 бал;

*N2* – 2 бали;

*N3* – 4 бали;

*N4* – 4 бали;

*NX* – 3 бали;

додаткові модифікатори:

*M1* – 1 бал,

*M2* – 0 балів.

Кінцева оцінка є сумою балів трьох рубрик. Припускають, що травми із сумарною оцінкою <4 балів підлягають консервативній терапії, ушкодження з оцінкою >5 балів потребують хірургічного втручання. У разі 4 та 5 балів можливі різні варіанти лікування.

Проведений авторами аналіз виявив, що ушкодження типу *A3N1M1*, *A3N2M1*, *A4N0M1*, *A4N1M1*, *A4N2M0*, *A4N2M1*, *B1N0*, *B1N1*, *B1N2*, *B2N0*, *B2N1* та *B2N2* завжди підлягають хірургічному лікуванню, тоді як травми типу *A2N0* і *A3N0* краще лікувати консервативно.

Відсутня єдина думка щодо переваги певної шкали оцінки ступеня тяжкості. Наведені в огляді

дані демонструють, що TLICS і Thoracolumbar AOSpine Injury Score фактично використовують одні й ті самі дані. Однак, на думку деяких авторів, TLICS є найкращим інструментом для визначення оптимальної тактики лікування [51]. Імовірно, подальший перегляд розподілу балів у категорії «морфологія ушкодження» дасть змогу змінити ставлення до перспективного та зручного інструменту визначення загальної стратегії терапії.

### Висновки

Наведені дані щодо еволюції принципів класифікації травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу хребта дають змогу виявити певну закономірність. Так, перші спроби диференціювати види травм мали лише описовий характер. Автори фактично виділяли групу або групи ушкоджень зі схожими патоморфологічними ознаками без систематизації за будь-яким анатомічним критерієм. Однак вже на цьому етапі спостерігаються спроби виявити оптимальний метод терапії для кожного встановленого авторами виду ушкодження.

Розвиток уявлень про біомеханіку інтактного хребта, а також механізми його ушкодження став підґрунтям для розробки механічних класифікацій, вершиною яких, безумовно, є система ранжування, запропонована F. Magerl та співавт. Відмітною ознакою цієї групи класифікацій є те, що вони ґрунтуються на індивідуальних концепціях стабільності хребта. Автори намагалися виявити взаємозв'язок між механізмом отримання ушкодження, комплексом патоморфологічних змін і рекомендованим методом лікування. Прикладом може бути методика, запропонована P.C. McAfee та співавт., згідно з якою при компресійних ушкодженнях середньої опорної колони потрібна distraкція, при distraкційних – компресія тощо.

Подальше накопичення клінічного матеріалу та впровадження принципів доказової медицини продемонстрували низьку ефективність лише механічного підходу. У багатьох дослідженнях виявлено, що патоморфологія отриманого ушкодження визначається не лише механізмом, тобто напрямком вектора прикладених травматичних зусиль, що підсумовує, а й великою кількістю інших чинників, як пов'язаних безпосередньо з травмою, так і зумовлених індивідуальними особливостями потерпілого. Отже, верифікація вихідного механізму не відіграє провідну роль у визначенні тактики лікування. Прийняття цієї концепції, а також розвиток методів статистичного аналізу сприяло розробці найсучасніших класифікацій, що мають лише клінічне значення, з одного боку, та високу відтворюваність результатів – з іншого. Найсучасніша класифікація AOSpineThoracolumbar Spine Injury Classification System майже не враховує механізм ушкодження, тобто має описовий характер. При цьому ознаки, які дають змогу верифікувати тип ушкоджень, чітко детерміновані, а кількість типів – незначна, що зумовлює простоту і відтворюваність.

Крім того, сучасною тенденцією є використання як критеріїв ранжування не лише патоморфологічних, а й клінічних ознак, що, безумовно, поліпшує вибір методів терапії. Жодна із найбільш використовуваних нині класифікацій (механічна F. Denis (1982) або AO/Magerl (1994), клінічна A.R. Vaccaro та співавт. (2013))

не має чітко встановленого та клінічно доведеного алгоритму надання допомоги постраждалим. На думку деяких авторів, критеріїв, використаних у цих системах, недостатньо для однозначної детермінації терапевтичних зусиль [31].

Зазначені недоліки є підставою для вдосконалення систем ранжування травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу хребта.

### Розкриття інформації

#### Конфлікт інтересів

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів.

#### Етичні норми

Ця стаття являє собою огляд літератури, тому схвалення етичного комітету не було потрібно.

#### Фінансування

Дослідження не мало спонсорської підтримки.

### Список літератури

- Mirza SK, Mirza AJ, Chapman JR, Anderson PA. Classifications of thoracic and lumbar fractures: rationale and supporting data. *J Am Acad Orthop Surg.* 2002;10(5):364-377. doi: 10.5435/00124635-200209000-00008
- Azam MQ, Sadat-Ali M. The Concept of Evolution of Thoracolumbar Fracture Classifications Helps in Surgical Decisions. *Asian Spine J.* 2015;9(6):984-994. doi: 10.4184/asj.2015.9.6.984
- Davis AG. Fractures of the spine. *The Journal of Bone & Joint Surgery.* 1929;11(1):133-156
- Böhler L. Technik der Knochenbruchbehandlung. Wien: Verlag von Wilhelm Maudrich; 1929.
- Böhler L, Böhler J. The Treatment of Fractures: Grune & Stratton; 1956.
- Watson-Jones R. The results of postural reduction of fractures of the spine. *The Journal of Bone & Joint Surgery.* 1938;20(3):567-586
- Platt H. Fractures and Dislocations of the Spine. *British medical journal.* 1938;2(4065):1155-1158. doi: 10.1136/bmj.2.4065.1155
- Chance GQ. Note on a type of flexion fracture of the spine. *The British journal of radiology.* 1948;21(249):452. doi: 10.1259/0007-1285-21-249-452
- Nicoll EA. Fractures of the dorso-lumbar spine. *J Bone Joint Surg Br.* 1949;31B(3):376-394
- Holdsworth F. Fractures, dislocations, and fracture-dislocations of the spine. *J Bone Joint Surg Am.* 1970;52(8):1534-1551
- Thomas Pope MDF, Bloem HL, Javier Beltran MDF, Morrison WB, Wilson DJ. *Musculoskeletal Imaging: Elsevier Health Sciences;* 2014. 1328 p.
- Kaufer H, Hayes JT. Lumbar fracture-dislocation. A study of twenty-one cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1966;48(4):712-730.
- Louis R. Spinal stability as defined by the three-column spine concept. *Anat Clin.* 1985;7(1):33-42. doi: 10.1007/BF01654627
- Kelly RP, Whitesides TE, Jr. Treatment of lumbodorsal fracture-dislocations. *Ann Surg.* 1968;167(5):705-717. doi: 10.1097/0000658-196805000-00009
- Hodgson AR, Stock FE. Anterior spinal fusion a preliminary communication on the radical treatment of Pott's disease and Pott's paraplegia. *The British journal of surgery.* 1956;44(185):266-275. doi: 10.1002/bjs.18004418508
- Roberts JB, Curtiss PH, Jr. Stability of the thoracic and lumbar spine in traumatic paraplegia following fracture or fracture-dislocation. *J Bone Joint Surg Am.* 1970;52(6):1115-1130.
- White AA, Panjabi MM. *Clinical Biomechanics of the Spine: Lippincott;* 1978.
- White AA, Panjabi MM. *Clinical Biomechanics of the Spine: Lippincott;* 1990.
- Perey O. Fracture of the vertebral end-plate in the lumbar spine; an experimental biochemical investigation. *Acta orthopaedica Scandinavica Supplementum.* 1957;25:1-101.

- doi: 10.3109/ort.1957.28.suppl-25.01
20. Lindahl S, Willen J, Nordwall A, Irstam L. The crush-cleavage fracture. A "new" thoracolumbar unstable fracture. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1983;8(6):559-569. doi: 10.1097/00007632-198309000-00001
  21. Gumley G, Taylor TK, Ryan MD. Distraction fractures of the lumbar spine. *J Bone Joint Surg Br*. 1982;64(5):520-525. doi: 10.1302/0301-620X.64B5.7142258
  22. Denis F. Updated classification of thoracolumbar fractures. *Orthop Trans*. 1982(6):8-9.
  23. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1983;8(8):817-831. doi: 10.1097/00007632-198311000-00003
  24. McAfee PC, Yuan HA, Fredrickson BE, Lubicky JP. The value of computed tomography in thoracolumbar fractures. An analysis of one hundred consecutive cases and a new classification. *J Bone Joint Surg Am*. 1983;65(4):461-473.
  25. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, Dvorak M, Schnake K, Bellabarba C, et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(23):2028-2037. doi: 10.1097/BRS.0b013e3182a8a381
  26. Allen BL, Jr., Ferguson RL, Lehmann TR, O'Brien RP. A mechanistic classification of closed, indirect fractures and dislocations of the lower cervical spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1982;7(1):1-27. doi: 10.1097/00007632-198200710-00001
  27. Ferguson RL, Allen BL, Jr. A mechanistic classification of thoracolumbar spine fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1984(189):77-88.
  28. Gertzbein SD, Court-Brown CM. Flexion-distraction injuries of the lumbar spine. Mechanisms of injury and classification. *Clin Orthop Relat Res*. 1988;227:52-60.
  29. Howland WJ, Curry JL, Buffington CB. FULCRUM FRACTURES OF THE LUMBAR SPINE. TRANSVERSE FRACTURE INDUCED BY AN IMPROPERLY PLACED SEAT BELT. *Jama*. 1965;193:240-241. doi: 10.1001/jama.1965.03090030062025
  30. McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW. The load sharing classification of spine fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1994;19(15):1741-1744. doi: 10.1097/00007632-199408000-00014
  31. Verheyden AP, Spiegl UJ, Ekkerlein H, Gercek E, Hauck S, Josten C, et al. Treatment of Fractures of the Thoracolumbar Spine: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Global Spine J*. 2018;8(2 Suppl):34S-45S. doi: 10.1177/2192568218771668
  32. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J*. 1994;3(4):184-201. doi: 10.1007/BF02221591
  33. Whitesides TE, Jr. Traumatic kyphosis of the thoracolumbar spine. *Clin Orthop Relat Res*. 1977(128):78-92.
  34. Müller ME, Nazarian S, Koch P, Heim U. Classification AO des fractures: 1: Les os longs: Springer Berlin Heidelberg; 1987.
  35. Aihara T, Takahashi K, Yamagata M, Moriya H. Fracture-dislocation of the fifth lumbar vertebra. A new classification. *J Bone Joint Surg Br*. 1998;80(5):840-845. doi: 10.1302/0301-620x.80b5.8657
  36. Oner FC, van Gils AP, Dhert WJ, Verbout AJ. MRI findings of thoracolumbar spine fractures: a categorisation based on MRI examinations of 100 fractures. *Skeletal Radiol*. 1999;28(8):433-443. doi: 10.1007/s002560050542
  37. Vaccaro AR, Zeiller SC, Hulbert RJ, Anderson PA, Harris M, Hedlund R, et al. The thoracolumbar injury severity score: a proposed treatment algorithm. *J Spinal Disord Tech*. 2005;18(3):209-215.
  38. Vaccaro AR, Lee JY, Schweitzer KM, Jr., Lim MR, Baron EM, Oner FC, et al. Assessment of injury to the posterior ligamentous complex in thoracolumbar spine trauma. *Spine J*. 2006;6(5):524-528. doi: 10.1016/j.spinee.2006.01.017
  39. Committee M, Burns S, Biering-Sorensen F, Donovan W, Graves DE, Jha A, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury, revised 2011. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2012;18(1):85-99. doi: 10.1310/sci1801-85
  40. Vaccaro AR, Lehman RA, Jr., Hurlbert RJ, Anderson PA, Harris M, Hedlund R, et al. A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(20):2325-2333. doi: 10.1097/01.brs.0000182986.43345.cb
  41. Lee JY, Vaccaro AR, Lim MR, Oner FC, Hulbert RJ, Hedlund R, et al. Thoracolumbar injury classification and severity score: a new paradigm for the treatment of thoracolumbar spine trauma. *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association*. 2005;10(6):671-675. doi: 10.1007/s00776-005-0956-y
  42. Tsou PM, Wang J, Khoo L, Shamie AN, Holly L. A thoracic and lumbar spine injury severity classification based on neurologic function grade, spinal canal deformity, and spinal biomechanical stability. *Spine J*. 2006;6(6):636-647. doi: 10.1016/j.spinee.2006.03.010
  43. Bradford DS, McBride GG. Surgical management of thoracolumbar spine fractures with incomplete neurologic deficits. *Clin Orthop Relat Res*. 1987(218):201-216.
  44. Carlisle E, Luna M, Tsou PM, Wang JC. Percent spinal canal compromise on MRI utilized for predicting the need for surgical treatment in single-level lumbar intervertebral disc herniation. *Spine J*. 2005;5(6):608-614. doi: 10.1016/j.spinee.2005.05.384
  45. Chapman JR, Agel J, Jurkovich GJ, Bellabarba C. Thoracolumbar flexion-distraction injuries: associated morbidity and neurological outcomes. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(6):648-657. doi: 10.1097/BRS.0b013e318166df7b.
  46. Sander AL, Laurer H, Lehnert T, El Saman A, Eichler K, Vogl TJ, et al. A clinically useful classification of traumatic intervertebral disk lesions. *AJR American journal of roentgenology*. 2013;200(3):618-623. doi: 10.2214/AJR.12.8748
  47. Aebi M. Classification of thoracolumbar fractures and dislocations. *Eur Spine J*. 2010;19 Suppl 1:S2-7. doi: 10.1007/s00586-009-1114-6
  48. Reinhold M, Audige L, Schnake KJ, Bellabarba C, Dai LY, Oner FC. AO spine injury classification system: a revision proposal for the thoracic and lumbar spine. *Eur Spine J*. 2013;22(10):2184-2201. doi: 10.1007/s00586-013-2738-0.
  49. Kepler CK, Vaccaro AR, Schroeder GD, Koerner JD, Vialle LR, Aarabi B, et al. The Thoracolumbar AOSpine Injury Score. *Global Spine J*. 2016;6(4):329-334. doi: 10.1055/s-0035-1563610
  50. Vaccaro AR, Schroeder GD, Kepler CK, Cumhuri Oner F, Vialle LR, Kandziora F, et al. The surgical algorithm for the AOSpine thoracolumbar spine injury classification system. *Eur Spine J*. 2016;25(4):1087-1094. doi: 10.1007/s00586-015-3982-2
  51. Dauleac C, Mottolese C, Beurariat PA, Szathmari A, Di Rocco F. Superiority of thoracolumbar injury classification and severity score (TLICS) over AOSpine thoracolumbar spine injury classification for the surgical management decision of traumatic spine injury in the pediatric population. *Eur Spine J*. 2021;30(10):3036-3042. doi: 10.1007/s00586-020-06681-4