

Ukr Neurosurg J. 2021;27(2):3-15
doi: 10.25305/unj.228256

Клінічні класифікації травматичних ушкоджень шийного відділу хребта на субаксіальному рівні. Частина 5. Ураження фасеткових суглобів та бічних мас

Нехлопочин О.С.¹, Слинько Є.І.¹, Вербов В.В.²

¹ Відділення патології спинного мозку та хребта, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України, Київ, Україна

² Відділення відновлювальної нейрохірургії, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України, Київ, Україна

Надійшла до редакції 31.03.2021
Прийнята до публікації 23.04.2021

Адреса для листування:

Нехлопочин Олексій Сергійович,
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

Травматичне ушкодження шийного відділу хребта супроводжується широким спектром можливих варіантів змін його остео-лігаментозного апарату. Одним з базових критеріїв, які визначають тактику лікування, є оцінка стабільності ушкодження, котра залежить від стану опорних колон хребта. Існуючі класифікації травматичних ушкоджень шийного відділу хребта на субаксіальному рівні детально та різнобічно характеризують стан передньої опорної колони, тоді як оцінці ступеня і характеру травматичних змін латеральних мас, фасеткових суглобів, а також варіантів можливих дислокацій приділяється набагато менше уваги.

Аналіз літератури свідчить про відсутність загальноприйнятої схеми, яка дала б змогу однозначно та всебічно характеризувати ушкодження фасеток/бічних мас і обрати оптимальний хірургічний або консервативний метод лікування. В огляді наведено найвідоміші схеми оцінок: класифікацію травматичних змін фасеткових суглобів за М.Ф. Dvorak та співавт., варіанти травматичного зміщення шийних хребців за В.П. Селівановим, варіанти травматичного ушкодження бічних мас за Y. Kotani та співавт., класифікацію ушкоджень заднього остео-лігаментозного комплексу та шкалу ступеня тяжкості ураження.

Розглянуто переваги та недоліки переднього, заднього або комбінованого доступу для лікування травматичних ушкоджень заднього опорного комплексу, що має критичне значення для отримання кращих клінічних результатів. Зазначено, що вибір оптимального методу лікування є предметом дискусій. Незважаючи на те, що хороші хірургічні результати можуть бути отримані за допомогою різних методів, є певні ситуації, при яких один метод може бути кращим за інші.

Накопичений клінічний досвід і сучасні дослідження біомеханіки травмованого хребта демонструють перевагу хірургічних методик лікування у більшості постраждалих, оскільки зазначені ушкодження практично завжди є нестабільними або потенційно нестабільними.

Ключові слова: травматичне ушкодження; класифікація; шийний відділ хребта; субаксіальний рівень; латеральні маси, фасеткові суглоби

Вступ

Травматичний вплив на організм людини зумовлює 10% летальності у світі та є провідною причиною смерті молодих осіб (5–44 років) у розвинених країнах [1]. Поширеність травматичних ушкоджень хребта становить від 19 до 88 випадків на 100 тис. населення на рік, травм спинного мозку – від 3,5 до 5,3 випадку на 100 тис. населення [2]. Від 19 до 51% випадків спінальної травми припадають на ушкодження шийного відділу хребта (ШВХ) [3]. Відомо, що саме ураження ШВХ зумовлює найвищі показники ранньої летальності пацієнтів порівняно з іншими відділами і часто супроводжується неврологічним розладами різного ступеня [4]. Крім того, травма ШВХ може ускладнити інтубацію і хірургічне лікування поєднаних травм у зв'язку з необхідністю іммобілізації шиї та значно погіршує прогноз у пацієнтів з політравмою [5]. Близько 65% переломів і понад 75% вивихів шийного відділу реєструють на субаксіальному рівні [6].

ентів з політравмою [5]. Близько 65% переломів і понад 75% вивихів шийного відділу реєструють на субаксіальному рівні [6].

Фасеткові суглоби і стабільність ушкодження

Одним із базових критеріїв, який характеризує тяжкість травматичних змін ШВХ та визначає загальну стратегію і характер хірургічного втручання (якщо таке виконується), є рівень нестабільності [7]. Саме нестабільність ушкодження часто визначає, як вихідний ступінь травматичного ураження структур хребтового каналу, так і подальшу їх травматизацію за відсутності ефективної іммобілізації [8]. Виникнення підгострої нестабільності у разі дефектів діагностики або відмови від хірургічного втручання значно збільшує термін реабілітації та погіршує прогноз щодо



відновлення неврологічних функцій і/або регресу болю [9,10].

Незважаючи на значне вдосконалення методів візуалізації, визначення стабільності ушкодження залишається клінічно складним завданням, а широке використання не виключає неоднозначності трактування самого поняття. Концепцію стабільності ушкодження запропоновано в класифікації переломів хребта R. Watson-Jones у 1931 р., а потім доповнено E.A. Nicoll у 1949 р. [11,12]. Значною мірою на формування сучасних уявлень про стабільність ушкодження, як і про біомеханіку хребта в цілому, вплинули роботи A.A. White III і M.M. Panjabi [13–15]. Автори запропонували теорію, згідно з якою механічна стабільність хребтового стовпа забезпечується взаємодією трьох підсистем: 32 (або іноді 33) хребця забезпечують внутрішню стабільність, м'язи спини, прикріплені до хребта, забезпечують динаміку, а нервова система є підсистемою управління та координує м'язову відповідь. Автори визначили клінічну стабільність хребта як здатність при фізіологічних навантаженнях обмежувати патерни зміщення таким чином, щоб виключити ушкодження або подразнення спинного мозку та нервових корінців і запобігти деформації або болю, спричиненим структурними змінами. Відповідно, нестабільність – це втрата здатності хребта підтримувати біомеханічно передбачені патерни змін взаємозв'язків його анатомічних структур при нормальних фізіологічних навантаженнях [16].

Складність сприйняття поняття стабільності хребта зумовлена своєрідним дуалізмом, оскільки фактично «фізіологічне» визначення, запропоноване A. White і M. Panjabi, ґрунтується на «ортопедичній» основі. Так, в абсолютній більшості схем визначення стабільності хребта використано концепцію опорних колон.

Вперше поняття «опорна колона» згадане в роботах англійського ортопеда H. Platt у 1938 р. [17]. У 1963 F. Wild Holdsworth виділив передню (тіло хребця) та задню (задні елементи) опорні колони хребта і «задній зв'язковий комплекс», до якого відніс надостну та міжкостисті зв'язки, капсулу фасеткових суглобів і жовту зв'язку, припустивши, що ушкодження зазначених анатомічних структур призводить до формування нестабільних переломів [18]. Безпосередньо принцип стабільності, який ґрунтується на опорних колонах, був запропонований у 1968 р. R.P. Kelly та T.E. Whitesides [19]. Автори припустили, що збереження хоча б однієї з колон забезпечує стабільність ушкодження. В подальшому цю теорію багаторазово модифікували.

Модель трьох опорних колон, запропонована у 1983 р. французьким ортопедом F. Denis, є найвідомішою і широко використовується в клінічній практиці [20]. ґрунтуючись на спостереженнях A. White і M. Panjabi, які описують гостру та підгостру нестабільність, автор виділяє передню колона, представлену передньою поздовжньою зв'язкою, передньою половиною тіла хребця і міжхребцевого диска, середню колона, представлену задньою половиною тіла хребця

та міжхребцевого диска, а також задньою поздовжньою зв'язкою, і задню колона, представлену ніжками дуги, фасетковими суглобами, остистими відростками та міжкостистими зв'язками [21]. З урахуванням моделі F. Denis розроблено сучасні принципи визначення нестабільності травмованого хребта. Запропонована модель передбачала оцінку лише грудного і поперекового відділів, але в подальшому в низці робіт її помилково було екстрапольовано на шийний рівень, що спричинило дуже нелогічні висновки.

Практично одночасно, у 1985 р., R. Louis запропонував триколонну модель хребта, яка в подальшому не набула значного поширення [22]. Згідно з концепцією суглобової ортогональної триангуляції передня колона сформована тілом хребця і міжхребцевим диском, а дві задні – фасетками. Відповідно, біомеханічно кожен хреботно-руховий сегмент (ХРС) представлено трикутником, кутами якого є міжхребцевий диск та дугоподібні суглоби. Запропонована модель урахувала специфіку анатомічних особливостей ШВХ.

Також було запропоновано теорію середнього сегмента R. Roy-Camille (1979), теорію W.H. Kirkaldy-Willis (1982), теорію центроїда S.D. Gertzbein (1985), теорію центрального хребтового стовпа S.M. Iensean (2003) і низку інших, які пояснюють стабільність хребта на підставі стану певних анатомічних структур ХРС як при травматичних ушкодженнях, так і при дегенеративно-дистрофічних змінах [23–27]. Розвиток біомеханіки та використання сучасних методів аналізу сприяли розробці нових моделей опорних колон, оскільки жодна з наведених вище не в змозі однозначно схарактеризувати ступінь стабільності ХРС у кожному випадку. Так, у 2020 р. групою китайських вчених на чолі з Qihang Su була запропонована оновлена триколонна теорія [28].

Важливу роль у формуванні стабільності ХРС у всіх наведених моделях відводять фасетковим суглобам, при чому саме в ШВХ їх значущість найбільш виражена. Однак нині відсутня класифікація, котра дала б змогу охарактеризувати комплекс морфологічних змін фасеткових суглобів і латеральних мас при травматичних ушкодженнях ШВХ, а увагу продовжують приділяти переважно стану тіла хребця. Це можна пояснити тим, що найдетальніші морфологічні класифікації були запропоновані за результатами аналізу даних рентгенограм, а сама методика рентгенографії не давала змогу деталізувати складні при трактуванні зміни фасеток. На етапі активного застосування спіральної комп'ютерної томографії, а пізніше – також магнітно-резонансної томографії (МРТ) загальною тенденцією стала мінімізація класифікаційних характеристик та об'єднання схожих, на думку авторів, типів ушкоджень, що спостерігається в найсучасніших класифікаціях [29]. Більш того, при аналізі літератури відзначено, що тактичні аспекти терапії ізольованих ушкоджень фасеткових суглобів є найсуперечливішим питанням у хірургії травматичних ушкоджень ШВХ. Тому метою огляду є узагальнення розрізнених даних щодо видів ушкодження міжхребцевих суглобів, як переломів, так і вивихів, а також

коротка характеристика запропонованих для кожного з них методів терапії.

Морфологія ушкодження фасеткових суглобів

Найбільш впорядкована, хоча і коротка, найпоширеніша класифікація ушкоджень фасеткових суглобів була опублікована М.Ф. Dvorak і співавторів у 2007 р. [30]. Ця схема стала узагальненням наявних у літературі даних і використовувалася як інструмент для оцінки ефективності терапії різних видів уражень [31]. Значним недоліком, який обмежив подальше застосування класифікації, була практично повна відсутність опису морфології, а також визначення лише тих типів, які автори спостерігали в невеликій групі постраждалих (однобічні ураження).

У класифікації виділено три основні типи ушкодження: перелом фасетки (тип А), зміщення (тип В) і перелом зі зміщенням (тип С) (**Рис. 1**).

До типу А віднесено переломи верхньої фасетки розташованого нижче хребця (підтип А1), нижньої фасетки розташованого вище хребця (підтип А2) і бічну масу, яка флотує, – перелом ніжки і/або вертикальний перелом пластини дуги (підтип А3). Усі зазначені підтипи не супроводжуються значним

зміщенням хребців ушкодженого ХРС. З огляду на ураження дугопаросткових суглобів, особливо підтипу А1 і А2, що ускладнює, а за певних умов унеможлиблює оцінку співвідношення суглобових поверхонь фасеток, наявність зсуву одного хребця щодо іншого визначають згідно із стандартизованим методом Spine Trauma Study Group [32] як відстань між лініями, проведеними паралельно заднім поверхнім тіл зміщеного і наступного каудальніше розташованого хребця, виміряну на рівні нижньої замикальної пластини зміщеного хребця, а при значній деформації – як довжину перпендикуляра, проведеного із задньо-нижнього кута зміщеного хребця до лінії, котра проходить паралельно задній поверхні тіла розташованого нижче хребця [33]. Однак не існує єдиної думки щодо того, який мінімальний зсув слід розглядати як критерій наявності вивиху. Вважають, що однобічний вивих може спричинити зсув до 25% передньо-заднього діаметра суміжних тіл хребців [34]. І, відповідно, коли зсув тіла хребця становить $\geq 50\%$ щодо нижче розташованого хребця, це часто свідчить про двобічне ушкодження фасеток, хоча ця ознака, на думку деяких авторів, досить умовна [30].

До типу В віднесено всі ушкодження без верифікованих переломів дуг і дугопаросткових суглобів.

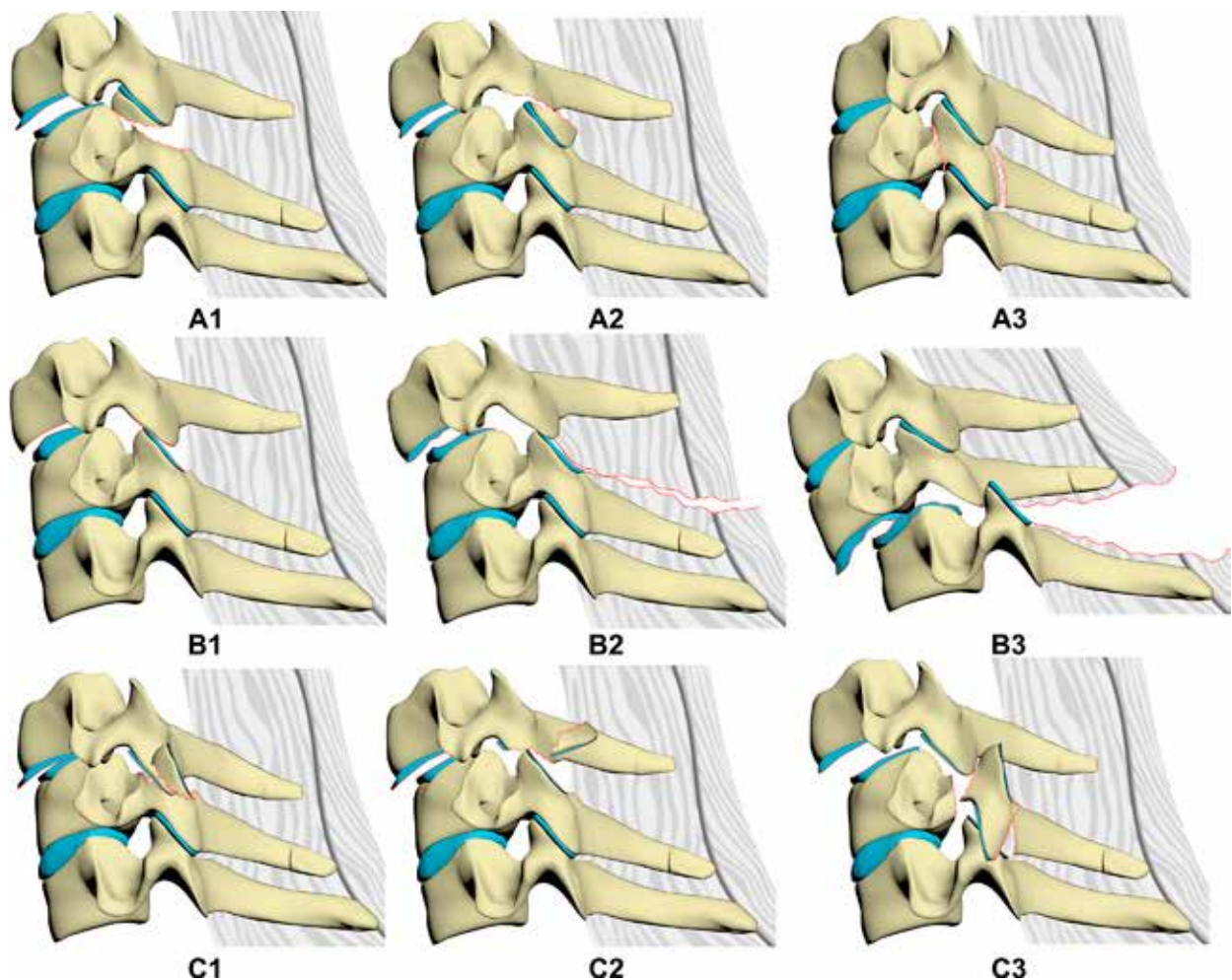


Рис. 1. Класифікація травматичних змін фасеткових суглобів за М.Ф. Dvorak і співавторів. [30] (схематично). Пояснення в тексті

Підтип В1 (підвивих) – характеризується порушенням співвідношення суглобових поверхонь фасеток розташованих вище і нижче хребців травмованого ХРС. Проявність підвивиху свідчить значення $<0,5$ коефіцієнта, розрахованого як відношення довжини поверхонь, які контактують, до довжини нижньої суглобової поверхні ротрально розташованого хребця [32]. Підтип В2 (верховий підвивих) – найвищий ступінь підвивиху, коли задній край нижньої фасетки краніального хребця розташований на передньому краї фасетки каудального хребця [35]. Підтип В3 (зчеплений вивих) – різновид повного вивиху, при якому нижній суглобовий відросток розташованого вище хребця зміщується у верхню міжхребцеву вирізку хребця, котрий підлягає.

Тип С (комбіноване ушкодження) – перелом фасеток із вивихом/підвивихом, хоча чітко розмежувати зазначені типи зміщення для таких ушкоджень неможливо. Таким чином, підтипи С1, С2 і С3 дублюють аналогічні підтипи типу А, але супроводжуються порушенням співвідношення тіл хребців.

Закономірно, що висока мобільність ШВХ, широкий діапазон можливого впливу травматичного зусилля як за вектором, так і за інтенсивністю, значні індивідуальні відмінності між постраждалими (щільність кісткової тканини, ригідність і еластичність диско-зв'язкового апарату, тонус м'язів) призводять до різноманітних типів ушкоджень. Відповідно, наведені у класифікації М.Ф. Dvorak і співавт. підтипи можуть бути однобічними, двобічними, та їх комбінаціями.

З огляду на те, що ХРС являє собою єдиний комбінований суглоб, закономірно, що наявність однобічного підвивиху/вивиху призводить до певної деформації в протилежному суглобі, але такі зміни, на думку деяких авторів, не мають практичного значення,

оскільки усунення основного зміщення відновлює конгруентність у протилежному суглобі [36].

У разі кістково-травматичних змін контралатеральної фасетки навіть без зміщення таке ушкодження розглядають як двобічний вивих/підвивих.

Як зазначено вище, складність класифікації травматичних ушкоджень, а також трактування результатів клінічних досліджень зумовлені відсутністю уніфікованих визначень основних понять. Значний внесок у стандартизацію принципів діагностики, опис морфології та визначення оптимальних методів лікування зробив В.П. Селіванов. Він визначає вивих як стан, який характеризується повною втратою контакту між зчленованими фасетками [37]. Автор виділяє такі різновиди переднього повного вивиху: вивих з високим стоянням суглобових відростків (**Рис. 2А**), коли нижні суглобові відростки не зміщені у верхні хребтові вирізки, зчеплений вивих, який відповідає підтипу В3 за класифікацією М.Ф. Dvorak і співавт. (див. **Рис. 1**). Крім того, виділяють тотальний вивих, як крайній ступінь вентрального зміщення при повному двобічному вивиху в бічних і міжтілових зчленуваннях (**Рис. 2Б**).

У більшості випадків під поняттям «вивих» розуміють зсув краніально розташованого хребця вентрально, тобто передній вивих, що фактично визначається кутом нахилу площини фасеток. Досить рідко реєструють задні вивихи (**Рис. 2В**). В.П. Селіванов відзначає, що зміщення назад у фасеткових суглобах без кістково-травматичних змін не можливі, однак J.T. Hueston описує поодинокі випадки заднього вивиху на тлі лише лігаментозного ушкодження [38]. Згідно з клінічними спостереженнями, задні вивихи практично завжди супроводжуються грубою неврологічною симптоматикою.

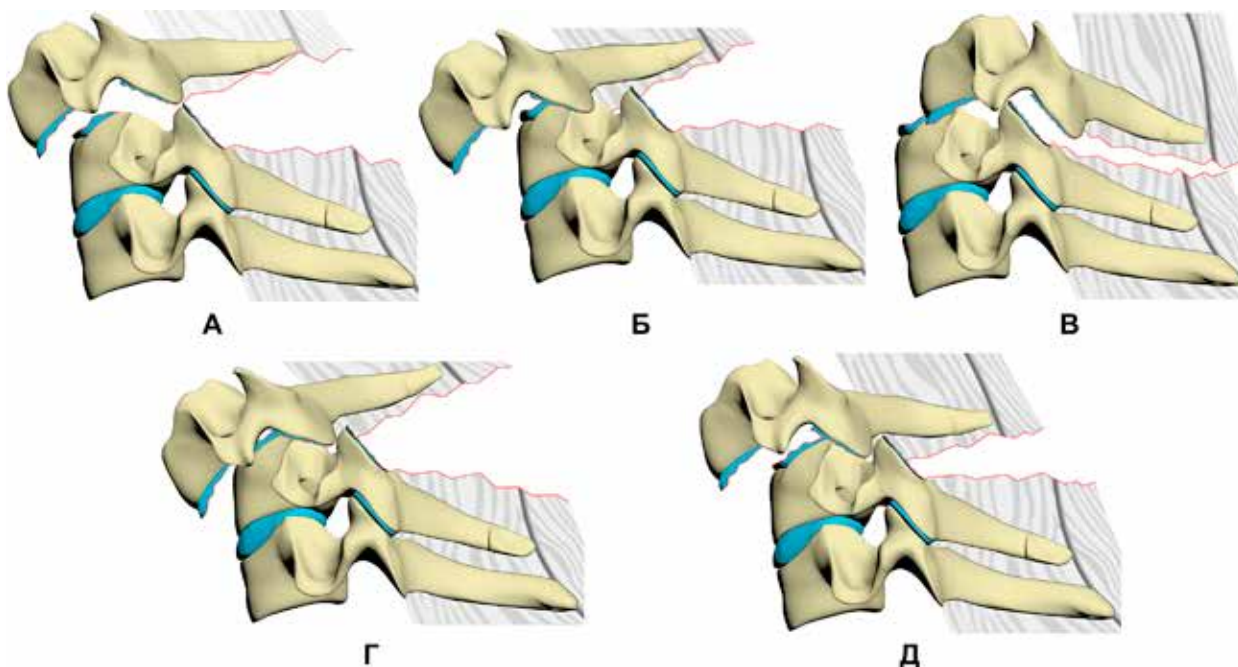


Рис. 2. Деякі варіанти травматичного зміщення шийних хребців (за В.П. Селівановим [36] схематично): А – повний передній вивих з високим стоянням суглобових відростків; Б – тотальний вивих; В – задній вивих; Г – вивих, який перевертається; Д – ковзний вивих

Фактично, задній вивих є окремим випадком DE2 ушкодження згідно із класифікацією B.L. Allen і R.L. Ferguson [39]. Як можливий механізм формування заднього вивиху ШВХ на субаксіальному рівні розглядають первинне ушкодження передньої поздовжньої зв'язки з екстензійно-дистракційним впливом, який триває. Відповідно, переважанням екстензії або дистракції визначається наявність або відсутність кістково-травматичних змін при задніх вивихах. Незначні зміщення мають тенденцію до спонтанного вправлення. На відміну від передніх вивихів, за яких тяжкість зміщення визначається за співвідношенням суглобових поверхонь фасеток, при задніх враховують ступінь зміщення тіла хребця [36].

Безумовно, одним із базових критеріїв, який визначає ступінь ушкодження невральних структур при вивихах, є зсув (передньо-заднє) зміщення в ушкодженному ХРС, але зсув в інших площинах також має велике клінічне значення. Так, при повному передньому вивиху оцінюють ступінь кутової деформації. Відповідно, вивихи з нахилом зміщеного хребця вперед називають такими, які перевертаються (**Рис. 2Г**), а без нахилу – ковзними (**Рис. 2Д**). Останні значно частіше супроводжуються ушкодженням фасеткових суглобів, тобто фактично є переломи-вивихами. Відзначено, що за інших однакових умов, що більшим є передній нахил, то менше виражене звуження хребтового каналу і відповідно менша ймовірність грубого ушкодження спинного мозку (СМ) [36].

Згідно із концепцією суглобової ортогональної триангуляції R. Louis зміщення в одній з опорних точок неминуче призводить до порушення співвідношення в інших. При однобічних підвивихах/вивихах завжди спостерігається певна ротація верхнього хребця щодо нижнього (**Рис. 3А**), при цьому зміщення вперед виражене значно більше, ніж зміщення в бік, оскільки своєрідною точкою фіксації слугує інтактна фасетка (Рис. 3Б). Основна деформація спостерігається в системі міжхребцевий диск – поздовжні зв'язки, що зумовлено більшою вихідною еластичністю зазначених структур (порівняно з капсулою фасеткового суглоба) і відсутність кісткової опори (наявна у фасетковому суглобі).

У деяких випадках точкою фіксації є міжхребцевий диск і спостерігається протилежний вивих, коли один фасетковий суглоб вивихнуто вперед, а протилежний – назад (**Рис. 3В**). Така ситуація характерніша для верхньошийного відділу, але зрідка реєструється і на субаксіальному рівні [40]. Адекватна оцінка характеру і ступеня ротації має критичне значення для низки методик закритого одномоментного вправлення.

Згідно з даними С.А. Вeyer і співавт. [34,41], близько 5% травматичних ушкоджень ШВХ супроводжуються ізольованими незміщеними або мінімально зміщеними переломами фасеткових суглобів. Традиційно застосовували консервативну терапію у пацієнтів із зазначеними типами травм, що певною мірою мінімізувало необхідність у деталізації ушкоджень. На відміну від вивихів і переломи-вивихів, які потребують активної терапії (закрите вправлення з наступною іммобілізацією або відкрите вправлення зі стабілізацією), всі ізольовані переломи фасеток без зміщення тривалий час вважали стабільними ушкодженнями і, відповідно, такими, котрі не потребують хірургічного втручання. Однак публікації останніх років демонструють необхідність у деяких випадках проведення хірургічного лікування при ізольованих однобічних переломах фасеток [41,42]. Відзначено, що механізм виникнення такого типу ушкоджень зумовлений одночасним впливом гиперекстензії, бічної компресії та ротації і часто супроводжується ушкодженням передніх відділів пульпозного ядра міжхребцевого диска та передньої поздовжньої зв'язки, що не завжди можна верифікувати навіть із застосуванням сучасних методів нейровізуалізації [43]. Тому все ізольовані переломи фасеток слід розглядати як умовно ротаційно нестабільні [44].

Розвиток і вдосконалення техніки хірургічних втручань в останні десятиліття, використання малоінвазивних технологій, а також загальна тенденція до мінімізації терміну непрацездатності та максимально швидкої реабілітації постраждалих у розвинених країнах зумовлюють необхідність перегляду тактичних підходів до терапії пацієнтів з ізольованими переломами фасеток [45,46]. Відповідно проблема

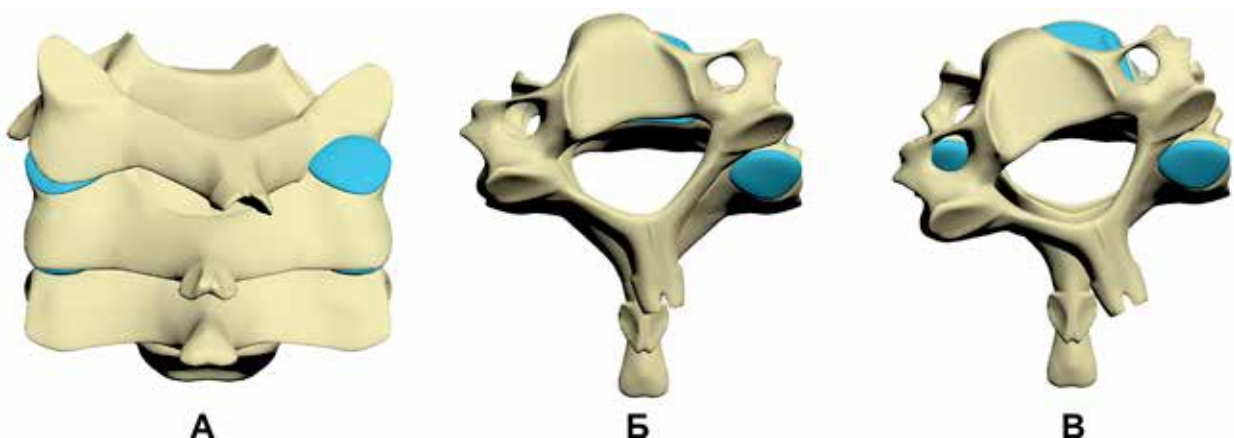


Рис. 3. Ротація при однобічних вивихах (схематично): А – ротаційний вивих (вид ззаду); Б – ротаційний вивих (вид зверху); В – протилежний вивих (вид зверху)

верифікації та стандартизації характеру ушкодження є актуальною.

Закономірно, що при розгляді різних варіантів вивихів основною характеристикою патоморфологічних змін є співвідношення суглобових поверхонь дугопаросткових суглобів, а в деяких випадках – співвідношення тіл хребців. При цьому завжди розглядають ХРС. При переломах оцінюють кістково-травматичні зміни фасеткового суглоба, латеральної маси, ніжки і пластини дуги одного хребця. Наявність певного типу перелому фасетки не виключає різні варіанти зміщення в ХРС. Не описано жодного типу ушкодження фасеткового суглоба, який ніколи не супроводжується вивихом, оскільки, як зазначено вище, всі подібні травми умовно нестабільні. При описі перелоמו-вивихів наводять характеристику і ступінь зміщення та характер кісткового ушкодження.

Ушкодження бічних мас

Публікація Yoshihisa Kotani та співавт. [47] зумовила подальше вивчення і вдосконалення номенклатури травматичних змін заднього опорного комплексу. Так, японські дослідники, окрім переломів суглобових відростків (типи A1 і A2 за класифікацією M.F. Dvorak і співавт.), виділяють 4 типи ушкоджень бічної маси: відривний, багатоуламковий, розколювальний перелом і травматичний спондиліоз (Рис. 4).

Відривний перелом (*separation fracture*) характеризується лініями переломів, які проходять крізь пластину і ніжку дуги хребця, ізолюючи і відокремлюючи суглобову масу (бічна маса, яка флотує). Фактично відповідає типу A3 за класифікацією M.F. Dvorak і співавт. і F3 за AOSpine Subaxial Classification System.

Багатоуламковий перелом (*comminution fracture*) характеризується наявністю множинних ліній переломів бічної маси зі значною її фрагментацією, часто

супроводжується бічним розплющенням у коронарній площині.

Розколювальний перелом (*split fracture*) характеризується вертикальною лінією перелому в коронарній площині однієї з бічних мас з формуванням переднього і заднього уламків та вклинюванням між ними верхнього суглобового відростка каудально розташованого суміжного хребця.

Травматичний спондиліоз (*traumatic spondylolysis*) формується двобічними горизонтальними лініями переломів міжсуглобової частини (*pars interarticularis*), що призводить до поділу між передніми і задніми структурами хребця.

Y. Kotani та співавт. наводять порівняння ступеня нестабільності при переломах фасеток і латеральних мас хребців. Так, при переломі бічної маси переднє зміщення травмованого хребця спостерігали у 77% випадків, зсув краніально розташованого хребця – у 24%. У 10% випадків автори зареєстрували вентральну дислокацію хребця, розташованого нижче за травмований, що, ймовірно, зумовлено ураженням зв'язкового апарату в ХРС, суміжних з ушкодженим. У 33% випадків ушкодження латеральних мас відзначено зсув у коронарній проекції. При ураженні фасеткових суглобів вентральне зміщення ушкодженого хребця зареєстровано у 33% випадків (за рахунок перелому нижнього суглобового відростка) і в 50% випадків зміщення хребця, розташованого вище за ушкоджений (при переломі верхнього суглобового відростка). Дислокації хребців, розташованих нижче, а також зміщення в коронарній площині при зазначених травмах не спостерігали. При аналізі підтипів ушкодження бічних мас автори відзначили велику частоту вентрального зміщення: 80, 91 і 100% для розколювальних та відривних переломів і травматичного спондиліозу відповідно. Переднє зміщення хребця, розташованого вище за травмований,

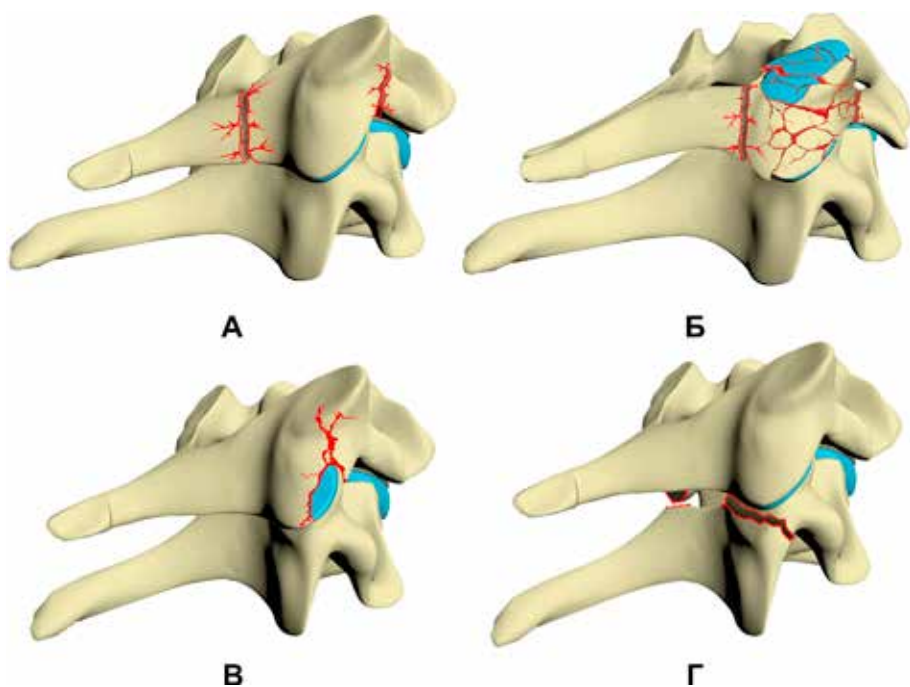


Рис. 4. Варіанти травматичного ушкодження бічних мас (за Y. Kotani та співавт. [47] схематично): А – відривний перелом; Б – багатоуламковий перелом; В – розколювальний перелом, Г – травматичний спондиліоз

спостерігали у 50% випадків при багатоуламкових переломах і спондилілізі, у 20% випадків – при бічній масі, котра флотує, і в жодному випадку при розколювальному ушкодженні. Крім того, коронарне зміщення відзначене при багатоуламкових і розколювальних переломах.

Усі описані типи ушкодження бічних мас потребують хірургічного лікування. Y. Kotani та співавт. віддають перевагу короткій задній стабілізації: для переломів фасеток, відривних переломів і негрубих багатоуламкових переломів рекомендована моно-сегментарна транспедикулярна стабілізація, тоді як для розколювальних та багатоуламкових переломів з коронарним зміщенням – бісегментарна. У деяких випадках при бічній масі, котра флотує, пропонують фіксацію уламка канюльованим гвинтом без блокування сегмента.

Запропоновану Y. Kotani та співавт. класифікацію використано в подальших дослідженнях. Так, Sun-Ho Lee і співавт. [44] при аналізі однобічного ушкодження латеральних мас субаксіального відділу ШВХ дотримуються зазначеної системи. При цьому закономерно виділяють однобічний спондиліліз. Автори наводять порівняльну оцінку консервативних і хірургічних методів лікування, віддаючи перевагу вентральному спондилідезу. Позитивний результат при первинно хірургічній тактиці зареєстровано у 83,3% постраждалих, тоді як жорстка фіксація ШВХ у 80% випадків неефективна і потребує подальшої стабілізації. Відстрочена хірургія ефективна в 66,7% випадків. Таким чином, навіть при однобічному ушкодженні бічної маси хірургічне втручання є практично безальтернативним методом лікування. Як виняток автори розглядають однобічний спондиліліз із мінімальним зміщенням, при якому іноді вдається досягти позитивного результату шляхом тривалої зовнішньої фіксації.

Шкала оцінки ступеня тяжкості ушкодження

Однією із спроб кількісно оцінити ступінь ушкодження заднього опорного комплексу ШВХ та певною мірою стандартизувати хірургічну тактику є публікація в 2021 р. групою китайських вчених Класифікації ушкоджень заднього остео-лігаментозного комплексу і шкали ступеня тяжкості ураження (Posterior Ligament-Bone Injury Classification and Severity Score (PLICS)) [48]. Автори пропонують розділити задній опорний комплекс на три функціональні структури: бічні (латеральні маси із фасетковими суглобами і капсулами суглобів) та задню (пластинка дуги, остисті відростки, надостні та міжостисті зв'язки). PLICS ґрунтується на комплексній оцінці травматичних змін остео-лігаментозного апарату. Кількістю балів від 1 до 3 оцінюють кожну функціональну структуру залежно від тяжкості ушкодження та її внеску в стабільність заднього опорного комплексу ШВХ.

Характер ушкодження задньої структури відповідно до запропонованої класифікації визначають за допомогою клінічного обстеження, комп'ютерної томографії в режимі 3D-реконструкції та МРТ. Єдиним критерієм ідентифікації травми зв'язкового апарату

Таблиця 1. Шкала оцінки тяжкості ушкодження задньої структури

Характеристика	Бал
Інтактна	0
Легке ушкодження	1
Помірне ушкодження	2
Тяжке ушкодження	3

є наявність гіперінтенсивного МР-сигналу в режимі T2VI і/або в режимах із пригніченням сигналу від жиру (fat-suppressed MRI), наприклад, T2FFE-SPiR [49,50].

Виділяють три типи ушкоджень залежно від ступеня тяжкості (Табл. 1). До легких відносять ушкодження з частковим розривом зв'язкового апарату (Рис. 5А) без вивиху фасеткового суглоба. У таких пацієнтів фізикальне обстеження виявляє болючість при пальпації остистих відростків ділянки травми. Рентгенологічні ознаки розширення міжостистого проміжку або перелому остистого відростка не визначаються. Помірні ушкодження характеризуються повним розривом зв'язкового комплексу (Рис. 5Б), передньо-заднім зміщенням хребця і вивихом фасеткового суглоба. На комп'ютерних томограмах реєструють збільшення відстані між остистими відростками без переломів останніх, а розширення міжостистого проміжку може визначатися пальпаторно. Помірне ушкодження, котре супроводжується переломом остистого відростка і/або пластини дуги, класифікують як тяжке (Рис. 5В).

При оцінці стабільності латеральних структур рекомендовано враховувати як зв'язки, так і кісткові утворення. Збереження зв'язок визначає цілісність капсули фасеткового суглоба. Оскільки зв'язки капсули занадто малі для переконливої візуалізації, ступінь зміщення ураженого фасеткового суглоба вважають непрямую ознакою, котра відображує тяжкість ушкодження капсули. Підвивих належить до часткового розриву капсули суглоба, оцінка – 1 бал (Рис. 5А), вивих – до повного розриву зв'язок капсули, оцінка – 2 бали (Рис. 5Б, В). Тяжкість ушкодження кісткових елементів визначається стабільністю травмованого суглоба і бічної маси. Якщо лінія перелому проходить лише крізь одну суглобову поверхню, як при частковому відриві (Рис. 5Ж) або частковому розколювальному переломі (Рис. 5Г), то ушкодження вважають стабільним, оцінка – 1 бал. Якщо лінійний перелом одночасно зачіпає верхню і нижню суглобові поверхні, як при повному розколювальному переломі (Рис. 5Д) або повному відриві однієї суглобової поверхні від латеральної маси (Рис. 5З), то фасетковий суглоб є відносно нестабільним, оцінка – 2 бали. Вкрай нестабільним вважають уламковий перелом фасеткового суглоба на ураженому рівні (Рис. 5Е) або відрив ніжки та/або пластини дуги, що призводить до від'єднання всієї бічної маси (бічна маса, яка флотує) (Рис. 5И), оцінка – 3 бали. Кісткові елементи і зв'язковий апарат латеральних структур оцінюють окремо, при розрахунках ураховують найбільше значення (Табл. 2).

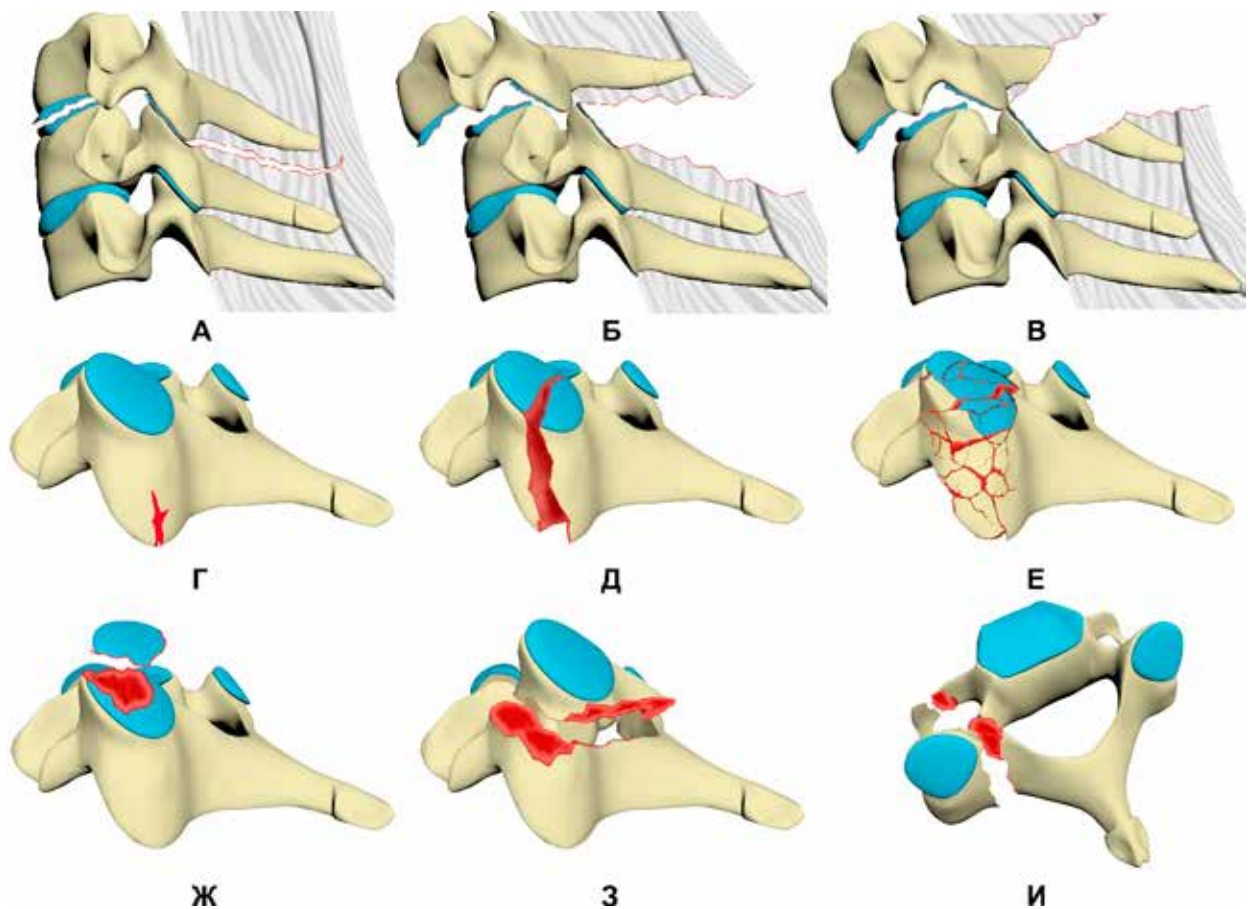


Рис. 5. Типи ушкодження бічних і задньої структури згідно з PLICS [48] (схематично). Ураження задньої структури: А – легке; Б – помірне; В – тяжке. Ураження бічної маси: Г – частковий розколювальний перелом; Д – повний розколювальний перелом; Е – багатоуламковий перелом; Ж – частковий відрив суглобової поверхні; З – повний відрив суглобової поверхні; И – бічна маса, котра флотує

Запропоновану авторами схему оцінки застосовували у пацієнтів з показниками >4 балів за шкалою SLIC, тобто в усіх випадках рекомендовано хірургічне втручання [51]. На відміну від наведених раніше робіт Y. Kotani абсолютну перевагу віддано ACDF. У разі сумарної оцінки PLICS ≤ 7 балів і відсутності вкрай нестабільного перелому бічної маси рекомендований вентральний корпоредез, у разі ≥ 7 балів

і/або наявності вкрай нестабільного ушкодження – 360°-стабілізація.

З огляду на те, що при визначенні тактики хірургічного втручання із застосуванням PLICS основним є ушкодження заднього опорного комплексу, використання цієї шкали не рекомендоване у пацієнтів з уламковими або компресійними $>30\%$ переломами тіл хребців. В окрему категорію виділяють пацієнтів з анкілозивним спондилітом, у яких ізольована вентральна стабілізація часто є неспроможною [52].

Таблиця 2. Шкала оцінки тяжкості ураження латеральних структур заднього опорного комплексу

Характеристика	Бал
Зв'язковий апарат:	
• нормальне співвідношення фасеток	0
• підвивих	1
• вивих	2
Кісткові структури:	
• без ушкодження бічних мас	0
• стабільний перелом бічної маси	1
• нестабільний перелом бічної маси	2
• вкрай нестабільний перелом бічної маси	3

Загальні принципи терапії

Як однобічні, так і двобічні ушкодження фасеткових суглобів та латеральних мас зі зміщенням або без явної дислокації часто супроводжуються неврологічними розладами у постраждалих з травмою ШВХ на субаксіальному рівні. Так, при однобічних фасеткових вивихах близько 25% пацієнтів неврологічно інтактні, у 37% реєструють явища іритації або компресії корінців СМ, 22% демонструють клініку неповного ушкодження СМ, а у 15% спостерігається тетраплегія [31]. Двобічні ураження частіше супроводжуються значно вираженими ушкодженнями м'яких тканин і більшою частотою неврологічних розладів порівняно з однобічним фасетковим вивихом. З огляду на виражену нестабільність рекомендована рання іммобілі-

зачія, за потреби – закриті вправлення, декомпресія СМ і стабілізація, що в цілому дає змогу поліпшити неврологічний статус пацієнтів [53]. Оpubліковані в 2012 р. результати багатоцентрового проспективного дослідження Surgical Timing in Acute Spinal Cord Injury Study (STASCIS) демонструють, що раннє вправлення і/або рання хірургічна декомпресія та стабілізація, виконана протягом перших 24 год з моменту травми, забезпечують кращий регрес неврологічних розладів порівняно з більш пізньою декомпресією [54].

Незважаючи на високу практичну значущість, питання про оптимальні методи хірургічної корекції зазначених ушкоджень не вирішено. У 2014 р. D. Del Curto і співавт. опублікували системний огляд, присвячений оцінці хірургічних доступів при травматичному ушкодженні фасеткових суглобів, який увійшов у базу Кокрейн [55]. Однак навіть ця праця не дала змогу виявити найоптимальніший хірургічний доступ. Ця публікація є єдиною, яка узагальнює результати рандомізованих досліджень, присвячених даній проблемі.

Аналіз даних літератури виявив три основні тактичні хірургічні підходи при лікуванні травматичних ушкоджень фасеток і бічних мас: АСДФ, задня транспедикулярна/трансартулярна стабілізація та 360°-хірургія [56]. Нижче наведено основні переваги та недоліки зазначених методик.

Передні шийні доступи

У пацієнтів з травматичним ушкодженням заднього опорного комплексу на субаксіальному рівні ШВХ перевагами вентральних доступів є: відсутність необхідності ротації пацієнта і, відповідно, менший ризик травматизації невральних структур при нестабільному ушкодженні, оскільки хірургічне втручання виконують у положенні лежачи на спині; менша хірургічна травма; можливість прямої декомпресії структур хребтового каналу за наявності травматичної грижі міжхребцевого диска або кісткового фрагмента [57].

Відзначено, що АСДФ при виконанні з приводу однобічно перелоמו-вивиху фасетки зумовлює меншу частоту інфекційних післяопераційних ускладнень і характеризується меншою інтенсивністю болю порівняно із заднім доступом. За даними деяких авторів, вентральний хірургічний доступ забезпечує більше можливостей для відновлення сагітального контуру оперованого сегмента і сприяє кращій консолідації [58].

Протягом тривалого часу АСДФ віддавали перевагу у пацієнтів з травматичними грижами міжхребцевих дисків і неповним неврологічним дефіцитом, оскільки вентральна пряма декомпресія завжди краще задньої непрямої [59]. Однак у низці публікацій продемонстровано можливості ефективного видалення гриж заднім доступом без значущих ризиків наростання неврологічних розладів [57].

Одним з основних завдань при виконанні хірургічного втручання з приводу травматичних ушкоджень фасеток або бічних мас є відновлення осі хребта. Розроблено велику кількість технік відкритого непрямого переднього вправлення, досить ефективних і безпечних як при однобічних, так і при двобічних ушкодженнях [60].

До найпоширеніших методів належить відкрите вправлення із застосуванням шийного дистрактора, при якому після видалення диска за допомогою зведення штифтів формується локальна кіфотична деформація, що забезпечує розблокування фасеткових суглобів. На тлі передньо-задньої компресії на тіло краніально розташованого хребця виконують дозоване розведення штифтів, відновлення конгруентності фасеток і формування лордозу з подальшою установкою міжтілової опори.

Альтернативним методом є безперервне інтраопераційне зовнішнє краніальне витягування, на тлі якого, після видалення міжхребцевого диска, шляхом дозованого натискання на тіло краніального хребця ушкодженого ХРС і додаткового застосування елеватора Кобба або іншого інструмента, виконують репозицію фасеток. У більшості випадків хірургічного доступу після вентральної дискектомії достатньо для видалення фрагментів диска, наявних у каналі, навіть у разі деякої каудальної або краніальної міграції.

У випадках, коли вивих не вдається вправити переднім доступом, пацієнта ротують на живіт, і виконують пряму часткову фасетектомію, репозицію та задню фіксацію. При цьому можлива подальша передня фіксація дає змогу відновити висоту дискового простору і сприяє підтримці лордозної кривизни травмованого ХРС. Однак питання щодо повторного переднього доступу вирішує хірург, оскільки фактично воно не є обов'язковим.

Можливі ускладнення вентрального хірургічного доступу, згідно з даними Т.Д. Yee і співавт. [61], наведено в **Табл. 3**. Основним недоліком у деяких випадках є складність репозиції фасеток, що особливо характерно для хронічних вивихів [62].

Післяопераційна дисфагія при вентральних доступах пов'язана з компресією і тракцією стравоходу під час виконання хірургічного втручання

Таблиця 3. Частота (%) найпоширеніших ускладнень при виконанні хірургічних втручань на субаксіальному рівні вентральним доступом (за даними Т.Д. Yee і співавт. [61])

Ускладнення	Середня частота	Діапазон
Дисфагія	5,3	0,2–87,5
Парез С5-корінця	3,0	0,1–7,7
Зсув/поломка імплантату	2,1	0–50,0
Псевдоартроз	2,0	0–55,0
Парез зворотного гортанного нерва	1,3	0,1–60,9
Інфекція	1,2	0–16,7
Гематома	1,0	0–12,5
Лікворея	0,5	0,03–7,70
Наростання неврологічного дефіциту	0,5	0–25,7
Синдром Горнера	0,4	0,1–2,5
Ушкодження хребтової артерії	0,4	0,2–2,2
Перфорація стравоходу	0,2	0–0,46

[63]. Операції, котрі супроводжуються розширеною дисекцією, значною тривалістю, багаторівневим спондилодезом і, відповідно, післяопераційним набряком, збільшують ризик розвитку післяопераційної дисфагії. У деяких випадках рееструють ішемію слизової оболонки стравоходу. Крім того, дисфагія може бути спричинена вистоянням системи стабілізації над передньою поверхнею тіл хребців, що визначається товщиною вентральної пластини. До інших чинників, які можуть призвести до дисфункції ковтання після операції на ШВХ, відносять біль, м'язовий спазм, а також іммобілізацію в шийному комірці.

Травми стравоходу є найрідкіснішим ускладненням і можуть бути діагностовані як інтраопераційно, так і протягом 20 років після хірургічного втручання [64]. Основними клінічними виявами є дисфагія або одинофагія, гіпертермія, набряк ділянки шиї, дренаж крізь післяопераційну рану. За даними S.H. Halani [65], ятрогенне інтраопераційне ушкодження лише в 19% випадків є причиною перфорації.

У цілому вентральні доступи при хірургії ушкоджень заднього опорного комплексу характеризуються відносно низькою частотою ускладнень. Основними недоліками є труднощі з репозицією і забезпеченням жорсткої фіксації. Потенційна проблема після ACDF – післяопераційний кіфоз. Так, у 13% пацієнтів, які перенесли ACDF з приводу ушкодження фасеток, зареєстровано кіфотичну деформацію прооперованого ХРС [66]. При цьому частота розвитку не пов'язана із віком, статтю пацієнтів, технікою втручання, однобічною або двобічною травмою, типом пластини, ступенем зміщення, рівнем травми або ступенем інтраопераційної корекції сагітального контуру. Застосування більш довгих гвинтів і фіксація жорстким шийним комірцем запропоновані як засіб профілактики зазначених ускладнень.

Задні шийні доступи

Безумовною перевагою заднього доступу при хірургічній корекції вивихів і перелоמו-вивихів субаксіального відділу ШВХ є можливість виконання прямого відкритого вправлення. Задня стабілізація з використанням методів жорсткої фіксації гвинтами бічних мас або педикюлярними гвинтами, актуальна для пацієнтів із анкілозним спондилітом або остеопорозом [67]. В експериментальних дослідженнях показано, що при однобічному ушкодженні фасеткового суглоба стабілізація латеральних мас забезпечує ефективніше обмеження обсягу рухів, ніж ACDF [68].

Задні хірургічні доступи характеризуються значно меншою частотою розвитку дисфагії в післяопераційний період, але не виключають повністю це ускладнення [69]. Частота розвитку парезу С5-корінця вище при задньому доступі, хоча при цьому важливе значення мають обсяг і техніка хірургічного втручання [70].

Незважаючи на вдосконалення методики і техніки хірургії, задні доступи характеризуються вищим ризиком наростання неврологічного дефіциту у пацієнтів з вентральної компресією, але ефективніші у випадках, коли фактором компресії є фрагмент фасетки/бічної маси, який стискає корінець або

структури хребтового каналу (принцип ефективності декомпресії з боку компресії).

Хірургічні втручання із заднього доступу дають змогу з меншою ймовірністю відновити шийний лордоз порівняно з ACDF, а відсутність нормального сагітального профілю ШВХ може негативно вплинути на віддалений результат лікування [71]. З іншого боку відзначено, що при лікуванні дистракційних і ротаційних ушкоджень, які часто потребують складних редукційних маніпуляцій, задній доступ має значну перевагу над переднім [72,73].

Заднє пряме відкрите вправлення умовно протипоказано пацієнтам із передньої компресією спинного мозку через ризик наростання компресії під час вправлення [68]. У зв'язку з необхідністю перебування лежачи на животі, виконання втручання заднім доступом може бути пов'язане з певними складнощами у пацієнтів з політравмою та/або нестабільними життєвими функціями. Крім того, задні доступи характеризуються статистично значущо вищою частотою інфекційних ускладнень [74-76].

Комбіновані доступи

Комбіновані хірургічні підходи представлені передньо-задніми, задньо-передніми, у деяких випадках – задньо-передньо-задніми або передньо-задньо-передніми. Основною перевагою комбінованої 360°-стабілізації є надійна фіксація прооперованого ХРС, що дає змогу значно обмежити залишковий обсяг рухів [77,78]. Відзначено, що комбінована стабілізація при вивихах/перелоמו-вивихах ШВХ на субаксіальному рівні збільшує швидкість консолідації, однак не має значущих переваг щодо регресу неврологічних порушень [79]. Комбінований підхід доцільний при корекції тривало існуючої дислокації, псевдоартрозах і в усіх ситуаціях, коли заплановано велику остеотомию. Значне ушкодження всіх опорних колон часто є показанням до 360°-фіксації. У пацієнтів зі зниженою щільністю кісткової тканини за наявності анкілозивного спондиліту або деяких інших системних захворювань комбінована стабілізація є методом вибору. Недоліками методу є апіорі вищий рівень витрат на виконання стабілізації, велика тривалість хірургічного втручання та, відповідно, підвищений ризик інфекційних ускладнень. Тому при плануванні об'ємного і тривалого хірургічного втручання, незважаючи на всі переваги, слід оцінити співвідношення ризиків та доцільності 360°-стабілізації.

Висновки

Наведені дані свідчать про складність як оцінки, так і класифікації травматичних ушкоджень заднього опорного комплексу ШВХ. Аналіз літератури не виявив єдиної загальноприйнятої схеми, яка дала б змогу однозначно і всебічно характеризувати ушкодження фасеток/бічних мас та обрати оптимальний хірургічний або консервативний метод лікування. Накопичений клінічний досвід і сучасні дослідження біомеханіки травмованого хребта демонструють перевагу хірургічних методик у більшості постраждалих, оскільки зазначені ушкодження практично завжди є нестабільними або потенційно нестабільними.

Вибір переднього, заднього або комбінованого доступу важливий для лікування травматичних ушкоджень заднього опорного комплексу. Незважаючи на те, що хороші хірургічні результати можуть бути отримані за допомогою всіх методів, існують певні ситуації, при яких один метод може бути кращим за інший. Найчастіше основним є принцип декомпресії з боку компресії.

З огляду на те, що рівень доказовості вибору оптимального методу лікування нині непереконливий, нейрохірурги, які надають спеціалізовану допомогу даній категорії постраждалих, мають володіти методами як закритого одномоментного вправлення, так і прямої і непрямой редукції з подальшою вентральною або дорзальною фіксацією/стабілізацією.

Розкриття інформації

Конфлікт інтересів

Автори заявляють 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

- Krug EG, Sharma GK, Lozano R. The global burden of injuries. *Am J Public Health*. 2000 Apr;90(4):523-6. doi: 10.2105/ajph.90.4.523.
- Lenehan B, Boran S, Street J, Higgins T, McCormack D, Poynton AR. Demographics of acute admissions to a National Spinal Injuries Unit. *Eur Spine J*. 2009 Jul;18(7):938-42. doi: 10.1007/s00586-009-0923-y.
- Rosinczuk-Tonderys J, Zaluski R, Gdesz M, Lisowska A. Spine and spinal cord injuries--causes and complications. *Adv Clin Exp Med*. 2012;21(4):477-485.
- Varma A, Hill EG, Nicholas J, Selassie A. Predictors of early mortality after traumatic spinal cord injury: a population-based study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 Apr 1;35(7):778-83. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181ba1359.
- Yue JK, Winkler EA, Rick JW, Deng H, Partow CP, Upadhyayula PS, Birk HS, Chan AK, Dhall SS. Update on critical care for acute spinal cord injury in the setting of polytrauma. *Neurosurg Focus*. 2017 Nov;43(5):E19. doi: 10.3171/2017.7.FOCUS17396.
- Passias PG, Poorman GW, Segreto FA, Jalai CM, Horn SR, Bortz CA, Vasquez-Montes D, Diebo BG, Vira S, Bono OJ, De La Garza-Ramos R, Moon JY, Wang C, Hirsch BP, Zhou PL, Gerling M, Koller H, Lafage V. Traumatic Fractures of the Cervical Spine: Analysis of Changes in Incidence, Cause, Concurrent Injuries, and Complications Among 488,262 Patients from 2005 to 2013. *World Neurosurg*. 2018 Feb;110:e427-e437. doi: 10.1016/j.wneu.2017.11.011.
- Fehlings MG, Noonan VK, Atkins D, Burns AS, Cheng CL, Singh A, Dvorak MF. Optimizing Clinical Decision Making in Acute Traumatic Spinal Cord Injury. *J Neurotrauma*. 2017 Oct 15;34(20):2841-2842. doi: 10.1089/neu.2016.4926.
- Paquet J, Rivers CS, Kurban D, Finkelstein J, Tee JW, Noonan VK, Kwon BK, Hurlbert RJ, Christie S, Tsai EC, Ahn H, Drew B, Bailey CS, Fourny DR, Attabib N, Johnson MG, Fehlings MG, Parent S, Dvorak MF; RHSCIR Network. The impact of spine stability on cervical spinal cord injury with respect to demographics, management, and outcome: a prospective cohort from a national spinal cord injury registry. *Spine J*. 2018 Jan;18(1):88-98. doi: 10.1016/j.spinee.2017.06.032.
- Herkowitz HN, Rothman RH. Subacute instability of the cervical spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1984 May-Jun;9(4):348-57. doi: 10.1097/00007632-198405000-00004.
- Rifkinson-Mann S, Mormino J, Sachdev VP. Subacute cervical spine instability. *Surg Neurol*. 1986;26(4):413-416. doi: 10.1016/0090-3019(86)90148-5.
- Watson-Jones R. *Fracture and Joint Injuries*. 3rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1943.
- Nicoll EA. Fractures of the dorso-lumbar spine. *J Bone Joint Surg Br*. 1949;31B(3):376-394.
- White AA, 3rd, Johnson RM, Panjabi MM, Southwick WO. Biomechanical analysis of clinical stability in the cervical spine. *Clin Orthop Relat Res*. 1975(109):85-96. doi: 10.1097/00003086-197506000-00011.
- White AA, Southwick WO, Panjabi MM. Clinical Instability in the Lower Cervical Spine A Review of Past and Current Concepts. *Spine*. 1976;1.
- White AA, 3rd, Panjabi MM. Update on the evaluation of instability of the lower cervical spine. *Instr Course Lect*. 1987;36:513-520.
- Kim CW, Perry A, Garfin SR. Spinal instability: the orthopedic approach. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2005;9(1):77-87. doi: 10.1055/s-2005-867098.
- Platt H. Fractures and dislocations of the spine. *Br Med J*. 1938 Dec 3;2(4065):1155-8. doi: 10.1136/bmj.2.4065.1155.
- Holdsworth F. Fractures, dislocations, and fracture-dislocations of the spine. *J Bone Joint Surg Am*. 1970 Dec;52(8):1534-51. doi: 10.2106/00004623-197052080-00002.
- Kelly RP, Whitesides TE Jr. Treatment of lumbodorsal fracture-dislocations. *Ann Surg*. 1968 May;167(5):705-17. doi: 10.1097/00000658-196805000-00009.
- 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.
- Panjabi MM, Brand RA Jr, White AA 3rd. Three-dimensional flexibility and stiffness properties of the human thoracic spine. *J Biomech*. 1976;9(4):185-92. doi: 10.1016/0021-9290(76)90003-8.
- Louis R. Spinal stability as defined by the three-column spine concept. *Anat Clin*. 1985;7(1):33-42. doi: 10.1007/BF01654627.
- Roy-Camille R. *Rachis cervicale traumatique non neurologique*. Paris,: Masson; 1979. 195 p.
- Kirkaldy-Willis WH, Farfan HF. Instability of the lumbar spine. *Clin Orthop Relat Res*. 1982 May;(165):110-23. doi: 10.1097/00003086-198205000-00015.
- Gertzbein SD, Seligman J, Holtby R, Chan KW, Ogston N, Kapasouri A, Tile M. Centrode characteristics of the lumbar spine as a function of segmental instability. *Clin Orthop Relat Res*. 1986 Jul;(208):48-51. doi: 10.1097/00003086-198607000-00009.
- Iencean SM. Classification of spinal injuries based on the essential traumatic spinal mechanisms. *Spinal Cord*. 2003;41(7):385-396. doi: 10.1038/sj.sc.3101468.
- Gertzbein SD, Seligman J, Holtby R, Chan KH, Kapasouri A, Tile M, Cruickshank B. Centrode patterns and segmental instability in degenerative disc disease. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1985 Apr;10(3):257-61. doi: 10.1097/00007632-198504000-00014.
- Su Q, Li C, Li Y, Zhou Z, Zhang S, Guo S, Feng X, Yan M, Zhang Y, Zhang J, Pan J, Cheng B, Tan J. Analysis and improvement of the three-column spinal theory. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020 Aug 12;21(1):537. doi: 10.1186/s12891-020-03550-5.
- Vaccaro AR, Koerner JD, Radcliff KE, Oner FC, Reinhold M, Schnake KJ, Kandziora F, Fehlings MG, Dvorak MF, Aarabi B, Rajasekaran S, Schroeder GD, Kepler CK, Vialle LR. AOSpine subaxial cervical spine injury classification system. *Eur Spine J*. 2016 Jul;25(7):2173-84. doi: 10.1007/s00586-015-3831-3.
- Dvorak MF, Fisher CG, Aarabi B, Harris MB, Hubert RJ, Rampersaud YR, Vaccaro A, Harrop JS, Nockels RP, Madrazo IN, Schwartz D, Kwon BK, Zhao Y, Fehlings MG. Clinical outcomes of 90 isolated unilateral facet fractures, subluxations, and dislocations treated surgically and nonoperatively. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007 Dec

- 15;32(26):3007-13. doi: 10.1097/BRS.0b013e31815cd439.
31. Andreshak JL, Dekutoski MB. Management of unilateral facet dislocations: a review of the literature. *Orthopedics*. 1997;20(10):917-926.
 32. Bono CM, Vaccaro AR, Fehlings M, Fisher C, Dvorak M, Ludwig S, Harrop J. Measurement techniques for lower cervical spine injuries: consensus statement of the Spine Trauma Study Group. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006 Mar 1;31(5):603-9. doi: 10.1097/01.brs.0000201273.39058.dd.
 33. van Middendorp JJ, Cheung I, Dalzell K, Deverall H, Freeman BJ, Morris SA, Sandler SJ, Williams R, Yau YH, Goss B. Detecting Facet Joint and Lateral Mass Injuries of the Subaxial Cervical Spine in Major Trauma Patients. *Asian Spine J*. 2015 Jun;9(3):327-37. doi: 10.4184/asj.2015.9.3.327.
 34. Beyer CA, Cabanela ME, Berquist TH. Unilateral facet dislocations and fracture-dislocations of the cervical spine. *J Bone Joint Surg Br*. 1991 Nov;73(6):977-81. doi: 10.1302/0301-620X.73B6.1955448.
 35. Gelehrter G. Risse des vorderen Längsbandes im Bereiche der Halswirbelsäule [Rupture of anterior longitudinal ligament of the cervical spine]. *Arch Orthop Unfallchir*. 1957;48(6):698-704. German. doi: 10.1007/bf00415674.
 36. Селиванов В.П., Никитин М.Н. Диагностика и лечение вывихов шейных позвонков. Москва: Медицина; 1971. 327 с.
 37. Селиванов В.П. Профилактика осложнений при вправлении травматических смещений шейных позвонков. *Хирургия*. 1970;(9):51-60.
 38. Hueston JT. Posterior dislocation of the cervical spine. *Aust N Z J Surg*. 1951 Aug;21(1):72-5. doi: 10.1111/j.1445-2197.1951.tb03773.x.
 39. 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 Jan-Feb;7(1):1-27. doi: 10.1097/00007632-198200710-00001.
 40. Buchfelder M, Ljunggren B, Wilhelm Wagner (1848-1900). Part 1: A forgotten pioneer. *Surg Neurol*. 1988 Dec;30(6):423-7. doi: 10.1016/0090-3019(88)90025-0.
 41. van Eck CF, Fourman MS, Abtahi AM, Alarcon L, Donaldson WF, Lee JY. Risk Factors for Failure of Nonoperative Treatment for Unilateral Cervical Facet Fractures. *Asian Spine J*. 2017;11(3):356-364. doi: 10.4184/asj.2017.11.3.356.
 42. Maki S, Kitamura M, Furuya T, Miyamoto T, Okimatsu S, Shiga Y, Inage K, Orita S, Eguchi Y, Ohtori S. Minimally displaced unilateral facet fracture of cervical spine can lead to spinal cord injury: a report of two cases. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021 Feb 11;22(1):168. doi: 10.1186/s12891-021-04025-x.
 43. Lifeso RM, Colucci MA. Anterior fusion for rotationally unstable cervical spine fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000 Aug 15;25(16):2028-34. doi: 10.1097/00007632-200008150-00005.
 44. Lee SH, Sung JK. Unilateral lateral mass-facet fractures with rotational instability: new classification and a review of 39 cases treated conservatively and with single segment anterior fusion. *J Trauma*. 2009;66(3):758-767. doi: 10.1097/TA.0b013e31818cc32a.
 45. Rabb CH, Lopez J, Beauchamp K, Witt P, Bolles G, Dwyer A. Unilateral cervical facet fractures with subluxation: injury patterns and treatment. *J Spinal Disord Tech*. 2007;20(6):416-422. doi: 10.1097/bsd.0b013e318030d32a.
 46. Smith GR, Beckly DE, Abel MS. Articular mass fracture: a neglected cause of post-traumatic neck pain? *Clin Radiol*. 1976;27(3):335-340. doi: 10.1016/s0009-9260(76)80085-2.
 47. Kotani Y, Abumi K, Ito M, Minami A. Cervical spine injuries associated with lateral mass and facet joint fractures: new classification and surgical treatment with pedicle screw fixation. *Eur Spine J*. 2005;14(1):69-77. doi: 10.1007/s00586-004-0793-2.
 48. Yang JS, Liu P, Liu TJ, Zhang HP, Zhang ZP, Yan L, Zhao QP, He BR, Tuo Y, Zhao YT, Huang DG, Hao DJ. Posterior Ligament-Bone Injury Classification and Severity Score: A Novel Approach to Predict the Failure of Anterior-only Surgery for Subaxial Cervical Facet Dislocations. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2021 Feb 15;46(4):209-215. doi: 10.1097/BRS.0000000000003771.
 49. Blake LC, Cohen WA, Maravilla KR. Detection of ligamentous and supporting soft tissue injuries using fat-suppressed MRI in acute spinal trauma. In: *Proceedings of the XV Symposium Neuroradiologicum*. Springer Berlin Heidelberg; 1995;314-6. doi: 10.1007/978-3-642-79434-6_151.
 50. de Kerviler E, Leroy-Willig A, Clément O, Frija J. Fat suppression techniques in MRI: an update. *Biomed Pharmacother*. 1998;52(2):69-75. doi: 10.1016/S0753-3322(98)80006-1.
 51. Yang JS, Liu P, Liu TJ, Zhang HP, Zhang ZP, Yan L, Tuo Y, Chen H, Zou P, Li QD, Zhao YT, Hao DJ. When is the circumferential stabilization necessary for subaxial cervical fracture dislocations? The posterior ligament-bone injury classification and severity score: a novel treatment algorithm. *Eur Spine J*. 2021 Feb;30(2):524-533. doi: 10.1007/s00586-020-06580-8.
 52. Heyde CE, Fakler JK, Hasenboehler E, Stahel PF, John T, Robinson Y, Tschoeke SK, Kayser R. Pitfalls and complications in the treatment of cervical spine fractures in patients with ankylosing spondylitis. *Patient Saf Surg*. 2008 Jun 6;2:15. doi: 10.1186/1754-9493-2-15.
 53. An HS. Cervical spine trauma. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998 Dec 15;23(24):2713-29. doi: 10.1097/00007632-199812150-00011.
 54. Fehlings MG, Vaccaro A, Wilson JR, Singh A, W Cadotte D, Harrop JS, Aarabi B, Shaffrey C, Dvorak M, Fisher C, Arnold P, Massicotte EM, Lewis S, Rampersaud R. Early versus delayed decompression for traumatic cervical spinal cord injury: results of the Surgical Timing in Acute Spinal Cord Injury Study (STASCIS). *PLoS One*. 2012;7(2):e32037. doi: 10.1371/journal.pone.0032037.
 55. Del Curto D, Tamaoki MJ, Martins DE, Puertas EB, Bellotti JC. Surgical approaches for cervical spine facet dislocations in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014 Oct 30;2014(10):CD008129. doi: 10.1002/14651858.CD008129.pub2.
 56. Lins CC, Prado DT, Joaquim AF. Surgical treatment of traumatic cervical facet dislocation: anterior, posterior or combined approaches? *Arq Neuropsiquiatr*. 2016;74(9):745-749. doi: 10.1590/0004-282X20160078.
 57. Nakashima H, Yukawa Y, Ito K, Machino M, El Zahlawy H, Kato F. Posterior approach for cervical fracture-dislocations with traumatic disc herniation. *Eur Spine J*. 2011;20(3):387-394. doi: 10.1007/s00586-010-1589-1.
 58. Kwon BK, Fisher CG, Boyd MC, Cobb J, Jebson H, Noonan V, Wing P, Dvorak MF. A prospective randomized controlled trial of anterior compared with posterior stabilization for unilateral facet injuries of the cervical spine. *J Neurosurg Spine*. 2007 Jul;7(1):1-12. doi: 10.3171/SPI-07/07/001.
 59. Joaquim AF, Patel AA. Subaxial cervical spine trauma: evaluation and surgical decision-making. *Global Spine J*. 2014;4(1):63-70. doi: 10.1055/s-0033-1356764.
 60. Ordonez BJ, Benzel EC, Naderi S, Weller SJ. Cervical facet dislocation: techniques for ventral reduction and stabilization. *J Neurosurg*. 2000;92(1 Suppl):18-23. doi: 10.3171/spi.2000.92.1.0018.
 61. Yee TJ, Swong K, Park P. Complications of anterior cervical spine surgery: a systematic review of the literature. *Journal of spine surgery (Hong Kong)*. 2020;6(1):302-322. doi: 10.21037/jss.2020.01.14.
 62. Rorabeck CH, Rock MG, Hawkins RJ, Bourne RB. Unilateral facet dislocation of the cervical spine. An analysis of the results of treatment in 26 patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1987;12(1):23-27. doi: 10.1097/00007632-198701000-00004.
 63. Park JH, Lee SH, Kim ES, Eoh W. Analysis of postoperative dysphagia after anterior cervical decompression and fusion. *British journal of neurosurgery*. 2020;34(4):457-462. doi: 10.1080/02688697.2020.1757037.
 64. Park MK, Cho DC, Bang WS, Kim KT, Sung JK. Recurrent esophageal perforation after anterior cervical spine surgery: case report. *Eur Spine J*. 2018;27(Suppl 3):515-519. doi: 10.1007/s00586-018-5540-1.
 65. Halani SH, Baum GR, Riley JP, Pradilla G, Refai D, Rodts

- GE Jr, Ahmad FU. Esophageal perforation after anterior cervical spine surgery: a systematic review of the literature. *J Neurosurg Spine*. 2016 Sep;25(3):285-91. doi: 10.3171/2016.1.SPINE15898.
66. Johnson MG, Fisher CG, Boyd M, Pitzen T, Oxland TR, Dvorak MF. The radiographic failure of single segment anterior cervical plate fixation in traumatic cervical flexion distraction injuries. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(24):2815-2820. doi: 10.1097/01.brs.0000151088.80797.bd.
67. Dvorak MF, Fisher CG, Fehlings MG, Rampersaud YR, Oner FC, Aarabi B, Vaccaro AR. The surgical approach to subaxial cervical spine injuries: an evidence-based algorithm based on the SLIC classification system. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007 Nov 1;32(23):2620-9. doi: 10.1097/BRS.0b013e318158ce16.
68. Duggal N, Chamberlain RH, Park SC, Sonntag VK, Dickman CA, Crawford NR. Unilateral cervical facet dislocation: biomechanics of fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(7):E164-168. doi: 10.1097/01.brs.0000157418.20900.a1.
69. Radcliff KE, Koyonos L, Clyde C, Sidhu GS, Fickes M, Hilibrand AS, Albert TJ, Vaccaro AR, Rihn JA. What is the incidence of dysphagia after posterior cervical surgery? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013 Jun 1;38(13):1082-8. doi: 10.1097/BRS.0b013e318287ec9f.
70. Bydon M, Macki M, Kaloostian P, Sciubba DM, Wolinsky JP, Gokaslan ZL, Belzberg AJ, Bydon A, Witham TF. Incidence and prognostic factors of c5 palsy: a clinical study of 1001 cases and review of the literature. *Neurosurgery*. 2014 Jun;74(6):595-604; discussion 604-5. doi: 10.1227/NEU.0000000000000322.
71. Aebi M. Surgical treatment of upper, middle and lower cervical injuries and non-unions by anterior procedures. *Eur Spine J*. 2010;19 Suppl 1:S33-39. doi: 10.1007/s00586-009-1120-8.
72. Abumi K, Shono Y, Kotani Y, Kaneda K. Indirect posterior reduction and fusion of the traumatic herniated disc by using a cervical pedicle screw system. *J Neurosurg*. 2000;92(1 Suppl):30-37. doi: 10.3171/spi.2000.92.1.0030.
73. Bartels RH, Donk R. Delayed management of traumatic bilateral cervical facet dislocation: surgical strategy. Report of three cases. *J Neurosurg*. 2002;97(3 Suppl):362-365. doi: 10.3171/spi.2002.97.3.0362.
74. Harel R, Stylianou P, Knoller N. Cervical Spine Surgery: Approach-Related Complications. *World Neurosurg*. 2016;94:1-5. doi: 10.1016/j.wneu.2016.06.099.
75. Barnes M, Liew S. The incidence of infection after posterior cervical spine surgery: a 10 year review. *Global Spine J*. 2012;2(1):3-6. doi: 10.1055/s-0032-1307252.
76. Cheung JP, Luk KD. Complications of Anterior and Posterior Cervical Spine Surgery. *Asian Spine J*. 2016;10(2):385-400. doi: 10.4184/asj.2016.10.2.385.
77. McNamara MJ, Devito DP, Spengler DM. Circumferential fusion for the management of acute cervical spine trauma. *J Spinal Disord*. 1991;4(4):467-471. doi: 10.1097/00002517-199112000-00010.
78. Han Y, Ma XL, Hu YC, Miao J, Zhang JD, Bai JQ, Xia Q. Circumferential Reconstruction of Subaxial Cervical and Cervicothoracic Spine by Simultaneously Combined Anterior-posterior Approaches in the Sitting Position. *Orthop Surg*. 2017 Aug;9(3):263-270. doi: 10.1111/os.12341.
79. Song KJ, Lee KB. Anterior versus combined anterior and posterior fixation/fusion in the treatment of distraction-flexion injury in the lower cervical spine. *J Clin Neurosci*. 2008;15(1):36-42. doi: 10.1016/j.jocn.2007.05.010.