

Обзорная статья = Review article = Оглядова стаття

Ukr Neurosurg J. 2019;25(3):12-26
doi: 10.25305/unj.171334

Классификации травматических повреждений шейного отдела позвоночника на субаксиальном уровне. Часть 1. Общие принципы

Слынько Е.И., Нехлопочин А.С., Вербов В.В.

Отделение патологии спинного мозга и позвоночника, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины, Киев, Украина

Поступила в редакцию 24.06.2019
Принята к публикации 02.08.2019

Адрес для переписки:

Нехлопочин Алексей Сергеевич, Отделение патологии спинного мозга и позвоночника, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова, ул. Платона Майбороды, 32, Киев, Украина, 04050, e-mail: AlexeyNS@gmail.com

Осложненная позвоночно-спинномозговая травма является важной не только медицинской, но и социально-экономической проблемой современного общества. Урбанизация, развитие высокоскоростных видов транспорта и активизация военных конфликтов обуславливают прогрессирующее увеличение количества пострадавших с указанной патологией. В отличие от ряда других социально значимых заболеваний от позвоночно-спинномозговой травмы страдает преимущественно наиболее трудоспособное население. Достижения современной медицины в большей степени способствуют снижению летальности, а не регрессу неврологических расстройств. Использование новых диагностических методов нейровизуализации и дорогостоящего хирургического инструментария, постоянное совершенствование восстановительного лечения больных с позвоночно-спинномозговой травмой увеличивают экономические затраты как на медицинскую, так и на социальную реабилитацию пострадавших.

Большое количество экспериментальных и клинических исследований, усовершенствование методов хирургической коррекции и стабилизации поврежденного позвоночно-двигательного сегмента вызывают изменения тактики лечения пострадавших. Классификация травматических повреждений позвоночника имеет ключевое значение для определения тактических терапевтических подходов, сроков и объема хирургического вмешательства. Следование алгоритмам оказания помощи позволяет нивелировать негативные последствия травматического повреждения как позвоночника, так и спинного мозга, и способствует максимально возможному восстановлению неврологических функций.

Последние десятилетия характеризуются постепенной заменой широко используемых «морфологических» классификаций травматических повреждений шейного отдела позвоночника на «клинические», основанных на ряде гетерогенных факторов, определяющих тактику лечения.

В первой части обзора приведена детальная характеристика основных критериев, используемых при построении современных «клинических» классификаций травматических повреждений шейного отдела позвоночника на субаксиальном уровне. Также представлены современные взгляды на методы визуализации и алгоритмы определения необходимости выполнения поисковых диагностических процедур на этапе первичной госпитализации пациентов с подозрением на травматическое повреждение шейного отдела позвоночника.

Ключевые слова: травматическое повреждение; клиническая классификация; шейный отдел позвоночника; субаксиальный уровень

The classifications of subaxial cervical spine traumatic injuries. Part 1. General principles

Ievgenii I. Slynko, Alexey S. Nekhlopochin, Vadim V. Verbov

Spine Surgery Department, Romodanov Neurosurgery Institute, Kyiv, Ukraine

Received: 24 June 2019
Accepted: 02 August 2019

Address for correspondence:

Alexey S. Nekhlopochin, Spine Surgery Department, Romodanov Neurosurgery Institute, 32 Platona Maiborody st., Kyiv, 04050, Ukraine, e-mail: AlexeyNS@gmail.com

Cervical spine and spinal cord injury is a significant medical and socio-economic problem of modern society. Ongoing urbanization, the development of high-speed modes of transport and the intensification of military conflicts lead to a progressive increase in the number of victims with this pathology. At the same time, unlike several other socially significant diseases, the category of the most employable population suffers from spinal injuries. Achievements of modern medicine to a much greater extent contribute to reducing the mortality of patients, rather than regression of neurological disorders. The usage of new diagnostic methods for neuroimaging and expensive surgical instruments, the continuous improvement of rehabilitation treatment of

Copyright © 2019 Ievgenii I. Slynko, Alexey S. Nekhlopochin, Vadim V. Verbov



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

patients with spinal cord injury determine the progressively increasing costs for medical and social life support expenses.

A large number of experimental and clinical studies, improvement of methods for surgical correction and stabilization of the damaged vertebral motor segment undoubtedly dictate certain changes in the tactics of treatment. The classification of traumatic spinal injuries is of key importance in determining the approaches, timing and volume of surgical intervention. Following the care algorithms helps to minimize the negative effects of traumatic damage to both the spine and the spinal cord and contributes to the maximum possible recovery of neurological functions.

The last few decades have been characterized by the gradual replacement of the previously widely used "morphological" classifications of traumatic injuries of the cervical spine to "clinical" ones, based on an analysis of some heterogeneous factors determining treatment tactics.

The first part of the review deals with a detailed description of the main criteria used in developing modern "clinical" classifications of subaxial cervical spine traumatic injuries. Besides, modern views on imaging methods and algorithms for determining the need to perform diagnostic procedures at primary hospitalization in patients with suspected cervical spine traumatic injury are presented.

Key words: *traumatic injury; clinical classification; cervical spine; subaxial level*

Класифікації травматичних ушкоджень шийного відділу хребта на субаксіальному рівні. Частина 1. Загальні принципи

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

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

*Надійшла до редакції 24.06.2019
Прийнята до публікації 02.08.2019*

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*

Ускладнена хребтово-спинномозкова травма є важливою не лише медичною, а і соціально-економічною проблемою сучасного суспільства. Урбанізація, розвиток високошвидкісних видів транспорту і активізація військових конфліктів зумовлюють прогресивне збільшення кількості постраждалих із зазначеною патологією. На відміну від низки інших соціально значущих захворювань від хребтово-спинномозкової травми страждає переважно найпрацездатніше населення. Досягнення сучасної медицини більшою мірою сприяють зниженню летальності, а не регресу неврологічних розладів. Використання нових діагностичних методів нейровізуалізації і дорогого хірургічного інструментарію, постійне вдосконалення відновного лікування хворих із хребтово-спинномозковою травмою збільшує економічні витрати як на медичну, так і на соціальну реабілітацію потерпілих.

Велика кількість експериментальних та клінічних досліджень, удосконалення методів хірургічної корекції і стабілізації пошкодженого хребтово-рухового сегмента зумовлюють зміни тактики лікування постраждалих. Класифікація травматичних ушкоджень хребта має ключове значення для визначення тактичних терапевтичних підходів, термінів та обсягу хірургічного втручання. Дотримання алгоритмів надання допомоги дає змогу нівелювати негативні наслідки травматичного пошкодження як хребта, так і спинного мозку, та сприяє максимально можливому відновленню неврологічних функцій.

Останні десятиліття характеризуються поступовою заміною широко використовуваних «морфологічних» класифікацій травматичних ушкоджень шийного відділу хребта на «клінічні», котрі ґрунтуються на низці гетерогенних чинників, які визначають тактику лікування.

У першій частині огляду наведено детальну характеристику основних критеріїв, які використовують при побудові сучасних «клінічних» класифікацій травматичних ушкоджень шийного відділу хребта на субаксіальному рівні. Також представлено сучасні погляди на методи візуалізації і алгоритми визначення необхідності виконання пошукових діагностичних процедур на етапі первинної госпіталізації пацієнтів з підозрою на травматичне ушкодження шийного відділу хребта.

Ключові слова: *травматичне ушкодження; клінічна класифікація; шийний відділ хребта; субаксіальний рівень*

Введение

Первые клинические описания пациентов с острой травмой позвоночника и спинного мозга (СМ) датируются 2500–1900 гг. до н. э. [1]. Последующее развитие медицины позволило достичь значимых успехов как в лечении, так и в реабилитации пострадавших с неврологически осложненными и неосложненными травматическими повреждениями позвоночника [2].

Анализ общей структуры повреждений демонстрирует, что наиболее распространены травма головы и скелетная травма, встречающиеся приблизительно с равной частотой, достигающей 78% у пациентов с множественными травмами. Скелетную травму регистрируют в 4 раза чаще, чем абдоминальную, и в 2 раза чаще, чем торакальную.

Повреждения позвоночного столба наблюдаются примерно у 6% пациентов, перенесших какое-либо травматическое воздействие и обратившихся за медицинской помощью. У половины из них (2,6%) отмечаются разной степени выраженности неврологические расстройства, связанные с травмой СМ или его корешков [3]. Повреждение на нескольких несмежных уровнях встречается у 15–20% пациентов с верифицированной травмой позвоночника [2].

При политравме наличие повреждения СМ резко снижает вероятность восстановления витальных функций на фоне интенсивной терапии [4,5]. У пациентов с грубым неврологическим дефицитом общая летальность при первичной госпитализации достигает 17% [6].

Частота травмы шейного отдела позвоночника (ШОП) составляет, по данным разных авторов, от 25 до 30% среди травматических повреждений позвоночника и от 50 до 64% среди повреждений СМ. В более чем половине случаев позвоночно-спинномозговая травма (ПСМТ) возникает вследствие дорожно-транспортных происшествий. Другими распространенными причинами являются падения (25%), огнестрельные ранения (15%) и спортивные травмы (10%) [7]. Пожилые люди более склонны к травматическому повреждению СМ при воздействии травмирующего фактора низкой интенсивности. Так, падения у лиц старше 65 лет в 2,8 раза чаще сопровождаются травмой СМ, чем у более молодых пациентов [8,9].

Согласно результатам исследований, проведенных в США, повышение уровня безопасности автомобилей, совершенствование ремней и подушек безопасности, ужесточение законов, регулирующих использование этих защитных устройств, а также ограничение скоростного режима за последние 30 лет не способствовали значительному снижению частоты ПСМТ в результате дорожно-транспортных происшествий [2,10].

Повреждение СМ происходит преимущественно у молодых мужчин (соотношение мужчин и женщин – 4:1). Средний возраст – 30 лет. Более половины пациентов, перенесших травму СМ, моложе 25 лет [11]. Клинику тяжелой спинномозговой травмы регистрируют у более чем 50% пострадавших при первичной госпитализации, при этом для травм грудного отдела более характерна группа ASIA A, для травм шейного отдела – ASIA B и C [12,13].

Пациенты с постоянным остаточным неврологическим дефицитом нуждаются в посторонней помощи и социальной адаптации на протяжении всей жизни. Инкрементная потеря неврологической функции

непропорционально увеличивает инвалидность. Поскольку повреждение СМ в основном затрагивает молодых лиц, функциональное, медицинское и социальное его значение определяется преимущественно с точки зрения потери продуктивных лет жизни [14]. В США совокупные годовые прямые медицинские затраты на пациентов с травматическим повреждением СМ оценивают в 7,74 млрд долларов [15]. Несмотря на то, что тетраплегия, возникающая при травме шейных сегментов СМ, представлена только у 10% пациентов с последствиями ПСМТ, на них приходится более 80% прямых медицинских затрат. Доля затрат при параплегии составляет 4% от общей совокупной стоимости, а доля затрат при травмах с частичным неврологическим дефицитом (ASIA B-D) – около 15% [16,17].

Совершенствование методов терапии ПСМТ в большей степени способствует снижению летальности, чем регрессу неврологических расстройств, что обуславливает возрастающую социально-экономическую значимость данной проблемы [18].

Классификация травматических повреждений позвоночника имеет ключевое значение для определения тактических терапевтических подходов, сроков и объема хирургического вмешательства [19,20]. По мнению ряда авторов, именно жесткое следование алгоритмам оказания помощи является условием, позволяющим нивелировать негативные последствия травматического повреждения как позвоночника, так и СМ, и способствующим максимально возможному восстановлению неврологических функций [21,22].

Эволюция представлений о биомеханике позвоночника и внедрение в клиническую практику более совершенных методов визуализации способствовали разработке более оптимальных классификаций травматических повреждений [23]. Отмечен постепенный переход от патоморфологических (основанных на механизме травмы) принципов систематизации повреждений к клиническим классификациям, имеющим в большей или меньшей степени тактическую направленность [21]. Такая трансформация принципов построения классификаций обусловлена рядом особенностей. Так, в ходе накопления экспериментального и клинического опыта было достоверно доказано, что характер повреждения позвоночника не имеет прямой или исключительной связи с механизмом травмы. Кроме величины и направлений травмирующих сил, на характер повреждения влияют ориентация позвоночника в момент травмы и структурные индивидуальные особенности позвоночного столба. Эта особенность наиболее актуальна для ШОП.

R.W. Nightingale и соавт. продемонстрировали, что при травмах ШОП, связанных с непосредственным приложением травмирующего фактора к черепу, повреждение позвоночника происходит до начала движения головы, вызванного внешним механическим воздействием [24]. Разрушение фасеточных суставов наблюдается, когда травмированные позвонки находятся в относительной флексии, а взрывные переломы тел позвонков – в относительно нейтральном или экстензионном положении, что противоречит классическим представлениям о биомеханике повреждений. Эти наблюдения объясняют основную проблему систем классификации травм позвоночника, основанных на механизмах предполагаемой травмы: сходные механизмы травмы могут привести к разным клиническим паттернам повреждения позвоночника [25].

Фактически указания на механизм повреждения в современных классификациях (флексионные, экстензионные и др.) используют преимущественно для облегчения восприятия комплекса травматических изменений (то есть как мог пострадать позвоночно-двигательный сегмент (ПДС) при неизменном по времени и точке приложения травмирующем воздействии при полном отсутствии влияния мышечного тонуса), чем для реальной оценки характера травмы при заведомо известном ее механизме.

Травмы представляют собой ряд динамических событий, происходящих с течением времени, тогда как клиническая оценка проводится у пациента в относительно статическом состоянии в отношении сил и движений [26]. Динамические события, происходящие во время травмы, не отражаются в последующих статических анатомических оценках поврежденных тканей [27]. Так, степень окклюзии позвоночного канала, возникающая во время взрывного перелома тела позвонка, значительно превышает степень окклюзии, наблюдаемую при компьютерной томографии (КТ), выполненной после травмы [28]. Учитывая это, понятно, что степень неврологического дефицита в большей степени коррелирует со степенью стеноза позвоночного канала до травмы, чем с компрессией СМ фрагментами травмированного ПДС [29,30].

Скорость приложения силы также играет значимую роль в формировании комплекса посттравматических изменений. При высоких скоростях нагружения сначала происходит разрушение костных структур, при более низких преимущественно страдает капсульно-связочный аппарат [31]. При более высоких скоростях приложения нагрузки временное смещение структурных элементов ПДС больше и, соответственно, выше степень кратковременной окклюзии позвоночного канала и компрессии СМ. При сходных по характеру и степени выраженности остеолигаментозных изменениях, верифицированных после травмы, и исходно идентичном состоянии позвоночника до травмы (степень выраженности дегенеративных изменений, диаметр позвоночного канала и др.) финальный неврологический дефицит может значительно варьировать [32].

Методы визуализации травматических повреждений шейного отдела позвоночника на субаксиальном уровне

Оценку состояния ШОП у пациентов с подозрением на травму ШОП всегда проводят с применением методов дополнительной визуализации. Варианты обследования включают стандартную рентгенографию, рентгенографию с функциональными пробами, КТ и магнитно-резонансную томографию (МРТ). В ургентных условиях, как правило, сперва выполняют стандартную рентгенографию, так как она является наиболее доступной, недорогой, быстрой и информативной.

Стандартная рентгенография

Первый рентгеновский снимок, который обычно выполняют в случае подозрения на травматическое повреждение ШОП, представляет собой обзорную стандартную боковую проекцию (СБП) [33]. В большинстве случаев СБП считается недостаточной, однако ряд руководств по неотложной помощи в качестве первичного скрининга рекомендуют ограничиться именно СБП. Ретроспективный анализ, проведенный среди пациентов с травмой ШОП выявил, что

чувствительность только одной СБП составляет от 74 до 86% [34]. Основным недостатком СБП является неспособность визуализировать у большинства пациентов цервико-торакальный переход и уровень С1-С2. В ретроспективном исследовании М.А. Shaffer и Р.Е. Doris сообщили, что 21% травм ШОП были пропущены при анализе только СБП [35]. R.L. MacDonald и соавт. обнаружили, что при СБП было пропущено 16 из 92 травматических повреждений ШОП, а в 18 случаях СБП демонстрировала ложноположительные результаты [34]. В настоящее время стандартом считается полная шейная серия (full cervical series (FCS)), которая включает СБП, передне-задний вид с открытым ртом и полный передне-задний вид ШОП в качестве минимума, необходимого для достижения максимальной специфичности и чувствительности.

Многие радиологи также считают необходимым выполнение правой и левой косых проекций как части FCS [36]. Однако в ряде ретроспективных исследований установлено, что эффективность рентгенологического исследования ШОП в большей степени зависит от качества получаемых изображений, а ургентная рентгенография зачастую неадекватна. В исследовании J.W. Davis и соавт. сообщается, что 94% ошибок, приведших к ложноотрицательным результатам в диагностике травматического повреждения ШОП, были следствием неспособности выполнить адекватные рентгенограммы [37].

В литературе встречается мнение, что технически адекватная FCS может повысить диагностическую точность рентгенографии до 100%. Эффективность радиологической диагностики непосредственно коррелирует с качеством интерпретируемого изображения [38]. В серии из 740 травм ШОП J.W. Davis и соавт. отметили, что пропущенный или отложенный диагноз, зарегистрированный у 34 пациентов (4,6%), был обусловлен неправильной укладкой пациента либо низким качеством рентгенограмм. По данным других исследователей, из-за указанных причин частота ложных результатов составляет от 8 до 20% [39]. Однако даже если FCS имела надлежащее качество, большое количество ошибок (47%) было связано с неправильной интерпретацией рентгенограмм, а серьезные травмы ШОП могли иногда остаться недиагностированными.

Добавление двух косых проекций позволяет лучше визуализировать соотношение суставных поверхностей, целостность тел позвонков и их дуг. Однако выполнение дополнительных снимков приводит к повышению затрат и продолжительности исследования. В. Freemuier и соавт. при проспективном анализе результатов трактовки FCS, состоящей из трех и пяти проекций, отметили, что последняя не увеличивала вероятность обнаружения травмы, но позволяла установить более точный диагноз [40]. Следовательно, для целей скрининга 3-проекционная FCS является достаточно информативной, а в случае необходимости детализированной верификации более высокотехнологичные методы являются предпочтительными [41].

Рентгенография с функциональными пробами

Несмотря на адекватность полученных исследований, статические рентгенограммы могут не выявить нестабильность ШОП, возникшую в результате травмы. До недавнего времени большинство протоколов радиологической диагностики травматических

повреждений ШОП на субаксиальном уровне рекомендовали проведение рентгенографии в боковой проекции в положении флексии и экстензии (stress flexion-extension radiography (SFER)) пациентам, которые в состоянии самостоятельно выполнять инструкции, отмечают постоянные болевые ощущения, в случае, если FCS не выявила каких-либо травматических изменений [42]. Данные об эффективности SFER у пациентов с травмой в острый период противоречивы. В отечественной клинической практике ее практически не используют [43–45].

В ретроспективном обзоре L.M. Lewis и соавт. сообщили, что SFER позволяет выявить нестабильность ШОП у 8% пациентов при нормальной FCS [46]. Ни у одного пациента не была зарегистрирована негативная неврологическая симптоматика. Авторы рекомендуют использовать указанный метод при первичной диагностике травмы.

Исследователи группы NEXUS сообщают, что проведение SFER не целесообразно в связи с низкой информативностью и высоким риском осложнений [47,48]. J. Anglen и соавт., применив SFER у 837 пациентов с травмами в острый период, пришли к выводу, что она не была экономически оправданной, поскольку не позволила обнаружить клинически значимую травму, которая не была бы визуализирована при использовании других методов диагностики [49].

Динамическая рентгеноскопия

Как указано выше, у пациентов с подозрением на травматическое повреждение ШОП при стойком выраженном болевом синдроме и отсутствием травматических изменений на FCS функциональные рентгенограммы могут быть весьма информативны. Однако в случае тяжелого состояния пострадавшего и, соответственно, отсутствия защитных рефлексов, сгибание-разгибание ШОП может быть связано с определенным риском возникновения/усиления неврологического дефицита.

Метод динамической флюороскопии, согласно данным ряда авторов, является эффективным средством диагностики и не ухудшает неврологический статус пациента независимо от уровня сознания и общесоматического статуса [50]. Также отмечено, что динамическая рентгеноскопия обеспечивает выявление сложно диагностируемой нестабильности шейного отдела.

Существует и противоположное мнение. Так, J.W. Davis и соавт. сообщают, что изолированные травмы связочного аппарата ШОП без переломов редко встречаются. Так, в анализируемой ими серии частота таких случаев составила 0,04%. У 2 пострадавших идентифицирована изолированная травма связочного аппарата, однако повреждения в обоих случаях были стабильными и не требовали хирургической коррекции. Авторы пришли к выводу, что рутинная динамическая рентген-визуализация при травме ШОП не целесообразна, так как ее потенциальные риски превышают потенциальные выгоды [51].

Компьютерная томография

Компьютерная томография ШОП в настоящее время становится более доступной для большинства отделений неотложной помощи и при верификации костно-травматических повреждений более чувствительна, чем обычная рентгенография. Этот метод эффективно выявляет повреждение мягких тканей и костных структур, что особенно актуально при детализации травматических изменений заднего

опорного комплекса. Кроме того, мультипланарная реконструкция позволяет визуализировать ШОП в осевой, коронарной и сагиттальной плоскостях [52].

Отмечено, что методика выполнения КТ быстрее, чем рентгенография на простых пленках. Диагностическая ценность исследования не страдает при дефектах укладки пациента, а необходимая зона визуализации определяется непосредственно во время проведения исследования, что имеет важное значение при политравме [53].

Компьютерная томография рекомендована, если рутинные рентгенограммы недостаточно информативны, сомнительны либо явно демонстрируют травматические изменения, а также если клиническое подозрение на травму сохраняется, несмотря на то, что результаты FCS не отличаются от нормы. Компьютерная томография превосходит обычную рентгенографию с заявленной чувствительностью 100% и специфичностью 99% [54].

Лучевая нагрузка при КТ, особенно у детей, может быть значительным лимитирующим фактором при назначении обследования. Поскольку щитовидная железа подвергается облучению в 14 раз больше во время КТ (≈ 26 мГр), чем при обычной рентгенографии ($\approx 1,8$ мГр), этот метод диагностики следует использовать только тогда, когда он полностью клинически оправдан и аргументирован [55].

Магнитно-резонансная томография

Магнитно-резонансная томография показала высокую эффективность в качестве неинвазивного инструмента визуализации травматических повреждений ШОП. Этот метод хорошо отображает структуры мягких тканей. Чувствительность в отношении травмы межпозвонокового диска составляет 93%, в отношении повреждения задней продольной связки – 93%, в отношении повреждения межостистой связки – 100%. МРТ в первую очередь рекомендована пациентам с неврологическим дефицитом [53]. В некоторых случаях МР-исследование позволяет избежать проведения функциональной рентгенографии или длительной иммобилизации [56].

Поскольку этот метод использует неионизирующее излучение, он не ассоциируется с радиационным риском в отличие от КТ [57].

Во время МРТ пациента помещают в сильное магнитное поле, что обуславливает ряд противопоказаний, таких как наличие имплантированных кардиостимуляторов, клипс, систем для остеосинтеза и металлических осколков. Кроме того, определенные трудности возникают при проведении обследования пациентам, требующим интенсивной терапии (искусственная вентиляция легких, кардиомониторинг и др.). Поэтому в большинстве случаев визуализацию выполняют после минимальной стабилизации витальных функций [58].

Магнитно-резонансная томография наиболее эффективна для выявления ушибов СМ, травматических грыж межпозвоноковых дисков, повреждений передней и задней продольной связки, эпидуральной гематомы и гематом мягких тканей. С помощью этой методики также можно идентифицировать ассоциированное повреждение позвоночной артерии [59].

Критерии диагностического поиска

Принимая во внимание, что поздно диагностированная либо пропущенная ПСМТ потенциально ведет к крайне негативным последствиям для пациента, методы рентгенологического скринингового исклю-

чения травмы ШОП фактически являются стандартом на этапе первичной госпитализации пострадавших. В ряде исследований выявлено, что только у 2% пациентов, госпитализированных с подозрением на травматическое повреждение ШОП, методы визуализации верифицировали клинически значимые изменения [60].

Большое количество исследований, проведенных в последние десятилетия, было направлено на выявление клинических групп травмированных пациентов, которым не требуется рентгенография позвоночника. Выявлена значительная вариабельность в дизайне, поэтому многие исследования не можно считать надежными применительно к методологическим стандартам разработки правил принятия клинических решений. Исключением являются критерии NEXUS (National Emergency X-Radiography Utilization Study) (Табл. 1) и Canadian C-spine rule (Рис. 1), имеющие достаточную доказательную базу и в ряде стран юридически утвержденные в качестве тактических принципов первичного диагностического поиска [56,60].

Использование указанных алгоритмов позволяет на этапе первичной госпитализации исключить клинически значимую травму ШОП, выявляя пациентов с более низкой вероятностью ПСМТ, не требующих визуализации. Применение верифицированных инструментов для улучшения клинической оценки на

«додиагностическом» этапе имеет как медицинский, так и экономический смысл, позволяя минимизировать затраты, использование ресурсов, продолжительность пребывания в отделениях неотложной помощи и облучение пациентов [61].

Считается, что у пациентов, удовлетворяющих всем критериям шкалы NEXUS, ПСМТ может быть исключена клинически, без дополнительного выполнения FCS.

Алгоритм Canadian C-spine rule представлен на Рис. 1.

Стандартные спондилометрические показателецких изменений шейного отдела позвоночника на субаксиальном уровне

При построении любой системы оценки характера травматических изменений ШОП на субаксиальном уровне, как анатомической, так и клинической, в качестве основы используют верифицированные остеолигаментозные изменения. При этом количественные изменения, то есть степень выраженности того или иного параметра, имеют большее практическое значение, чем качественная оценка. Ниже приведены наиболее распространенные параметры с краткой характеристикой методики оценки (расчета). Учитывая анатомическую сложность строения и вариабельность травматических изменений, данный

Таблица 1. Критерии NEXUS [60]

Критерий	Описание
1. Отсутствие боли по задней поверхности шеи	Учитывается болезненность при пальпации мягких тканей задней поверхности шеи по средней линии от гребня затылочной кости до остистого отростка первого грудного позвонка либо болезненность при прямой пальпации остистого отростка любого шейного позвонка
2. Нет признаков опьянения (интоксикации)	Состояние алкогольного опьянения или другая интоксикация признается, если: а) пациент либо очевидцы сообщают о недавнем приеме алкоголя; или б) имеются доказательства опьянения при физикальном осмотре, такие как запах алкоголя, невнятная речь, атаксия, дисметрия или другие мозжечковые расстройства, или любое поведение, соответствующее состоянию опьянения. В случае, если методами лабораторной диагностики верифицировано наличие веществ, влияющих на скорость реакции, в том числе уровень алкоголя в крови выше 0,08 мг/дл
3. Нормальный уровень сознания	Измененный уровень сознания включает в себя любое из следующего: а) оценка по шкале комы Глазго 14 баллов или менее; б) дезориентация в месте, времени или собственной личности; в) неспособность запомнить 3 объекта за 5 мин; г) задержка или неадекватная реакция на внешние раздражители; д) другое
4. Нет очагового неврологического дефицита	Любая очаговая неврологическая симптоматика (анамнестически) или выявленная при осмотре (двигательные и ли сенсорные расстройства)
5. Нет болезненных отвлекающих травм	Точное определение отвлекающей болезненной травмы затруднительно. Она включает в себя любое состояние, которое, по мнению врача, вызывает боль, достаточную для отвлечения пациента от второй травмы (в данном случае шейного отдела позвоночника). Примеры могут включать, но не ограничиваются следующими: а) перелом длинной кости; б) висцеральная травма, требующая хирургического вмешательства; в) большая рваная рана, скальпированная рана или травма от раздавливания; г) обширные ожоги; д) любая другая травма, вызывающая острое функциональное нарушение. Врачи могут также классифицировать любую травму как отвлекающую, если считается, что она может ослабить способность пациента оценить другие повреждения

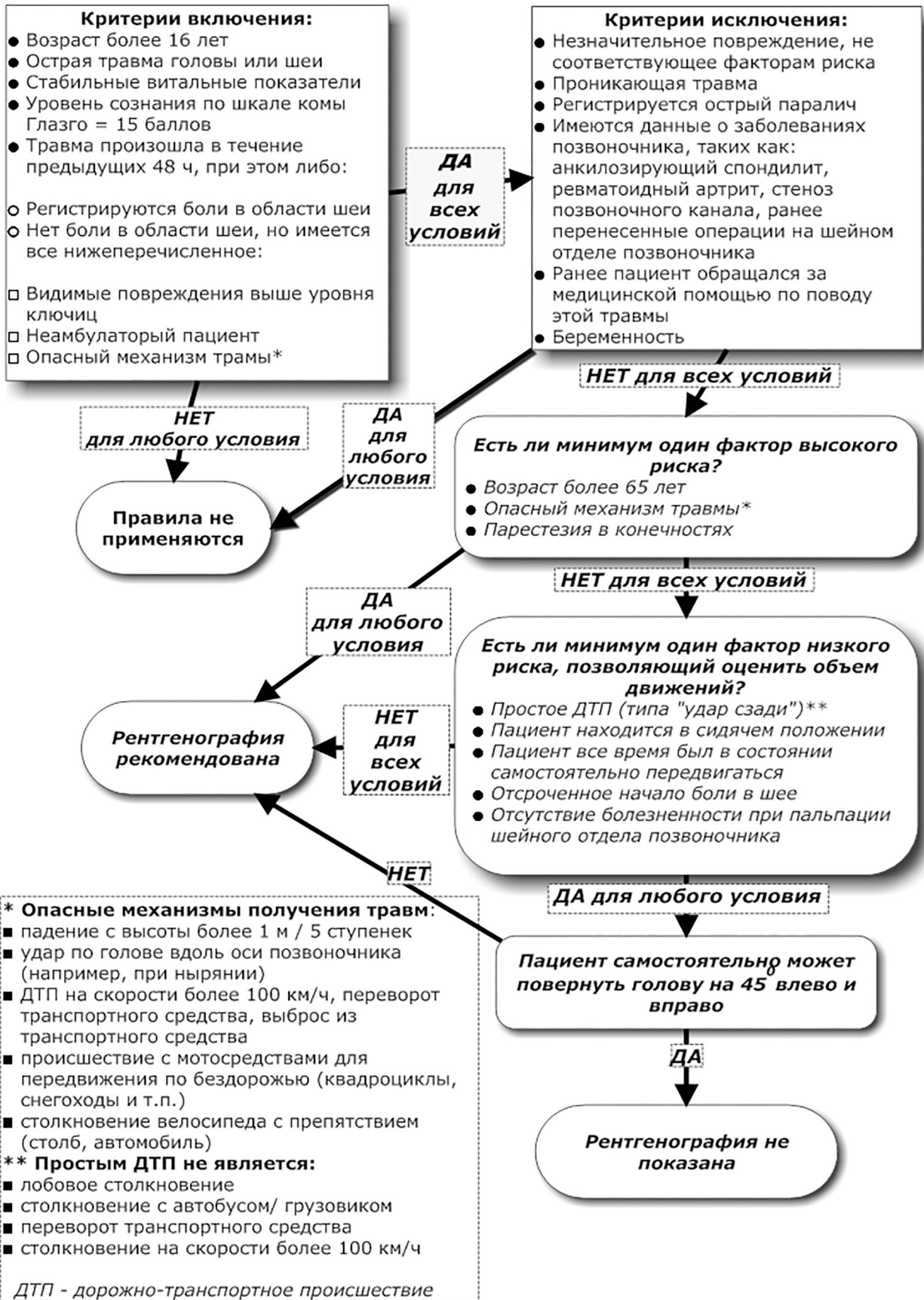


Рис. 1. Canadian C-spine rule

перечень нельзя считать исчерпывающим. Однако, как показывает анализ существующих систем оценки, большинство из приведенных параметров лежит в основе формирования классификационных категорий.

Сегментарный кифоз

В настоящее время разработаны и широко используют несколько методов измерения сегментарного кифоза в сагиттальной плоскости. Наиболее распространенные способы приведены ниже.

Несмотря на то, что в норме ШОП имеет лордозную кривизну, исторически принято измерять именно кифотическую деформацию. Таким образом, положительные значения угла применительно к субаксиальному уровню свидетельствуют о кифотической сегментарной деформации, а отрицательные характеризуют лордоз.

Оценивают рентгенограммы ШОП в боковой проекции. При этом обязательным условием является полное наложение левых и правых фасеточных суставов, что является контролем правильности выполнения исследования и укладки пациента. Исключение составляет наличие ротационного повреждения, когда только более краниальный или более каудальный от зоны поражения отдел может соответствовать указанным требованиям [62].

Угол Кобба. Исходно разрабатывался как метод измерения сколиотической деформации во фронтальной плоскости, позднее был адаптирован для оценки как сегментарной деформации, так и сагиттального профиля разных отделов позвоночного столба [63]. В современной трактовке применительно к сегментарной оценке кривизны угол Кобба трактуется как бисегментарный угол между замыкательными пластинами (bisegmental endplate angle (bEA)) [64].

Оценку начинают с разметки передней и задней частей замыкательных пластин. Используют верхнюю замыкательную пластинку ближайшего к травмированному краниально расположенного неповрежденного позвонка. Отмечают крайнюю передневерхнюю и задневерхнюю визуально убедительно определяемые точки, между которыми проводят линию, продлеваемую кпереди от позвоночного столба. Аналогичные отметки делают вдоль нижней замыкательной пластины расположенного каудальнее ближайшего неповрежденного позвонка, которые также соединяют линией. Угол между перпендикулярами к данным линиям является углом Кобба (**Рис. 2А**).

Угол Гарднера. Известен также как моносегментарный угол между замыкательными пластинами (monosegmental endplate angle (mEA)) [64]. Представляет собой угол, между линиями, проведенными параллельно нижней замыкательной пластине компримированного позвонка и верхней замыкательной пластине прилежащего более краниально расположенного неповрежденного позвонка (**Рис. 2Б**). Метод целесообразно применять при отсутствии травматических повреждений нижней замыкательной пластины. По данным ряда исследователей, в этих случаях показатель является более точной характеристикой кифотической сегментарной деформации, так как позволяет исключить высоту межпозвоночного диска, расположенного ниже перелома, размеры которого могут значительно варьировать в связи с дегенеративными изменениями.

Угол Харрисона. Методика задних касательных линий предложенная D. Harrison в 1986 г., подразумевает проведение линий параллельно задним поверхностям тел позвонков. Соответственно угол между ними будет так же, как и в предыдущем методе, характеризовать сегментарную кривизну с сагиттальной плоскости. Если задняя поверхность поврежденного позвонка травматически деформирована, то для измерения используют смежные выше- и нижележащие тела неповрежденных позвонков. В случае неповрежденной задней поверхности травмированного позвонка принято измерять угол между компримированным и более краниально расположенным телами (**Рис. 2В**). Принимая во внимание, что угол между замыкательными пластинами и задней поверхностью тела позвонка во многом зависит от уровня, индивидуальных особенностей, степени выраженности дегенеративных изменений и часто не соответствует 90° , метод Харрисона позволяет более достоверно оценить состояние сегментарной деформации, что подтверждено в ряде исследований [65].

Угол клина (wedge angle; vertebral kyphotic angle) – угол между линиями, проведенными параллельно замыкательным пластинам компримированного позвонка. Характеризует равномерность деформации поврежденного тела.

Метод смежных замыкательных пластин (adjacent endplates method) – угол между линиями, проведенными параллельно замыкательным пластинам, смежным с компримированным позвонком. Используют редко применительно к субаксиальному

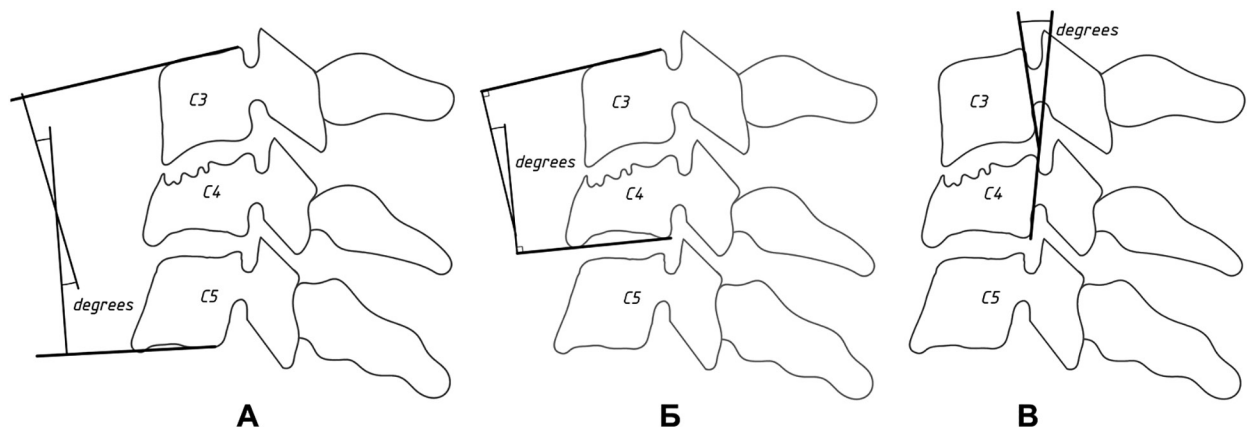


Рис. 2. Методы оценки сегментарного кифоза: Кобба (А), Гарднера (Б), Харрисона (В)

уровню ШОП. Наиболее актуален для травм с «хлыстовым» механизмом повреждения.

Сдвиговое смещение

Метод измерения обеспечивает достаточно низкую погрешность (менее 3%) [66]. Для анализа могут быть использованы как рентгенограммы, так и сагиттальная реконструкция компьютерных томограмм. Если травматическое повреждение обуславливает не только передне-заднее смещение, но и боковое и/или ротационное, то при использовании спиральной КТ в связи с несовпадением сагиттальных плоскостей при смещении влево/вправо показатели отличаются. Авторы рекомендуют учитывать наибольшее значение. Стандартная спондилограмма в боковой проекции, как правило, позволяет получить однозначный результат.

Сдвиговое смещение определяют как расстояние между линиями, проведенными параллельно задним поверхностям тел смещенного и следующего более каудально расположенного позвонков, измеренное на уровне нижней замыкательной пластины смещенного позвонка (Рис. 3А). В случае значительной кифотической деформации измеряют длину перпендикуляра, опущенного из задненижнего угла смещенного позвонка к линии, проходящей параллельно задней поверхности тела расположенного ниже смежного позвонка [67].

В ряде клинических исследований при характеристике деформации оценивают не абсолютные значения смещения, а *процент сдвигового смещения* (vertebral body translation percentage), который определяют как отношение сдвигового смещения к сагиттальному размеру тела смещенного позвонка, выраженное в процентах [68].

Снижение высоты тела позвонка

По данным литературы, методика измерения обеспечивает погрешность не более 3,9 и 5,7% для среднешейного и нижнешейного уровней соответственно. Для анализа используют спондилограммы ШОП в боковой проекции или сагиттальную реконструкцию КТ [62,66].

Отмечают крайние точки тела компремированного позвонка, а также смежных, краниально и каудально расположенных (Рис. 3Б). При наличии выраженных остеофитов отмеченные точки не должны быть расположены выше и ниже верхней и нижней замыкательных пластин соответственно и не должны

выступать кпереди либо кзади соответственно от передней или задней поверхности тела измеряемого позвонка [69].

Степень компрессии тела позвонка (vertebral body compression percentage) измеряют преимущественно для передней поверхности тела и рассчитывают по формуле

$$[(h_a+h_b)/2-h_i]:[(h_a+h_b)/2]\cdot 100,$$

где h_a – высота передней поверхности тела позвонка, расположенного краниальнее компремированного; h_b – высота передней поверхности тела позвонка, расположенного каудальнее компремированного; h_i – высота передней поверхности тела компремированного позвонка.

Этот показатель указывает, на сколько высота передней поверхности тела компремированного позвонка меньше по сравнению со средним значением высоты передней поверхности выше- и ниже расположенных позвонков. В случае необходимости аналогично определяют степень компрессии для задней поверхности тела позвонка.

Процент от должной высоты, который составляет высота передней поверхности тела позвонка, определяют по формуле

$$h_i:[(h_a+h_b)/2]\cdot 100.$$

Аналогично определяют показатель для задней поверхности тела позвонка.

Коэффициент компрессии передней/средней опорных колонн (anterior/middle column vertebral body compression ratio). Отношение высоты передней поверхности тела позвонка (h_i) к высоте задней поверхности (H_i) используют для оценки структурной целостности тела компремированного позвонка. Авторы отмечают, что коэффициент не может и не должен быть использован для оценки степени снижения высоты, так как полученный показатель даже в случае визуально неповрежденной передней/задней поверхности тела в большинстве случаев занижает степень компрессии [70].

Стенозирование позвоночного канала и компрессия спинного мозга

Одним из наиболее широко известных методов оценки степени стеноза позвоночного канала, долгое время применяемых в клинической практике, является индекс Павлова, известный также как индекс Торга, который рассчитывают как отношение передне-заднего размера позвоночного канала к передне-заднему размеру тела позвонка. Измерения

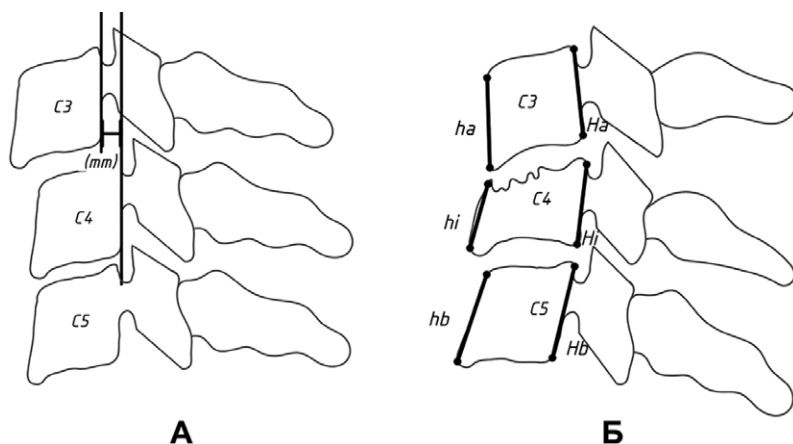


Рис. 3. Определение спондилометрических показателей. Сдвиговое смещение (А) и степень компрессии тела позвонка (Б)

выполняют на одном уровне на стандартных рентгенограммах ШОП в боковой проекции. Считают, что значение менее 0,8 свидетельствует о риске компрессии СМ. Однако исследования показали достаточно низкую корреляцию между величиной индекса Павлова и результатами измерений, проведенных на МР-томограммах в T2-режиме.

Методика измерений, наиболее широко используемая в настоящее время, предложена M.G. Fehlings и соавт. [71]. Среднесагитальную реконструкцию КТ используют для количественной оценки максимальной компрессии позвоночного канала. Измеряют расстояние от задней поверхности наиболее выступающей точки фрагмента тела позвонка до дуги позвонка на этом уровне (D_i). Аналогичные измерения выполняют на уровне середины тела выше- и нижележащих позвонков (D_a и D_b соответственно) (Рис. 4А). Степень компрессии позвоночного канала рассчитывают по формуле

$$(D_i:(D_a + D_b):2) \cdot 100.$$

Аналогично оценивают степень компрессии СМ по среднесагитальному T2-взвешенному МРТ-изображению (Рис. 4Б).

Перелом фасеточного сустава

В настоящее время, согласно данным литературы, не разработан унифицированный количественный метод оценки степени перелома фасетки. Общеизвестно, что размер и количество фрагментов должны влиять на механическую стабильность поврежденного сегмента. Считают, что площадь неповрежденной суставной поверхности является важным прогностическим фактором относительно степени стабильности травмированного ПДС. С. Вопо и соавт. в 2006 г. предложили следующую методику расчета [62]. Измерения выполняют на стандартных рентгенограммах ШОП в боковой проекции либо на сагит-

тальной реконструкции спиральной КТ, проходящей через фасеточные суставы. Если линия перелома косо пересекает фасетку, то выбирают реконструктивный срез с максимальным размером свободного отломка. Измеряют длину линий, проведенных параллельно суставной поверхности неповрежденного позвонка (А) и оставшейся интактной поверхности поврежденной фасетки (В) (Рис. 5А). Для определения степени неповрежденной суставной поверхности используют формулу ($B:A \cdot 100$).

В ряде исследований критерием стабильности является размер свободного фрагмента или интактной поверхности, измеренный согласно описанной методике.

Подвывих и вывих фасеточного сустава

Анализ данных литературы свидетельствует об отсутствии критериев, определяющих степень выраженности и количественную оценку подвывиха фасеточных суставов. L. Kuhns и P. Strouse в 1999 г. опубликовали результаты исследования, в котором проанализировали состояние ШОП у детей после незначительной травмы [72]. Предложенный коэффициент, рассчитанный как соотношение длины зоны соответствия суставных поверхностей и поперечного размера тела позвонка, не нашел широкого применения.

В настоящее время единственной методикой является определение степени соответствия суставных поверхностей, которую рассчитывают как отношение длины контактирующих поверхностей к длине нижней суставной поверхности ретроально расположенного позвонка. Считают, что значение менее 50% свидетельствует о повреждении капсульно-связочного аппарата и наличии подвывиха (Рис. 5Б).

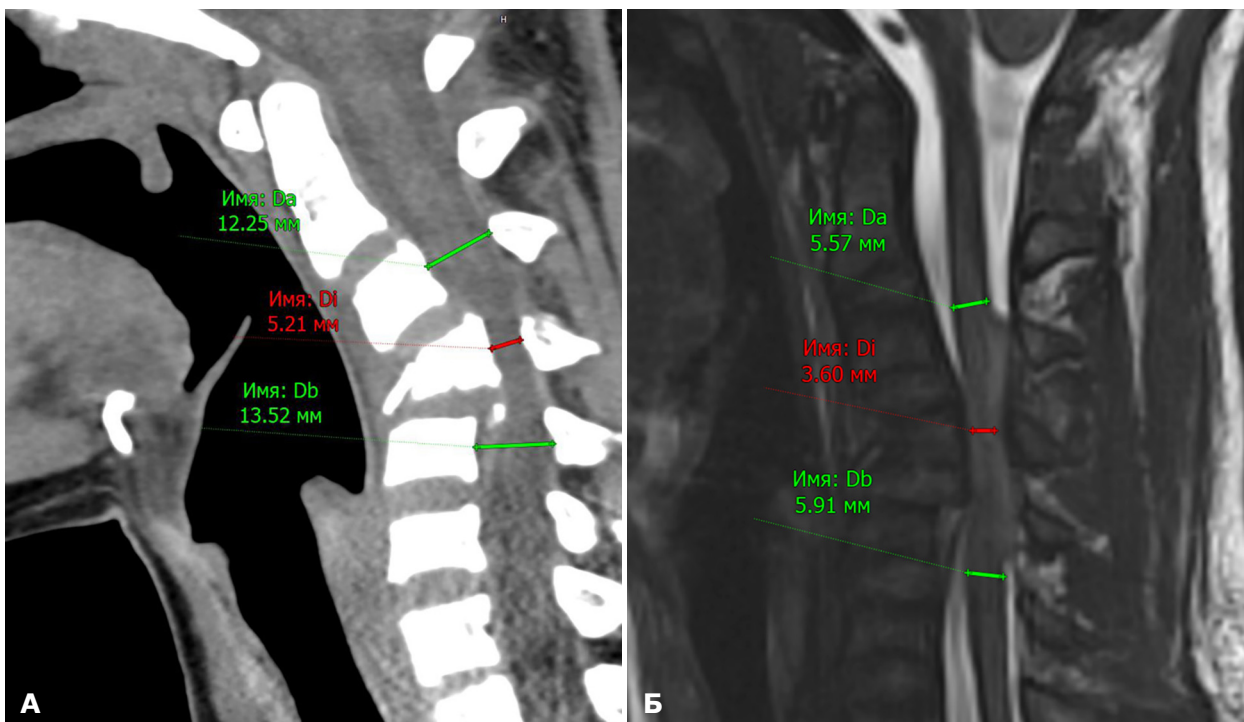


Рис. 4. Пациент М., 26 лет, ASIA В. Принцип расчета степени компрессии позвоночного канала (А) и спинного мозга (Б)

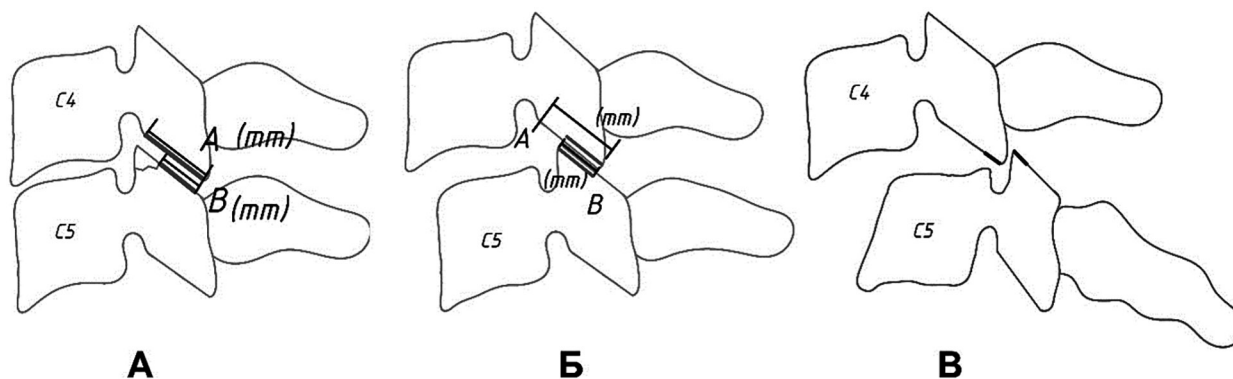


Рис. 5. Морфометрическая оценка повреждений заднего опорного комплекса. Перелом фасеточного сустава (А) подвывих (Б) и полный вывих (В)

В случае наличия вывиха и, соответственно, полного нарушения контакта между поверхностями в фасеточном суставе указанный коэффициент закономерно равен нулю (**Рис. 5В**).

Морфофункциональные элементы позвоночника

Базируясь на концепции восприятия позвоночника как единого в биомеханическом и функциональном плане элемента с целью более удобной и адекватной оценки как физиологических, так и патологических состояний, исторически ряд анатомически разнородных структур объединены в морфофункциональные элементы. Основными из них, наиболее широко используемыми в литературе, являются:

позвоночно-двигательный сегмент (functional spinal unit, vertebral motion segment), описанный в качестве функциональной единицы позвоночного столба в 1957 г. Т. Brown и соавт., включает два смежных позвонка, межпозвонковый диск между ними и капсульно-связочный аппарат [73]. ПДС – это наименьшая структурно-функциональная единица, в полной мере проявляющая все биомеханические характеристики позвоночника в целом. Интеграция характеристик отдельных компонентов ПДС определяет механическую стабильность позвоночника, обеспечивая, с одной стороны, функцию защиты спинного мозга и нервных корешков, с другой – гарантируя физиологический объем движений в разных плоскостях и сопротивление разнонаправленным нагрузкам в пределах индивидуально обусловленных границ. С точки зрения биомеханики, нижний позвонок ПДС всегда является фиксированным, тогда как нагрузка прикладывается к верхнему. Соответственно, любое смещение рассматривают как дислокацию более краниально расположенного позвонка;

опорные колонны позвоночника (spine weight-bearing columns). Концепция опорных колон, разработанная F. Holdsworth в 1963 г., послужила основой для всех последующих биомеханических классификаций повреждения позвоночника [74]. Автор выделял переднюю опорную колонну, к которой относил тело позвонка, межпозвонковый диск, а также переднюю и заднюю продольные связки, и заднюю опорную колонну, включающую весь остеолигаментозный комплекс, расположенный дорзальнее. Именно повреждениями заднего опорного комплекса автор уделял наибольшее значение при определении стабильности повреждения.

В дальнейшем концепция была усовершенствована F. Denis, который выделял 3 опорные колонны, переднюю – передняя продольная связка, передние 2/3 тела позвонка и межпозвонкового диска, среднюю – задняя продольная связка и заднюю треть тела позвонка и межпозвонкового диска и заднюю – остеолигаментозный комплекс, расположенный дорзальнее задней продольной связки [75]. Автор считал, что нестабильной следует рассматривать травму, сопровождающуюся повреждением двух колон. Именно эта концепция достаточно долго, особенно в отечественной медицине, являлась золотым стандартом определения стабильности повреждения.

Большинство современных клинических классификаций при оценке морфологии повреждения используют модель Holdsworth, а 3-колонная модель Denis практически утратила клиническую значимость [76];

связочный аппарат опорного комплекса (anterior and posterior tension band). Помимо понятия «опорный комплекс» при оценке характера повреждения в современной англоязычной литературе широко используют термин «связочный аппарат опорного комплекса». Именно повреждение связочного аппарата переднего или заднего опорного комплекса чаще всего лежит в основе классификации травмы. Закономерно к переднему опорному комплексу относят переднюю и заднюю продольные связки, к заднему – желтую, межкостистую, надкостистую связки и капсульный аппарат фасеточных суставов.

Оценки степени нестабильности

Стабильность поврежденного ПДС наряду со степенью выраженности неврологического дефицита является основополагающим фактором, определяющим как тактику лечения пострадавших, так и методы реабилитации, прогноз и в конечном итоге – качество жизни и социальный статус в отделенный период травмы.

M.M. Panjabi, являющийся одним из основоположников современных представлений о биомеханике позвоночника, выделяет три концептуально разных, но взаимосвязанных компонентов, обеспечивающих стабильность позвоночника [77]:

- пассивная подсистема – позвоночный столб (позвонки, фасеточные суставы, межпозвоночный диск, связочный аппарат и суставные капсулы);
- активная подсистема – мышцы и сухожилия;
- подсистема управления – нервная система (элементы рефлекторной дуги).

Чрезмерное смещение элементов ПДС неизбежно приводит к неврологическому дефициту, деформации и боли. Соответственно, в классической трактовке, «нестабильность – это потеря способности позвоночника при физиологических нагрузках поддерживать такое взаимоотношение между позвонками, которое бы предотвратило как начальное повреждение, так и последующее раздражение спинного мозга или нервных корешков и кроме того препятствовало развитию деформации или боли» [78].

Нестабильность как результат травматического повреждения позвоночника является одним из базовых факторов, имеющих как прогностическое, так и тактическое значение.

Выделяют нестабильность острую, возникшую в результате травмы, и хроническую при дегенеративных, онкологических, посттравматических и других процессах. Также используют понятия «явная» и «ожидаемая или скрытая» нестабильность. Явная нестабильность – это чрезмерная подвижность либо смещение, подтвержденные рентгенографическими исследованиями и приводящие к боли, деформации или неврологическому дефициту. Предполагаемая нестабильность может возникнуть в результате как травматических изменений, так и хирургических вмешательств, необходимых для надлежащей декомпрессии нервных элементов или резекции пораженного участка, но не может быть объективизирована по ряду причин. Ее наличие устанавливают на основании сочетания клинических и рентгенологических данных.

Несмотря на значительные достижения в изучении биомеханики позвоночника, отсутствуют единые критерии, позволившие бы однозначно подтвердить или исключить наличие скрытой нестабильности.

Одним из наиболее известных неутративших актуальность методов клинко-рентгенологической оценки нестабильности является предложенная в 1976 г. и в последующем неоднократно модифицированная шкала White and Panjabi [79] (**Табл. 2**). Повреждение считается нестабильным при сумме баллов равной либо превышающей 5.

Некоторые пункты, приведенные в шкале, в настоящее время не оценивают. Так, тракционный тест имеет скорее историческое, чем диагностическое значение. Однако бесспорным преимуществом описанного метода является возможность оценить стабильность травмированного позвоночника только на основании клинической картины и рентгенограмм ШОП в стандартных проекциях. Это в ряде случаев позволяет принять тактически и юридически правильные решения на начальном этапе обследования пациента в условиях ограниченной диагностической базы.

В ряде руководств по неотложной медицине используют патофизиологическую классификацию нестабильности, базирующуюся на механизме повреждения (**Табл. 3**).

В отличие от шкалы White and Panjabi система оценки стабильности не учитывает клиническую картину и базируется исключительно на характере повреждения костных структур. Несмотря на кажущуюся примитивность, систему можно использовать у пациентов с множественными травмами, в случае нарушенного сознания и при других состояниях при условии наличия адекватной диагностической базы (мультиспиральная компьютерная и магнитно-резонансная томография), позволяющей вери-

Таблица 2. Критерии диагностики клинической нестабильности шейного отдела позвоночника на субаксиальном уровне [79]

Признак	Баллы
Биомеханические критерии:	
• повреждение передних опорных структур	2
• повреждение задних опорных структур	2
• положительный тракционный тест	2
Рентгенографические критерии:	
1. Рентгенография шейного отдела позвоночника с функциональными пробами (сгибание-разгибание)	
• смещение в сагиттальной плоскости >3,5 мм или 20%	2
• ротация в сагиттальной плоскости >20°	2
или	
2. Рентгенография шейного отдела позвоночника в нейтральном положении	
• смещение в сагиттальной плоскости >3,5 мм или 20%	2
• угловая деформация >11°	2
Другие критерии:	
• снижение высоты межпозвоночного диска	1
• онтогенетически обусловленная узость позвоночного канала:	
1. Сагиттальный диаметр < 13 мм	1
или	
2. Индекс Павлова <0,8	1
• повреждение спинного мозга	2
• повреждение корешков спинного мозга	1
• ожидаемая опасная нагрузка	1

фицировать характер повреждения в отсутствии специалиста, способного комплексно оценить степень нестабильности.

Приведенные схемы оценки стабильности имеют значение на ранних этапах оказания помощи пациентам с травматическим повреждением ШОП, позволяют провести сортировку и разработать план дальнейших диагностических процедур.

Все существующие в настоящее время специализированные клинические классификации в той или иной степени опираются на признаки, используемые в приведенных шкалах, однако зачастую не позволяют изолированно оценить степень стабильности, хотя и используют этот критерий в комплексной оценке оптимальной тактики лечения.

Выводы

С учетом значительного клинического опыта и большого объема данных, полученных в результате экспериментальных исследований, принципы терапии травматических повреждений ШОП претерпевают изменения. Широкое использование современных методов нейровизуализации, оптимизация интенсивной терапии, минимизация времени транспортировки пострадавших и достижения фармакотерапии положительно влияют на отдаленные результаты терапии пострадавших.

Таблица 3. Патологическая классификация степени стабильности повреждений шейного отдела позвоночника на субаксиальном уровне [80]

Механизм и характер повреждения	Предполагаемая стабильность
Сгибание	
Клиновидный компрессионный перелом	Стабильный
Сгибательный каплевидный перелом	Крайне нестабильный
Отрывной перелом остистого отростка (Clay shoveler's fracture)	Стабильный
Подвывих	Потенциально нестабильный
Двусторонний вывих фасеточного сустава	Всегда нестабильный
Перелом поперечного отростка	Стабильный
Сгибание-ротация	
Односторонний вывих фасетки	Стабильный
Разгибание	
Разгибательный каплевидный перелом	Обычно стабильный при сгибании; нестабильный при разгибании
Вертикальная компрессия	
Взрывной перелом тела позвонка	Стабильный
Изолированные переломы суставов и тела позвонка	Стабильный

Хирургия травматически поврежденного ПДС, декомпрессия нервных структур, стабилизация и коррекция оси позвоночника в значительной степени определяют исход ПСМТ. Тактика, объем хирургического вмешательства, а также решение о сроках выполнения, иногда – о необходимости операции как таковой определяются опытом, хирургическими навыками лечащего врача и оснащением лечебно-профилактического учреждения.

С целью минимизации субъективной оценки и влияния «человеческого фактора» на принятие решения и тактику лечения пострадавших разработано большое количество классификаций, как малоизвестных, так и широко используемых. Значительные затруднения при создании «идеальной» системы оценки обусловлены сложными взаимоотношениями анатомических структур ШОП, широким спектром возможных травматических повреждений, приводящих к различным, зачастую непрогнозируемым функциональным нарушениям.

В настоящем обзоре приведены основные понятия, характеризующие травматические повреждения субаксиального уровня ШОП, большинство из которых в той или иной мере используют при формировании классификационных характеристик повреждений ШОП, необходимых при комплексной оценке оптимальной тактики лечения этой категории пострадавших.

Раскрытие информации

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

- Hughes JT. The Edwin Smith Surgical Papyrus: an analysis of the first case reports of spinal cord injuries. *Paraplegia* 1988 Apr 1;26(2):71-82. doi: 10.1038/sc.1988.15. PubMed PMID: 3045730.
- Chen Y, He Y, DeVivo MJ. Changing Demographics and Injury Profile of New Traumatic Spinal Cord Injuries in the United States, 1972–2014. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2016 Oct;97(10):1610-9. doi: 10.1016/j.apmr.2016.03.017. PubMed PMID: 27109331.
- Ni P, Mulcahey MJ, Slavin MD, Thielen CC, Vogel LC, Sadowsky C, Davidson LT, Jette AM. Tracking Spinal Cord Injury Functional Outcomes across the Lifespan: Validation of Linking Coefficients. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2019 May; doi: 10.1016/j.apmr.2019.05.022.
- Parsons KC. The impact of spinal cord injury on long-term survival. *J. Insur. Med.* 1991;23(4):227. PubMed PMID: 10148505.
- Pfeifer R, Teuben M, Andruszkow H, Barkatali BM, Pape H-C. Mortality Patterns in Patients with Multiple Trauma: A Systematic Review of Autopsy Studies. *PLoS One* 2016 Feb 12;11(2):e0148844. doi: 10.1371/journal.pone.0148844. PubMed PMID: 26871937.
- 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.
- Ge L, Arul K, Ikpeze T, Baldwin A, Nickels JL, Mesfin A. Traumatic and Nontraumatic Spinal Cord Injuries. *World Neurosurg.* 2018 Mar;111:e142-8. doi: 10.1016/j.wneu.2017.12.008. PubMed PMID: 29253698.
- Oliver M, Inaba K, Tang A, Branco BC, Barmparas G, Schnüriger B, Lustenberger T, Demetriades D. The changing epidemiology of spinal trauma: A 13-year review from a Level I trauma centre. *Injury* 2012 Aug;43(8):1296-300. doi: 10.1016/j.injury.2012.04.021. PubMed PMID: 22648015.
- Acton PA, Farley T, Freni LW, Ilegbodou VA, Sniezek JE, Wohlleb JC. Traumatic spinal cord injury in Arkansas, 1980 to 1989. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1993 Oct;74(10):1035-40. PubMed PMID: 8215853.
- Burney RE, Maio RF, Maynard F, Karunas R. Incidence, characteristics, and outcome of spinal cord injury at trauma centers in North America. *Arch. Surg.* 1993 May;128(5):596-9. PubMed PMID: 8489395.
- Hagen E, Rekan T, Gilhus N, Grønning M. Traumatisk ryggmargsskader - forekomst, skademekanismer og forløp. *Tidsskr. Den Nor. Lægeforening* 2012 Apr 17;132(7):831-7. doi: 10.4045/tidsskr.10.0859. PubMed PMID: 22511097.
- Knútsdóttir S, Thórisdóttir H, Sigvaldason K, Jónsson H, Björnsson A, Ingvarsson P. Epidemiology of traumatic spinal cord injuries in Iceland from 1975 to 2009. *Spinal Cord* 2012 Feb 27;50(2):123-6. doi: 10.1038/sc.2011.105. PubMed PMID: 21946442.
- Kristinsdóttir EA, Knútsdóttir S, Sigvaldason K, Jónsson jr. H, Ingvarsson PE. Mænuskaði af völdum slysa á Íslandi á árunum 1975-2014. *Læknablaðið* 2016 Nov 3;2016(11):491-6. doi: 10.17992/lbl.2016.11.106. PubMed PMID: 27813488.
- Hamilton BB, Deutsch A, Russell C, Fiedler RC, Granger C V. Relation of disability costs to function: spinal cord injury. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1999 Apr;80(4):385-91. PubMed PMID: 10206599.
- DeVivo MJ. Causes and costs of spinal cord injury in the United States. *Spinal Cord* 1997 Dec;35(12):809-13. PubMed PMID: 9429259.

16. Richard-Denis A, Ehrmann Feldman D, Thompson C, Bourassa-Moreau É, Mac-Thiong J-M. Costs and Length of Stay for the Acute Care of Patients with Motor-Complete Spinal Cord Injury Following Cervical Trauma. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 2017 Jul;96(7):449-56. doi: 10.1097/PHM.0000000000000659. PubMed PMID: 28628531.
17. Burns SP, Kaufman RP, Mack CD, Bulger E. Cost of spinal cord injuries caused by rollover automobile crashes. *Inj. Prev.* 2010 Apr 1;16(2):74-8. doi: 10.1136/ip.2008.021097. PubMed PMID: 20363811.
18. Berkowitz M. Assessing the socioeconomic impact of improved treatment of head and spinal cord injuries. *J. Emerg. Med.* 1993;11 Suppl 1:63-7. PubMed PMID: 8445206.
19. Zaveri G, Das G. Management of Sub-axial Cervical Spine Injuries. *Indian J. Orthop.* 2017;51(6):633-52. doi: 10.4103/ortho.IJOrtho_192_16. PubMed PMID: 29200479.
20. Harrop JS, Rymarczuk GN, Vaccaro AR, Steinmetz MP, Tetreault LA, Fehlings MG. Controversies in Spinal Trauma and Evolution of Care. *Neurosurgery* 2017 Mar 1;80(3S):S23-32. doi: 10.1093/neuros/nyw076. PubMed PMID: 28350943.
21. Kellam JF, Meinberg EG, Agel J, Karam MD, Roberts CS. Introduction. *J. Orthop. Trauma* 2018 Jan;32:S1-10. doi: 10.1097/BOT.0000000000001063. PubMed PMID: 29256945.
22. Vaccaro AR, Koerner JD, Radcliff KE, Oner FC, Reinhold M, Schnake KJ, Kandziora F, Fehlings MG, Dvorak MF, Aarabi B, Rajasekaran S, Schroeder GD, Kepler CK, Vialle LR. AOSpine subaxial cervical spine injury classification system. *Eur. Spine J.* 2016 Jul 26;25(7):2173-84. doi: 10.1007/s00586-015-3831-3. PubMed PMID: 25716661.
23. van Middendorp JJ, Audigé L, Hanson B, Chapman JR, Hosman AJF. What should an ideal spinal injury classification system consist of? A methodological review and conceptual proposal for future classifications. *Eur. Spine J.* 2010 Aug;19(8):1238-49. doi: 10.1007/s00586-010-1415-9. PubMed PMID: 20464432.
24. Nightingale RW, McElhaney JH, Richardson WJ, Best TM, Myers BS. Experimental impact injury to the cervical spine: relating motion of the head and the mechanism of injury. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1996 Mar;78(3):412-21. PubMed PMID: 8613449.
25. Huelke DF, Mackay GM, Morris A. Vertebral column injuries and lap-shoulder belts. *J. Trauma* 1995 Apr;38(4):547-56. PubMed PMID: 7723094.
26. Swartz EE, Floyd RT, Cendoma M. Cervical spine functional anatomy and the biomechanics of injury due to compressive loading. *J. Athl. Train.* 2005;40(3):155-61. PubMed PMID: 16284634.
27. Carter JW, Mirza SK, Tencer AF, Ching RP. Canal geometry changes associated with axial compressive cervical spine fracture. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 2000 Jan;25(1):46-54. PubMed PMID: 10647160.
28. Chang DG, Tencer AF, Ching RP, Treece B, Senft D, Anderson PA. Geometric changes in the cervical spinal canal during impact. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 1994 Apr 15;19(8):973-80. PubMed PMID: 8009357.
29. Dai Y, Chen B, Teng H, Huang K, Wang J, Zhu M, Li C. [Correlation among prevertebral hyperintensity signal, canal sagittal diameter on MRI and neurologic function of patients with cervical vertebral hyperextension injury]. *Zhongguo Gu Shang* 2015 Aug;28(8):686-9. PubMed PMID: 26502515.
30. Aebli N, Rüegg TB, Wicki AG, Petrou N, Krebs J. Predicting the risk and severity of acute spinal cord injury after a minor trauma to the cervical spine. *Spine J.* 2013 Jun;13(6):597-604. doi: 10.1016/j.spinee.2013.02.006. PubMed PMID: 23523437.
31. Sances A, Myklebust JB, Maiman DJ, Larson SJ, Cusick JF, Jodat RW. The biomechanics of spinal injuries. *Crit. Rev. Biomed. Eng.* 1984;11(1):1-76. PubMed PMID: 6373138.
32. Coelho DG, Brasil A V, Ferreira NP. Risk factors of neurological lesions in low cervical spine fractures and dislocations. *Arq. Neuropsiquiatr.* 2000 Dec;58(4):1030-4. PubMed PMID: 11105069.
33. Enderson BL, Reath DB, Meadors J, Dallas W, DeBoo JM, Maul KI. The tertiary trauma survey: a prospective study of missed injury. *J. Trauma* 1990 Jun;30(6):666-9; discussion 669-70. PubMed PMID: 2352294.
34. MacDonald RL, Schwartz ML, Mirich D, Sharkey PW, Nelson WR. Diagnosis of cervical spine injury in motor vehicle crash victims: how many X-rays are enough? *J. Trauma* 1990 Apr;30(4):392-7. PubMed PMID: 2182894.
35. Shaffer MA, Doris PE. Limitation of the cross table lateral view in detecting cervical spine injuries: a retrospective analysis. *Ann. Emerg. Med.* 1981 Oct;10(10):508-13. PubMed PMID: 7283214.
36. Turetsky DB, Vines FS, Clayman DA, Northup HM. Technique and use of supine oblique views in acute cervical spine trauma. *Ann. Emerg. Med.* 1993 Apr;22(4):685-9. PubMed PMID: 8457096.
37. Davis JW, Phreaner DL, Hoyt DB, Mackerzie RC. The etiology of missed cervical spine injuries. *J. Trauma* 1993 Mar;34(3):342-6. PubMed PMID: 8483172.
38. Baneke AJ, Shafei R, Costello J. A retrospective analysis of cervical spine radiography in a specialist trauma unit for head injury. *Emerg. Med. J.* 2012 Dec;29(12):995-7. doi: 10.1136/emmermed-2011-200613. PubMed PMID: 22408149.
39. Nkusi AE, Muneza S, Hakizimana D, Nshuti S, Munyemana P. Missed or Delayed Cervical Spine or Spinal Cord Injuries Treated at a Tertiary Referral Hospital in Rwanda. *World Neurosurg.* 2016 Mar;87:269-76. doi: 10.1016/j.wneu.2015.11.092. PubMed PMID: 26724621.
40. Freemyer B, Knopp R, Piche J, Wales L, Williams J. Comparison of five-view and three-view cervical spine series in the evaluation of patients with cervical trauma. *Ann. Emerg. Med.* 1989 Aug;18(8):818-21. PubMed PMID: 2757278.
41. Gale SC, Gracias VH, Reilly PM, Schwab CW. The inefficiency of plain radiography to evaluate the cervical spine after blunt trauma. *J. Trauma* 2005 Nov;59(5):1121-5. PubMed PMID: 16385289.
42. Theologis AA, Dionisio R, Mackerzie R, McClellan RT, Pekmezci M. Cervical Spine Clearance Protocols in Level 1 Trauma Centers in the United States. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 2014 Mar 1;39(5):356-61. doi: 10.1097/BRS.0000000000000147. PubMed PMID: 24299717.
43. McCracken B, Klineberg E, Pickard B, Wisner DH. Flexion and extension radiographic evaluation for the clearance of potential cervical spine injuries in trauma patients. *Eur. Spine J.* 2013 Jul;22(7):1467-73. doi: 10.1007/s00586-012-2598-z. PubMed PMID: 23404352.
44. Tran B, Saxe JM, Ekeh AP. Are flexion extension films necessary for cervical spine clearance in patients with neck pain after negative cervical CT scan? *J. Surg. Res.* 2013 Sep;184(1):411-3. doi: 10.1016/j.jss.2013.05.100.
45. Oh JJ, Asha SE. Utility of flexion-extension radiography for the detection of ligamentous cervical spine injury and its current role in the clearance of the cervical spine. *Emerg. Med. Australas.* 2016 Apr;28(2):216-23. doi: 10.1111/1742-6723.12525. PubMed PMID: 26685877.
46. Lewis LM, Docherty M, Ruoff BE, Fortney JP, Keltner RA, Britton P. Flexion-extension views in the evaluation of cervical-spine injuries. *Ann. Emerg. Med.* 1991 Feb;20(2):117-21. PubMed PMID: 1996789.
47. Pollack C V., Hendey GW, Martin DR, Hoffman JR, Mower WR, NEXUS Group. Use of flexion-extension radiographs of the cervical spine in blunt trauma. *Ann. Emerg. Med.* 2001 Jul;38(1):8-11. doi: 10.1067/mem.2001.116810. PubMed PMID: 11423804.
48. Knopp R, Parker J, Tashjian J, Ganz W. Defining radiographic criteria for flexion-extension studies of the cervical spine. *Ann. Emerg. Med.* 2001 Jul;38(1):31-5. doi: 10.1067/mem.2001.114319. PubMed PMID: 11423809.
49. Anglen J, Metzler M, Bunn P, Griffiths H. Flexion and extension views are not cost-effective in a cervical spine clearance protocol for obtunded trauma patients. *J. Trauma* 2002 Jan;52(1):54-9. PubMed PMID: 11791052.
50. Cox MW, McCarthy M, Lemmon G, Wenker J. Cervical spine instability: clearance using dynamic fluoroscopy. *Curr. Surg.* 2001 Jan;58(1):96-100. PubMed PMID: 11226546.
51. Davis JW, Kaups KL, Cunningham MA, Parks SN, Nowak TP, Bilello JF, Williams JL. Routine evaluation of the cervical spine in head-injured patients with dynamic fluoroscopy: a reappraisal. *J. Trauma* 2001 Jun;50(6):1044-7. PubMed PMID: 11426118.
52. Pinheiro DF de C, Fontes B, Shimazaki JK, Oliveira Bernini C de, Rasslan S. Diagnostic value of tomography of the cervical spine in victims of blunt trauma. *Rev. Col. Bras. Cir.* 38(5):299-303. PubMed PMID: 22124639.
53. Duane TM, Young AJ, Vanguri P, Wolfe LG, Katzen J, Han J, Mayglothling J, Whelan JF, Aboutanos MB, Ivatury RR, Malhotra AK. Defining the cervical spine clearance algorithm. *J.*

- Trauma Acute Care Surg. 2016 Sep;81(3):541-7. doi: 10.1097/TA.0000000000001151. PubMed PMID: 27270856.
54. Chilvers G, Janjua U, Choudhary S. Blunt cervical spine injury in adult polytrauma: incidence, injury patterns and predictors of significant ligament injury on CT. *Clin. Radiol.* 2017 Nov;72(11):907-14. doi: 10.1016/j.crad.2017.06.122. PubMed PMID: 28803621.
 55. Chupik C, Hernandez JA, Swischuk LE. Cervical spine trauma in children under 5 years: productivity of CT. *Emerg. Radiol.* 2004 Feb 1;10(4):176-8. doi: 10.1007/s10140-003-0320-5. PubMed PMID: 15290484.
 56. Pekmezci M, Theologis AA, Dionisio R, Mackerse R, McClellan RT. Cervical spine clearance protocols in Level I, II, and III trauma centers in California. *Spine J.* 2015 Mar 1;15(3):398-404. doi: 10.1016/j.spinee.2014.12.142. PubMed PMID: 25546512.
 57. Bernstein MP, Young MG, Baxter AB. Imaging of Spine Trauma. *Radiol. Clin. North Am.* 2019 Jul;57(4):767-85. doi: 10.1016/j.rcl.2019.02.007.
 58. Tamangani J. Neuroimaging. *Aust. Fam. Physician* 2016 Nov;45(11):788-92. PubMed PMID: 27806446.
 59. Minja FJ, Mehta KY, Mian AY. Current Challenges in the Use of Computed Tomography and MR Imaging in Suspected Cervical Spine Trauma. *Neuroimaging Clin. N. Am.* 2018 Aug;28(3):483-93. doi: 10.1016/j.nic.2018.03.009. PubMed PMID: 30007757.
 60. Saragiotto BT, Maher CG, Lin C-WC, Verhagen AP, Goergen S, Michaleff ZA. Canadian C-spine rule and the National Emergency X-Radiography Utilization Study (NEXUS) for detecting clinically important cervical spine injury following blunt trauma. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2018 Apr 11; doi: 10.1002/14651858.CD012989.
 61. Stiell IG, Wells GA, Vandemheen KL, Clement CM, Lesiuk H, De Maio VJ, Laupacis A, Schull M, McKnight RD, Verbeek R, Brison R, Cass D, Dreyer J, Eisenhauer MA, Greenberg GH, MacPhail I, Morrison L, Reardon M, Worthington J. The Canadian C-spine rule for radiography in alert and stable trauma patients. *JAMA* 2001 Oct 17;286(15):1841-8. PubMed PMID: 11597285.
 62. Bono CM, Vaccaro AR, Fehlings M, Fisher C, Dvorak M, Ludwig S, Harrop J. Measurement Techniques for Lower Cervical Spine Injuries. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 2006 Mar 1;31(5):603-9. doi: 10.1097/01.brs.0000201273.39058.dd. PubMed PMID: 16508560.
 63. Cobb JR. Outline for the Study of Scoliosis. *Instr. Course Lect. Am. Acad. Orthop. Surg.* 1948;5:261-75.
 64. Schleicher P, Kobbe P, Kandziara F, Scholz M, Badke A, Brakopp F, Ekkerlein H, Gercek E, Hartensuer R, Hartung P, Jarvers J-S, Matschke S, Morrison R, Müller CW, Pishnamaz M, Reinhold M, Schmeiser G, Schnake KJ, Stein G, Ullrich B, Weiss T, Zimmermann V. Treatment of Injuries to the Subaxial Cervical Spine: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Glob. spine J.* 2018 Sep 7;8(2 Suppl):25S-33S. doi: 10.1177/2192568217745062. PubMed PMID: 30210958.
 65. Harrison DE, Harrison DD, Cailliet R, Troyanovich SJ, Janik TJ, Holland B. Cobb method or Harrison posterior tangent method: which to choose for lateral cervical radiographic analysis. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 2000 Aug 15;25(16):2072-8. PubMed PMID: 10954638.
 66. Frobin W, Leivseth G, Biggemann M, Brinckmann P. Vertebral height, disc height, posteroanterior displacement and dens-atlas gap in the cervical spine: precision measurement protocol and normal data. *Clin. Biomech. (Bristol, Avon)* 2002 Jul;17(6):423-31. PubMed PMID: 12135543.
 67. van Middendorp JJ, Cheung I, Dalzell K, Deverall H, Freeman BJC, Morris SAC, Sandler SJI, 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. doi: 10.4184/asj.2015.9.3.327. PubMed PMID: 26097647.
 68. Wu S-K, Kuo L-C, Lan H-CH, Tsai S-W, Chen C-L, Su F-C. The quantitative measurements of the intervertebral angulation and translation during cervical flexion and extension. *Eur. Spine J.* 2007 Sep;16(9):1435-44. doi: 10.1007/s00586-007-0372-4. PubMed PMID: 17464516.
 69. Hsu W-E, Su K-C, Chen K-H, Pan C-C, Lu W-H, Lee C-H. The Evaluation of Different Radiological Measurement Parameters of the Degree of Collapse of the Vertebral Body in Vertebral Compression Fractures. *Appl. Bionics Biomech.* 2019 May 8;2019:1-5. doi: 10.1155/2019/4021640. PubMed PMID: 31205482.
 70. Sadiqi S, Verlaan J-J, Lehr AM, Chapman JR, Dvorak MF, Kandziara F, Rajasekaran S, Schnake KJ, Vaccaro AR, Oner FC. Measurement of kyphosis and vertebral body height loss in traumatic spine fractures: an international study. *Eur. Spine J.* 2017 May 6;26(5):1483-91. doi: 10.1007/s00586-016-4716-9. PubMed PMID: 27497753.
 71. Fehlings MG, Rao SC, Tator CH, Skaf G, Arnold P, Benzel E, Dickman C, Cuddy B, Green B, Hitchon P, Northrup B, Sonntag V, Wagner F, Wilberger J. The optimal radiologic method for assessing spinal canal compromise and cord compression in patients with cervical spinal cord injury. Part II: Results of a multicenter study. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 1999 Mar 15;24(6):605-13. PubMed PMID: 10101829.
 72. Kuhns LR, Strouse PJ. Facet coverage in children on flexion lateral cervical radiographs. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 1999 Feb 15;24(4):339-41. PubMed PMID: 10065517.
 73. BROWN T, HANSEN RJ, YORRA AJ. Some mechanical tests on the lumbosacral spine with particular reference to the intervertebral discs; a preliminary report. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1957 Oct;39-A(5):1135-64. PubMed PMID: 13475413.
 74. Holdsworth F. Fractures, dislocations, and fracture-dislocations of the spine. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1970 Dec;52(8):1534-51. PubMed PMID: 5483077.
 75. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 1983;8(8):817-31. PubMed PMID: 6670016.
 76. Vaccaro AR, Koerner JD, Radcliff KE, Oner FC, Reinhold M, Schnake KJ, Kandziara F, Fehlings MG, Dvorak MF, Aarabi B, Rajasekaran S, Schroeder GD, Kepler CK, Vialle LR. AOSpine subaxial cervical spine injury classification system. *Eur. Spine J.* 2016 Jul 26;25(7):2173-84. doi: 10.1007/s00586-015-3831-3. PubMed PMID: 25716661.
 77. WHITE AA, SOUTHWICK WO, PANJABI MM. Clinical Instability in the Lower Cervical Spine A Review of Past and Current Concepts. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 1976;1(1)
 78. White AA, Panjabi MM. Update on the evaluation of instability of the lower cervical spine. *Instr. Course Lect.* 1987;36:513-20. PubMed PMID: 3437146.
 79. White AA, Johnson RM, Panjabi MM, Southwick WO. Biomechanical analysis of clinical stability in the cervical spine. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1975;(109):85-96. PubMed PMID: 1132209.
 80. Marx JA, Hockberger RS, Walls RM, Biros MH, Danzl DF, Gausche-Hill M, Jagoda A, Ling L, Newton E, Zink BJ, Rosen P. *Rosen's Emergency Medicine : Concepts and Clinical Practice, 2-Volume Set. 8th ed. Elsevier Health Sciences; 2013.*