

7



Неврологічний Дефіцит: Оцінка Неврологічного Стану і Надання Допомоги

ЦІЛІ Після прочитання цього розділу і засвоєння знань, представлених у курсі ATLS®, ви зможете:

1. Описати зв'язок між анатомією внутрішньочерепних структур, фізіологією внутрішньочерепного тиску і поширеними травмами головного мозку
2. Виявляти пацієнтів, яким необхідно іммобілізувати хребет, і обирати відповідні методи
3. Розповісти, з чого складається неврологічний і травмоорієнтований анамнез
4. Визначати складові фокусованого неврологічного обстеження головного мозку за умови травми
5. Пояснити, як оцінювати функції спинного мозку під час фізикального обстеження, а також їх зв'язок з анатомією хребта
6. Визначати варіанти, показання та інтерпретацію результатів візуалізаційних досліджень головного і спинного мозку
7. Описати первинний огляд, цілі ресусцитації та профілактику вторинного травматичного ушкодження головного і спинного мозку
8. Розпізнавати і лікувати нейрогенний шок та погіршення неврологічного статусу
9. Визначати, куди далі скеровувати пацієнтів із травмами головного і спинного мозку

7

Неврологічний Дефіцит: Оцінка Неврологічного Стану і Надання Допомоги



ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Травматичні ушкодження головного і спинного мозку мають схожі патофізіологічні механізми і вразливість до вторинних уражень. Швидке виявлення і початок втручання мають вирішальне значення для покращення неврологічних результатів.

ВСТУП

Етап “D” алгоритму xABCDE - визначення неврологічного дефіциту - включає оцінку двох компонентів центральної нервової системи: головного і спинного мозку. Черепно-мозкова травма (ЧМТ) і травматичне ушкодження спинного мозку (УСМ) є основними причинами смерті та інвалідності в усьому світі. Надання медичної допомоги при цих травмах є складним і дорогим. Падіння та дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) є основними їх причинами. Згідно з дослідженням Глобального тягаря хвороб, у 2016 році у світі було зареєстровано 27 млн нових випадків ЧМТ та майже 1 млн нових випадків УСМ. Тільки у США ЧМТ пов'язана з приблизно 4,8 млн звернень до відділень екстреної медичної допомоги та госпіталізацій на рік, а також щонайменше зі чвертю всіх смертей, пов'язаних із травмою. Хоча понад 80% випадків є легкими, значна частина пацієнтів із ЧМТ мала тимчасову або постійну втрату працездатності. Вартість цих травм для світової економіки еквівалентна 400 млрд доларів США. Глобальна поширеність УСМ коливається від 15 до 40 випадків на мільйон, при цьому дані зі США свідчать про 55 нових випадків на мільйон щорічно, за винятком смертей на догоспітальному етапі. Хоча статистичні дані щодо переломів хребта (ПХ) складніше знайти, за оцінками, вони трапляються приблизно у вісім разів частіше, ніж УСМ. Останнім часом серед пацієнтів із травмами головного і

спинного мозку, які звертаються до ВЕМД і травма-центрів, зростає частка осіб похилого віку з ненавмисним падінням. За даними Центру контролю і профілактики захворювань, у 2014 році у США зареєстровано понад 837 000 випадків ЧМТ у дітей. Належне початкове надання допомоги пацієнтам із політравмою може покращити виживання, а також довгострокові функціональні результати у випадку ЧМТ і УСМ шляхом запобігання вторинному ушкодженню й поглибленню первинної травми. Час має вирішальне значення. Здійснення належної ранньої ресусцитації під час проведення початкової оцінки стану і первинного огляду є дуже важливим, особливо в сільській місцевості та районах з обмеженими ресурсами, де смертність, пов'язана з ЧМТ, вища. Основними принципами надання допомоги при ЧМТ й УСМ є профілактика і лікування гіпоксії та гіпотензії шляхом дотримання принципів ATLS®: зупинки зовнішньої кровотечі, забезпечення прохідності дихальних шляхів, виявлення і корекції порушень дихання та кровообігу.

АНАТОМІЯ І ПАТОФІЗІОЛОГІЯ ЧМТ Й УСМ

ЧЕРЕПНО-МОЗКОВА ТРАВМА

Черепно-мозкова травма характеризується анатомічними і функціональними змінами внаслідок дії зовнішньої сили. Первинне ушкодження головного мозку відбувається під час удару з травматизацією тканин, що може призвести до гострої зміни рівня свідомості. Вторинне ушкодження головного мозку є додатковим і може виникнути після первинної травми через внутрішньочерепні або системні ускладнення, такі як гіпотензія і гіпоксемія. ЧМТ описують відповідно до анатомічної локалізації травми. **Рис. 7-1** ілюструє анатомічну локалізацію черепно-мозкових травм.

ПАТОЛОГІЧНА АНАТОМІЯ НАЙБІЛЬШ ПОШИРЕНИХ ЧЕРЕПНО-МОЗКОВИХ ТРАВМ

Епідуральна гематома

Епідуральна гематома (ЕДГ) – це скупчення крові між внутрішньою пластиною черепа і парієтальним листком твердої мозкової оболонки. В результаті ЕДГ зазвичай обмежені черепними швами і мають двоопуклу форму.

Більше 75% ЕДГ спричинені розривом середньої оболонкової артерії та пов'язані з переломами черепа. ЕДГ у ділянці вертексу (лат., vertex), або маківки, спричинена венозною кровотечею з сагітального синуса і часто перетинає серединну лінію. У пацієнтів з ізольованою ЕДГ мозкова тканина зазвичай ушкоджується мінімально. Пов'язане з ЕДГ ушкодження головного мозку незмінно є вторинним через зсув і тиск. **Якщо швидко провести операцію, більшість пацієнтів одужують без неврологічного дефіциту.**

Субдуральна гематома

Субдуральна гематома (СДГ) – це скупчення крові в субдуральному просторі. СДГ виникають після різкого сповільнення руху голови. Головний мозок продовжує рухатися, що призводить до розтягування і розриву мостових кортикальних вен. Павутинна оболонка також травмується, в результаті чого в субдуральному просторі накопичується і спинномозкова рідина (СМР), і кров, які змішуються між собою. Субдуральні гематоми виникають між твердою мозковою оболонкою і павутинною оболонкою, через що на комп'ютерних томограмах вони мають серпоподібну форму. Субдуральні гематоми обмежені не черепними швами, а відростками твердої мозкової оболонки, такими як серп головного мозку, намет і серп мозочка. Гострі субдуральні гематоми, особливо у молодших пацієнтів, часто пов'язані із забоями головного мозку. Більшість СДГ у дорослих є односторонніми. Однак у немовлят більшість таких ушкоджень є двосторонніми. **Наявність СДГ у немовляти може бути пов'язана з фізичним насильством.** Ізольовані СДГ в ділянці між півкулями чи біля серпа є поширеними при травмах, отриманих внаслідок неналежного поводження з немовлятами.

Травматичний субарахноїдальний крововилив

Травматичний субарахноїдальний крововилив (тСАК) – це наявність крові в субарахноїдальних просторах, таких як мозкові борозни, щілини або цистерни. Точний механізм залишається незрозумілим. Запропоновані механізми включають розрив дрібних вен або артерій, розшарування артерій

або пряму екстравазацію внаслідок забоїв головного мозку.

Забій головного мозку

Забій головного мозку – це ушкодження паренхіми головного мозку. Мозкова тканина може бути безпосередньо ушкоджена внаслідок дії зовнішньої сили або різкого сповільнення, що призводить до удару мозку об череп. Рух мозку вперед-назад у черепі може призвести до забою як через удар (фр., coup) на стороні прикладеної сили, так і через контрудар (фр., contrecoup) на протилежній стороні. Більшість забоїв трапляються в лобній та скроневій частках, де мозок рухається по шорсткій поверхні дна передньої черепної ямки. Забої можуть збільшуватись в розмірах, спричинити кровотечу і патофізіологічні зміни впродовж перших 24 годин; відома частота прогресування становить 16-75%.

Аксональне ушкодження

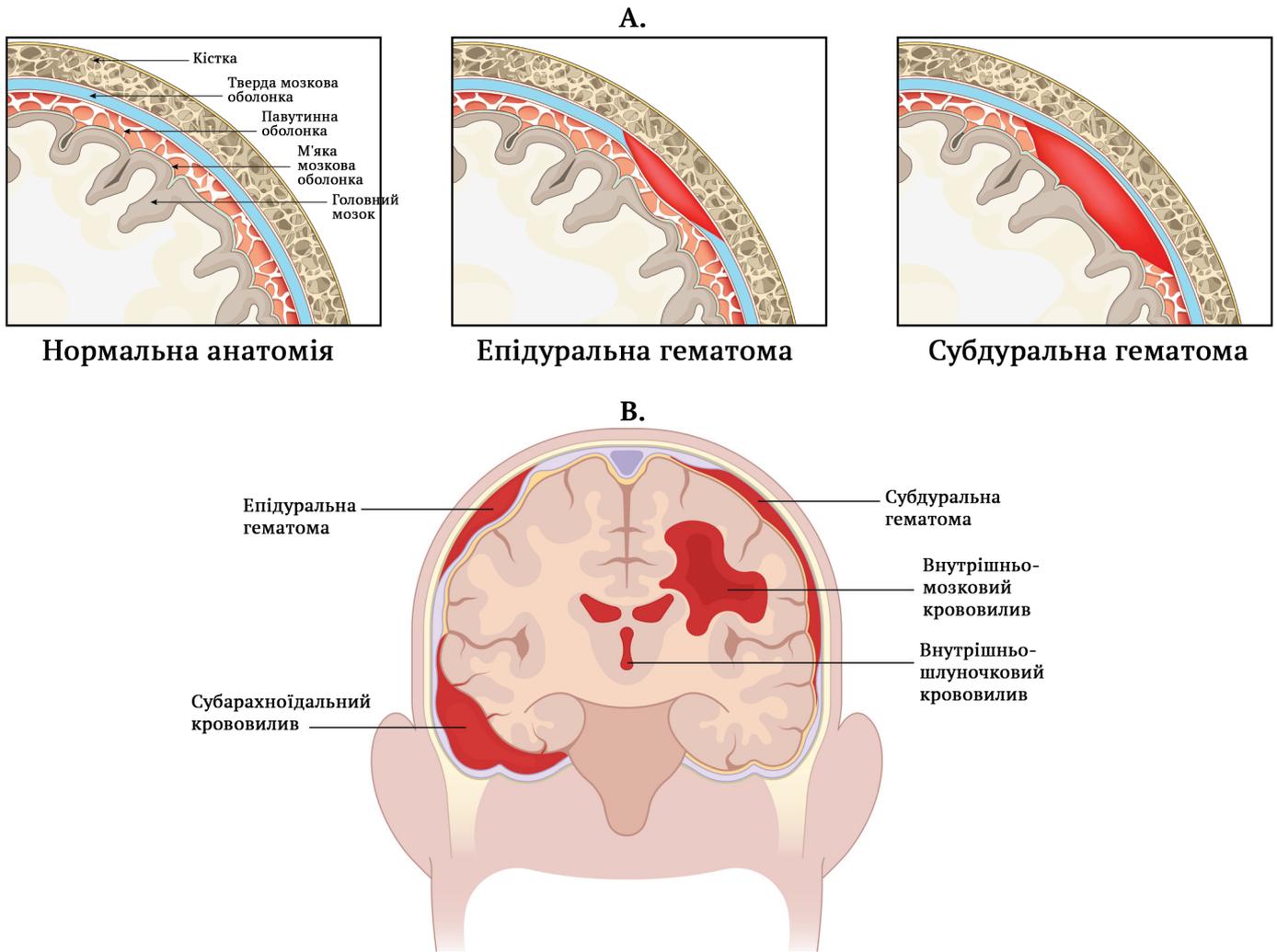
Травматичне аксональне ушкодження спричинене обертальними силами прискорення або сповільнення, що призводять до зсуву (зміщення) нейронів. Біла і сіра речовина мають різну питому вагу, що призводить до руху одних клітин відносно інших, коли мозок зупиняється після раптового сповільнення. Це призводить до зміщення аксонів у білій речовині, їх набряку і роз'єднання. **Дифузне аксональне ушкодження є багатофокальним ураженням.**

ПАТОФІЗІОЛОГІЯ ТРАВМ ГОЛОВНОГО МОЗКУ

Внутрішньочерепний тиск і синдроми вклинення

Внутрішньочерепний тиск (ВЧТ) вимірюється всередині черепа і визначається внутрішньочерепним вмістом (головним мозком, СМР та об'ємом крові в церебральному руслі). Нормальний ВЧТ у дорослих становить 7–15 мм рт. ст. у положенні лежачи на спині і може знижуватись до 10 мм рт. ст. у вертикальному положенні. ВЧТ може підвищуватися, коли збільшується об'єм одного з трьох компонентів.

Рисунок 7-1: Анатомія травм головного мозку. А. Нормальна анатомія, епідуральна гематома і субдуральна гематома. В. Різні типи внутрішньочерепних гематом і крововиливів.



Доктрина Монро-Келлі стверджує, що через фіксований об'єм черепа сума об'єму головного мозку, СМР, внутрішньочерепної крові і будь-якого патологічного об'ємного утворення повинна залишатися постійною для підтримки нормального ВЧТ. Тому збільшення об'єму одного компонента компенсується зменшенням одного з інших.

Після травми внутрішньочерепний об'єм може збільшуватися через набряк головного мозку або об'ємне ураження, таке як

епідуральні, субдуральні або внутрішньомозкові гематоми. Компенсаторний перерозподіл спинномозкової рідини та об'єму мозкової крові може підтримувати ВЧТ у межах норми. Однак, зі збільшенням патологічного об'єму компенсаторні механізми зрештою виснажуються, і ВЧТ підвищується, що призводить до ішемії головного мозку. Рис. 7-2 ілюструє доктрину Монро-Келлі. На рис. 7-3 показано зв'язок між внутрішньочерепним об'ємом і ВЧТ.

Рисунок 7-2: Доктрина Монро-Келлі, яка описує компенсаторні процеси всередині черепа при збільшенні патологічного об'єму. Загальний об'єм внутрішньочерепного вмісту залишається постійним. Якщо додатковий об'єм, наприклад, гематома, стискає еквівалентний об'єм спинномозкової рідини і венозної крові, ВЧТ залишається нормальним. Однак, коли цей компенсаторний механізм вичерпано, ВЧТ зростає експоненціально навіть при невеликому додатковому збільшенні об'єму гематоми. (Адаптовано з дозволу Narayan RK. Head Injury. In: Grossman RG, Hamilton WJ eds., Principles of Neurosurgery. New York, NY: Raven Press, 1991.).

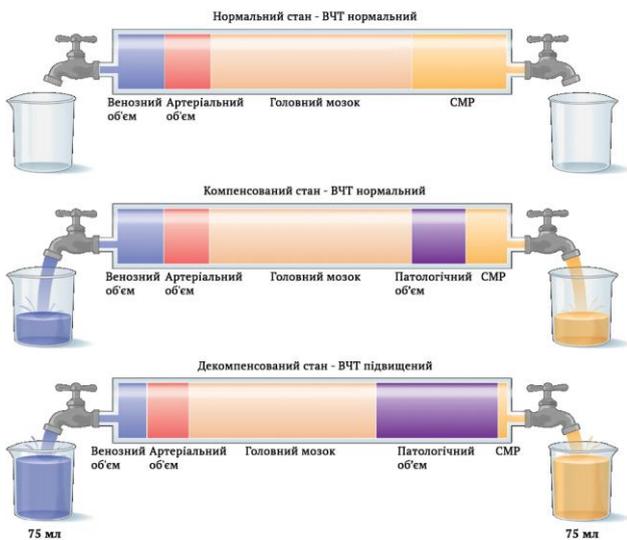
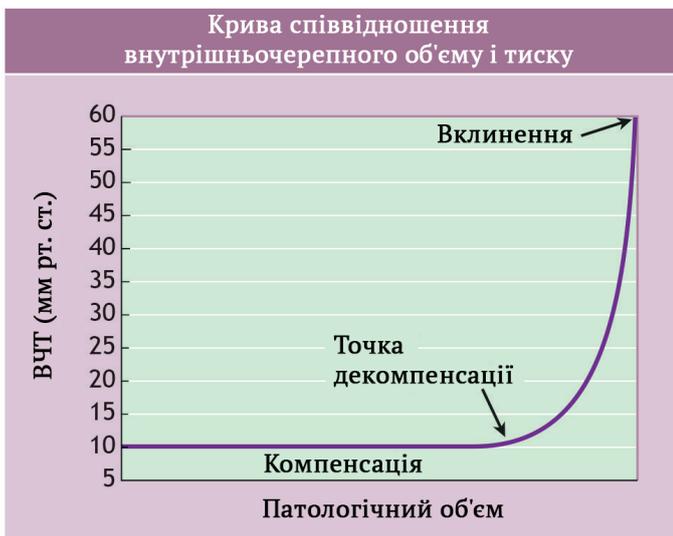


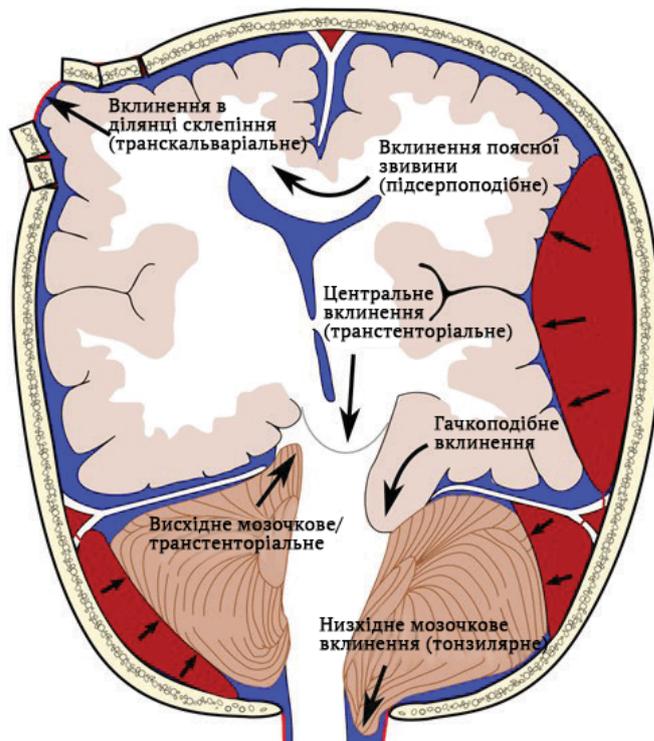
Рисунок 7-3: Крива співвідношення внутрішньочерепного об'єму і тиску. Внутрішньочерепний вміст спочатку може компенсувати новий внутрішньочерепний об'єм, такий як субдуральна або епідуральна гематома. Як тільки об'єм цієї маси досягає критичного порога, часто відбувається швидке збільшення ВЧТ, що може призвести до зменшення або припинення мозкового кровотоку.



Внутрішньочерепний простір поділений на компартменти перегородками, утвореними твердою мозковою оболонкою. Різниця тиску між сусідніми компартментами може призвести до вклинення мозкової тканини одного компартмента в інший. Це, врешті-решт, стається, якщо не зменшити внутрішньочерепну гіпертензію, і призводить до повного колапсу мозкових судин і смерті головного мозку. На **рис. 7-4** показано кілька типів вклинення головного мозку.

Рисунок 7-4: Типи вклинення головного мозку.

Вклинення гачка є найпоширенішим. Підсерпоподібне вклинення виникає, коли головний мозок випинається по середній лінії. Центральне вклинення стискає середній мозок. Висхідне транстенторіальне вклинення виникає, коли патологічний об'єм у мозочку виштовхує головний мозок вгору через намет мозочка, стискаючи середній мозок. Випинання мигдаликів мозочка виникає, коли вони тиснуть на великий потиличний отвір, стискаючи довгастий мозок і верхню частину шийного відділу спинного мозку. Випинання мигдаликів клінічно проявляється апное і швидким підвищенням артеріального тиску.



Гачкоподібне вклинення

Низхідне одностороннє транстенторіальне (гачкоподібне) вклинення є найпоширенішим типом синдрому вклинення. Воно спричинене

витисканням скроневої частки донизу, під край намета. **Гачкоподібне вклинення проявляється прогресуванням порушення свідомості, розширенням зіниці на боці травми (через параліч третього черепного нерва) і прогресуючою слабкістю з формуванням патологічної пози.**

Підсерпоподібне і центральне вклинення

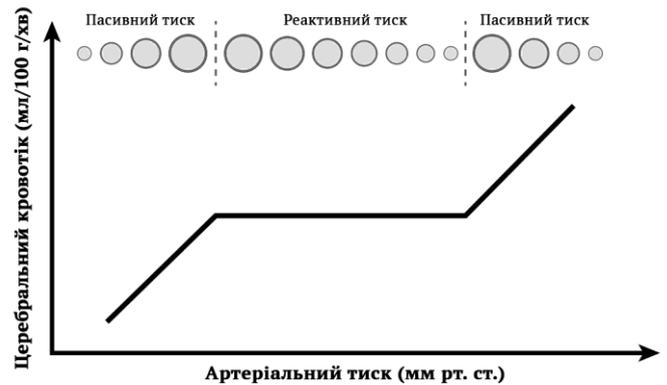
Підсерпоподібне вклинення виникає, коли мозкова тканина зміщується під серп головного мозку на протилежний бік, зазвичай через патологічний об'єм в ділянці лобової або скроневої частки з однієї сторони (наприклад, ЕДГ чи СДГ). Центральне вклинення виникає, коли півкуля великого мозку зміщується вниз, стискаючи та зміщуючи середній мозок. Обидва синдроми вклинення характеризуються порушенням свідомості, патологічною позою і порушенням дихання. Вони часто є фатальними наслідками черепно-мозкової травми.

Церебральний кровотік

Церебральний кровотік (ЦК) визначається як об'єм крові на 100 г тканини за хвилину. Зазвичай ЦК становить 15% від загального серцевого викиду у стані спокою. **Церебральний перфузійний тиск (ЦПТ) – це різниця між середнім артеріальним тиском (СерАТ) і ВЧТ.** Нормальний середній ЦПТ становить 60–80 мм рт. ст. Здатність головного мозку підтримувати постійний ЦК, незважаючи на велику варіабельність ЦПТ або СерАТ, називається церебральною авторегуляцією.

Церебральна авторегуляція досягається шляхом зміни опору мозкових судин. Коли СерАТ або ЦПТ знижуються, кровоносні судини розширюються. Коли САТ або ЦПТ підвищуються, судини звужуються. Таким чином, ЦК залишається сталим. Коли фізіологічна авторегуляція порушується травмою, ЦК змінюється відповідно до коливань ЦПТ, що призводить до гіпо- або гіперперфузії і робить ушкоджений мозок більш схильним до ішемії, розширення площі крововиливу та збільшення ВЧТ. **Рис. 7-5** ілюструє авторегуляцію ЦКТ.

Рисунок 7-5: Крива авторегуляції мозкового кровотоку. Церебральний кровотік зазвичай є сталим, незважаючи на варіабельність артеріального тиску.

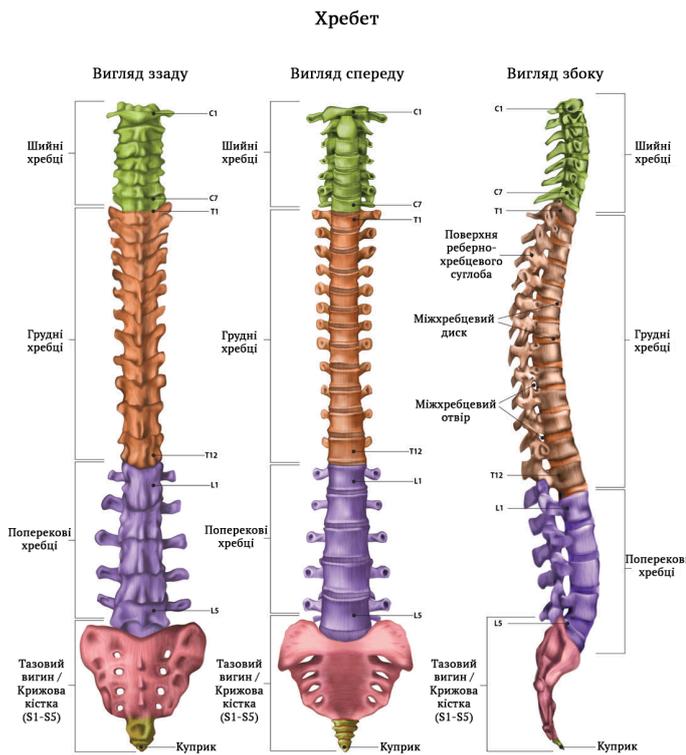


УШКОДЖЕННЯ СПИННОГО МОЗКУ

АНАТОМІЯ

Хребетний стовп складається з семи шийних (С), дванадцяти грудних (Т) і п'яти поперекових (L), зчленованих суглобами, хребців, за якими йдуть дев'ять зрощених хребців – п'ять крижових (S) і чотири куприкових. На **рис. 7-6** зображено будову хребта. Перший шийний хребець, С1, має кільцеподібну форму без чітко визначеного анатомічного тіла і зчленовується з черепом зверху за рахунок потиличних відростків. На **рис. 7-7 і 7-8** зображено будову шийних хребців. Другий шийний хребець, С2, має тіло з видовженням на верхній поверхні (зубоподібний відросток, або зуб), яке зчленовується з передньою дугою С1. Це зчленування стабілізується поперечною зв'язкою, яка проходить по задній поверхні зубоподібного відростка і прикріплюється до бічних поверхонь С1. Третій шийний хребець і всі наступні (грудні й поперекові) складаються з тіла, двох ніжок, пластинки та суглобових поверхонь (фасеток).

Рисунок 7-6: Анатомія хребта.



Стабільність структур хребта забезпечують зв'язки (рис. 7-9). Вони фіксують сусідні хребці, обмежуючи надмірний рух і таким чином стабілізують хребетний стовп. Тіла хребців і міжхребцеві диски беруть на себе компресійні навантаження, тоді як зв'язки - вплив ротаційних, дистракційних і зсувних сил. Каркова зв'язка (лат., *ligamentum nuchae*) на шиї продовжується каудально на грудному і поперековому відділах хребта як надостъова зв'язка (лат., *ligamentum supraspinale*).

Спинний мозок і мозкові оболонки розташовані всередині хребетного каналу. У дорослих спинномозковий канал простягається від великого потиличного отвору до рівня першого і другого поперекових хребців. Сіра речовина спинного мозку розташована центрально і поділена на дорсальні сенсорні та вентральні моторні зони. Біла речовина розташована периферично і складається з сенсорних дорсальних та змішаних передніх і бічних стовпів. На рис. 7-10 зображено моторні й сенсорні провідні шляхи спинного мозку.

Рисунок 7-7: Анатомічна будова першого (C1), другого (C2) і шостого (C6) хребців. А. Вигляд збоку В. Вигляд спереду С. Вигляд зверху

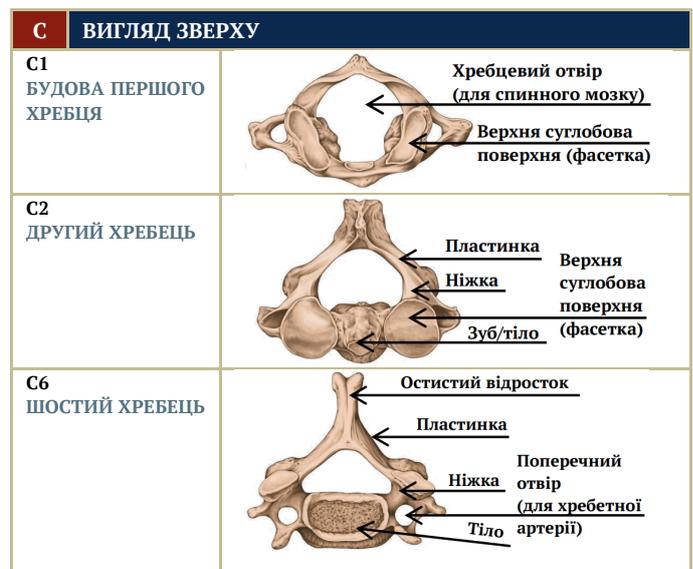
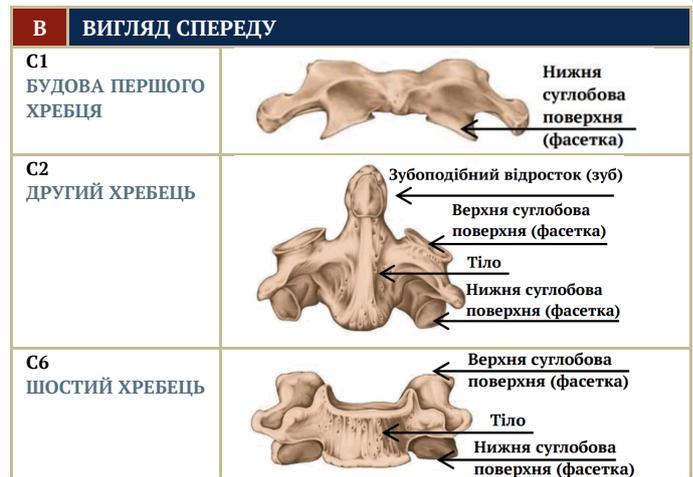
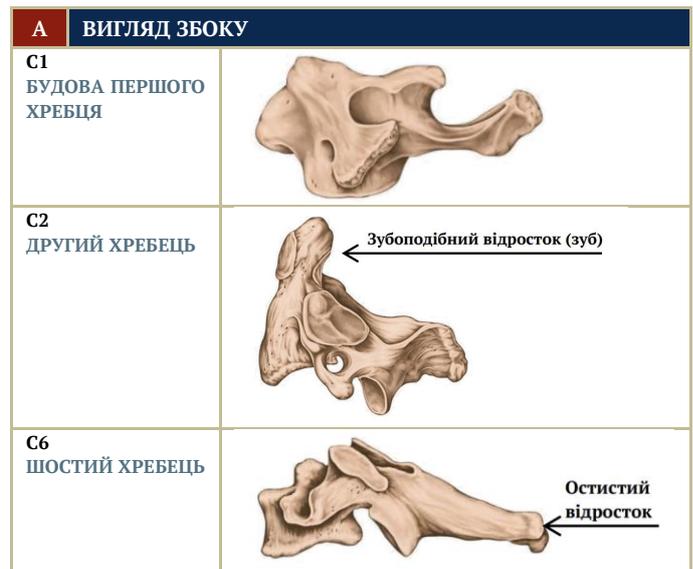


Рисунок 7-8: Перший шийний хребець (атлант) із зубоподібним відростком. Поперечна зв'язка стабілізує зубоподібний відросток.

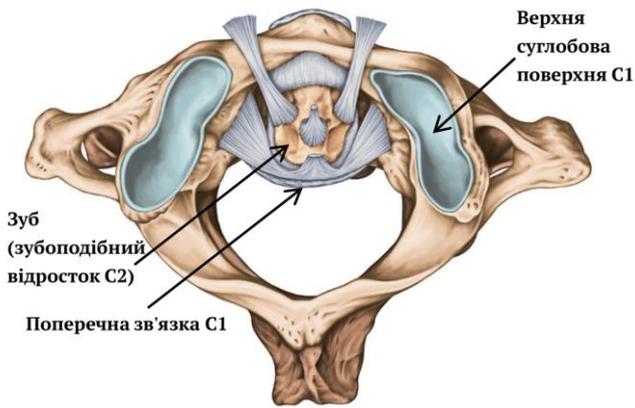


Рисунок 7-9: Зв'язки хребетного стовпа. А. Каркова зв'язка прикріплюється вздовж задньої поверхні шийного відділу хребта від потилиці до остистого відростка C7. В. Зв'язки поперекового відділу хребта. Ці зв'язки присутні по всьому хребту.

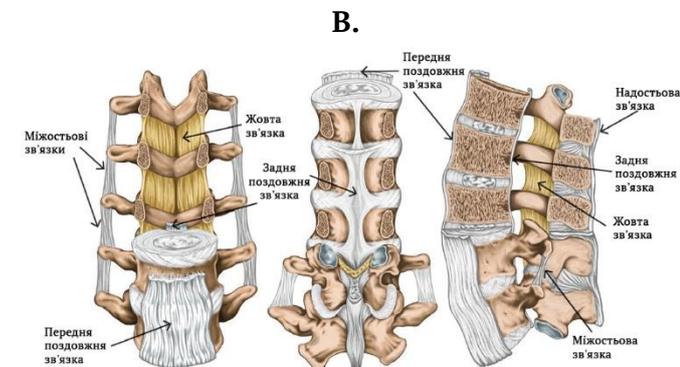
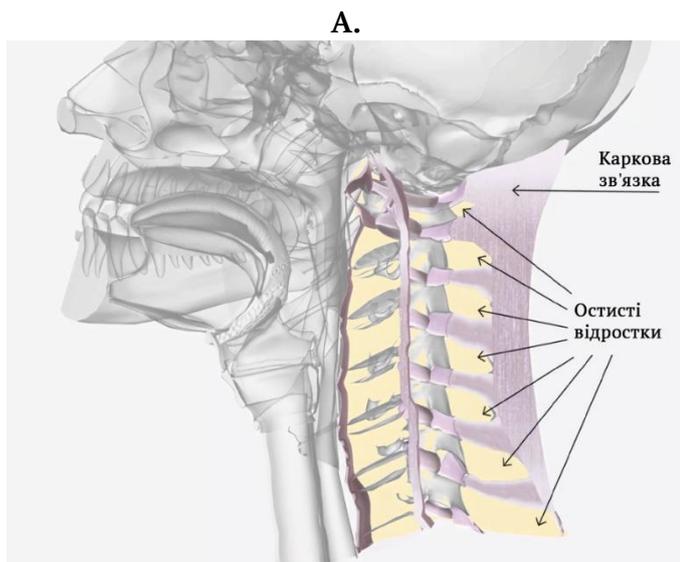
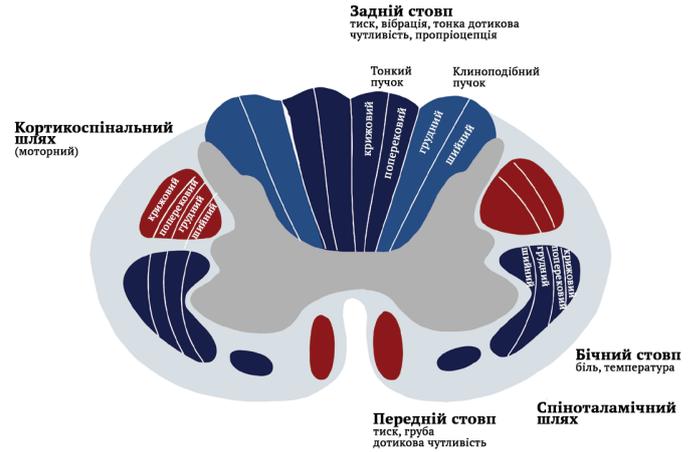


Рисунок 7-10: Моторні і сенсорні провідні шляхи спинного мозку.



ПАТОФІЗІОЛОГІЯ

Серед пацієнтів із травмою спинного мозку половина має ізольоване УСМ, тоді як чверть - супутні травми головного мозку, грудної клітки та кінцівок. УСМ при політравмі створює додаткові проблеми через потенційно шкідливий вплив інших травм, які призводять до вторинного ушкодження спинного мозку. Існує кілька механізмів виникнення УСМ при тупій чи проникаючій травмі хребта. У **табл. 7-1** наведено деякі механізми розвитку УСМ. Ураження виникають у ділянках, де хребет найбільш рухливий. Таким чином, травми шийного відділу хребта становлять понад 50% випадків. Ділянка С3-С7 більш схильна до травм, на неї припадає 65% переломів і 75% вивихів. Травми шийного відділу хребта мають вищі показники інвалідизації і смертності порівняно з травмами грудного або поперекового відділу. Найпоширеніші типи УСМ наведено в **табл. 7-2**.

Таблиця 7-1: Типи і механізми УСМ.

Типи і механізми УСМ	
Механізм	Опис
Пряма травма	Проникаюча або тупа травма може призвести до часткового або повного поперечного розсічення спинного мозку шляхом розриву, розтягування чи зміщення кісткових елементів хребта в спинномозковий канал.
Компресія (стиснення)	Масс-ефект гематоми спинномозкового каналу, такої як епідуральна гематома. У літніх людей зі спондилезом або остеоартритом хребта під час раптового розгинання шийного відділу спинний мозок може натягуватись або стискатись між переднім краєм тіла хребця і кальцифікованими зв'язками.
Забой	Спричинені вивихом, ретропульсією фрагментів перелому або підвивихом.
Травма судин	Переломи через поперечні отвори або вивих нижніх шийних хребців викликають розтягнення, розсічення або пряме ушкодження, що призводить до тромбозу хребетних артерій з наступною ішемією.

Таблиця 7-2: Відносна частота різних типів УСМ.

Відносна частота різних типів УСМ	
Поширені типи УСМ	Відсоток
Неповна тетраплегія	31%
Повна параплегія	25%
Повна тетраплегія	20%
Неповна параплегія	19%

УСМ = ушкодження спинного мозку

Нейрогенний шок

Нейрогенний шок – це дистрибутивний шок з гіпотензією та брадикардією,

спричинений втратою вазомоторного тонусу і симпатичної іннервації серця при ушкодженні спинного мозку вище рівня Т6. Переривання симпатичного ланцюга призводить до незбалансованого переважання тонусу блукаючого нерва. Низький артеріальний тиск може посилити первинне УСМ через зниження перфузії. Вища (ближче до голови) і масивніша УСМ, як правило, призводить до тяжчого, більш рефрактерного шоку. Серцево-судинні ефекти можуть наростати впродовж кількох годин або днів після травми і тривати від 1 до 3 тижнів. На відміну від геморагічного шоку, нейрогенний шок зазвичай призводить до гіпотензії та брадикардії з теплою і сухою шкірою. Під час оцінки і лікування потенційного нейрогенного шоку дотримуються мнемоніки ATLS (xABCDE).

Спінальний шок

Термін «спінальний шок» є некоректним і не має жодного стосунку до гемодинамічної нестабільності. Спінальний шок характеризується тимчасовою втратою м'язового тонусу і рефлексів дистальніше ділянки анатомічного ураження, що виникає одразу після травми. Ступінь вираженості спінального шоку залежить від тяжкості і швидкості настання травми. Спінальний шок може тривати від кількох днів до тижня або ще довше у критичних хворих через розвиток сепсису або полінейропатії. Оскільки рефлeksi дистальніше рівня травми відновлюються першими, повернення подошовного або бульбокавернозного рефлексу може свідчити про зникнення спінального шоку.

ОБМЕЖЕННЯ РУХЛИВОСТІ ХРЕБТА

Надмірні рухи хребта при травмі можуть погіршити існуюче УСМ або призвести до виникнення нового. Термін «обмеження рух хребта» (ОРХ) є кращим за «імобілізацію хребта», оскільки сучасні методи не здатні забезпечити повну його імобілізацію. У табл. 7-3 наведено деякі показання до ОРХ. Обмеження рухів можна досягнути за допомогою шийного коміра, спінальної дошки (використовується на короткий період, а не для тривалого транспортування), ковшових нош, вакуумної шини, вирівнювання в нейтральному положенні на каталці чи ношах або за

допомогою інших подібних пристроїв. ОРХ застосовується до всього хребта через високий ризик виникнення УСМ у різних (несуміжних) анатомічних ділянках. Шийний комір правильного розміру є компонентом ОРХ. Хребет обмежується в рухах шляхом вирівнювання в одній осі голови, шиї і тулуба. ОРХ не проводиться в положенні сидячи. Переміщення пацієнта з однієї поверхні на іншу виконується дуже обережно. Щоб мінімізувати рухи хребта в осі, для переміщення можна використовувати довгу спінальну дошку, ковшові носії або вакуумний матрац. **У випадку проникаючої травми рутинне ОРХ і застосування шийного комірця не застосовують.** Якщо результати клінічного огляду вказують на потенційну травму хребта,

може бути показане ОРХ і накладання шийного комірця.

У дітей шийний комір застосовують відповідно до рекомендацій Мережі прикладних досліджень екстреної педіатричної допомоги (англ., Pediatric Emergency Care Applied Research Network, PECARN). Частота суміжних і несуміжних багаторівневих травм хребта у дітей дуже низька. Щоб мінімізувати ризик утворення ран тиску (пролежнів) і дискомфорту у дітей, перевага надається вакуумним матрацам, а час перебування на дошці обмежений. У дітей молодшого віку співвідношення розміру голови до тулуба вище. У таких випадках можна додатково використати підкладку, щоб уникнути надмірного згинання шиї і досягти вирівнювання хребта в нейтральному положенні.

Таблиця 7-3: Показання до обмеження рухів хребта у випадку високоенергетичної тупої травми

Показання до обмеження рухів хребта у випадку високоенергетичної тупої травми	
Дорослі	Діти
<ul style="list-style-type: none"> • Гостре порушення свідомості (наприклад, менше 15 балів за ШКГ, можлива інтоксикація психоактивними речовинами) • Біль та/або чутливість при пальпації шиї або спини по серединній лінії • Вогнищеві неврологічні симптоми та/або чутливість при пальпації • Анатомічна деформація хребта • Обставини або травми, які відволікають увагу і перешкоджають надійному огляду (наприклад, перелом довгих кісток, скальпована або розчавлена травма, великі опіки, емоційний дистрес, комунікативний бар'єр) 	<ul style="list-style-type: none"> • Скарги на біль у шиї • Кривошия • Неврологічний дефіцит • Змінений психічний стан (менше 15 балів за ШКГ, можлива інтоксикація психоактивними речовинами, збудження, апное, сонливість) • ДТП, травма від сильного удару під час пірнання, значне травмування тулуба

ОЦІНКА НЕВРОЛОГІЧНОГО СТАТУСУ ПІД ЧАС ПЕРВИННОГО ОГЛЯДУ

Оцінка функції головного і спинного мозку проводиться під час етапу "D" первинного огляду. Якщо для забезпечення прохідності дихальних шляхів потрібно інтубувати пацієнта, перед введенням препаратів для швидкої послідовної інтубації корисним є швидке цілеспрямоване визначення реакції зіниць, грубої рухової та сенсорної функції кінцівок, а також оцінки за ШКГ.

Необхідно зібрати анамнез у бригади ЕМД, свідків або пацієнта (якщо ЧМТ легка або відсутня). Дані за прийом антикоагулянтів чи антитромбоцитарних препаратів є критично важливими у відповідних клінічних контекстах. У працівників ЕМД дізнаються орієнтовний час, що минув з моменту травми, бал за ШКГ на місці події, розмір зіниць та їх реактивність, а також будь-які зміни неврологічного статусу. Вся інформація документується. **Анамнез втрати свідомості з наступним опритомненням (світлий проміжок), після**

якого знову сталася втрата свідомості, корелює з наявністю та збільшенням ЕДГ.

Оцінюють пацієнта за ШКГ. Спочатку спостерігають за спонтанною активністю до нанесення стимулу. Далі подають вербальні стимули, одночасно спостерігаючи за відкриттям очей, вербальною відповіддю і рухами верхніх кінцівок. Коли немає реакції на вербальні стимули, застосовують інший стимул (наприклад, стискання кінчика пальця, натискання в ділянці над очною ямкою, щипання трапецієподібного м'яза), і реєструють відповіді. Тяжкість ушкодження головного мозку визначається загальним балом за ШКГ після ресусцитації за відсутності седативної і нервово-м'язової блокади. У **табл. 7-4** наведено оцінювання за ШКГ. У **табл. 7-5** наведено класифікацію ЧМТ відповідно до загального балу за ШКГ.

Розмір зіниць у стані спокою та їх реакцію на сильне світло оцінюють після обережного відкриття повік. Середні за розміром (4–5 мм) симетричні зіниці без реакції на світло можуть свідчити про травму середнього мозку. У міру вклинення мозку іпсилатеральна зіниця розширюється. При підозрі на внутрішньочерепне мас-ураження або УСМ шукають і документують асиметрію рухової відповіді (латералізацію). Фіксовані розширені зіниці обох очей пов'язані з поганим прогнозом.

Під час первинного огляду клініцист оцінює наявність асиметрії рухової та чутливої функцій, наприклад, відсутність рухів певної кінцівки або кінцівок з однієї сторони. Пацієнти з повним високим (проксимальним) УСМ можуть реагувати лише гримасою обличчя або рухами шиї.

Таблиця 7-4: Шкала ком Глазго. ШКГ складається з трьох компонентів: відкриття очей, вербальна відповідь і моторна відповідь. Оцінку визначають відповідно до найкращої відповіді, отриманої після тестування кожного компонента. Загальний бал за ШКГ визначається шляхом додавання кожної окремої оцінки. Якщо оцінити компонент неможливо, це також зазначають, вказуючи "НВ" (неможливо визначити). З трьох компонентів моторний компонент найбільше корелює з довгостроковими наслідками черепно-мозкової травми.

Шкала ком Глазго		
Компонент	Результат	Бал
Відкриття очей (англ., E - EYES)	Спонтанне	4
	На звук	3
	На тиск	2
	Відсутнє	1
	Неможливо визначити	НВ
Вербальна відповідь (англ., V - VERBAL)	Пацієнт орієнтований	5
	Сплутана розмова	4
	Окремі слова	3
	Окремі звуки	2
	Немає відповіді	1
	Неможливо визначити	НВ
Моторна реакція (англ., M - MOTOR)	Виконує команди	6
	Локалізує біль	5
	Нормальне згинання (з наступним відсмоктуванням кінцівки)	4
	Патологічне згинання	3
	Розгинання	2
	Рухи відсутні	1
	Неможливо визначити	НВ

Таблиця 7-5: Класифікація ЧМТ. Відповідно до суми балів за ШКГ ЧМТ можна розділити на три групи.

Класифікація ЧМТ за балами ШКГ	
Класифікація	Бал за ШКГ
Тяжка ЧМТ	≤ 8
ЧМТ середнього ступеня	9–12
ЧМТ легкого ступеня	13–15

ЧМТ – черепно-мозкова травма; ШКГ – шкала ком Глазго.

ОЦІНКА НЕВРОЛОГІЧНОГО ДЕФІЦИТУ ПІД ЧАС ВТОРИННОГО ОГЛЯДУ

Після завершення первинного огляду проводять вторинний огляд з повною оцінкою «від голови до ніг», оцінюючи і документуючи функції головного і спинного мозку. Більшість травм хребта виявляють та оцінюють під час вторинного огляду. **Коли механізм або інші фактори свідчать про потенційну травму хребта, пацієнту забезпечують ОРХ протягом усього вторинного огляду.** Як тупа, так і проникаюча травма можуть спричинити УСМ.

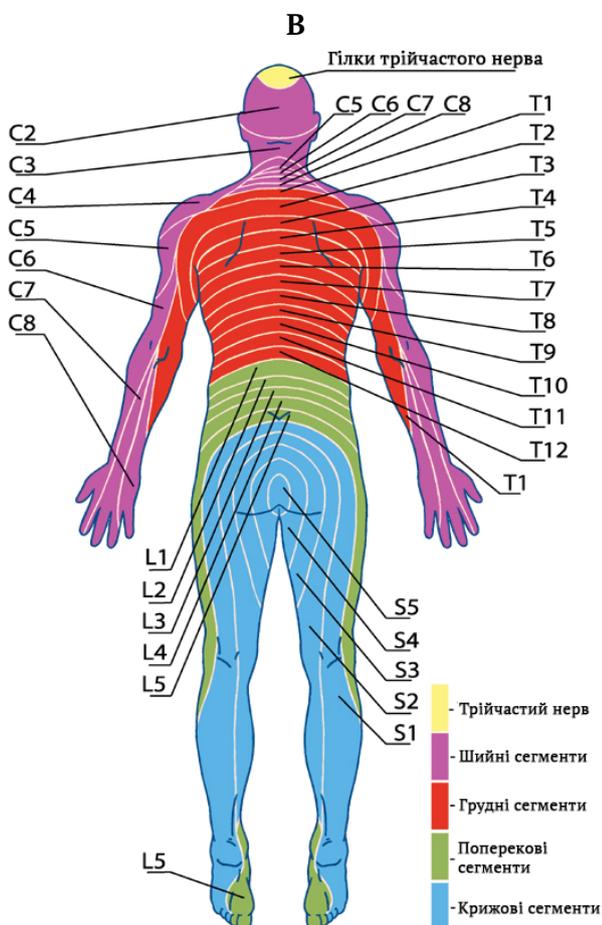
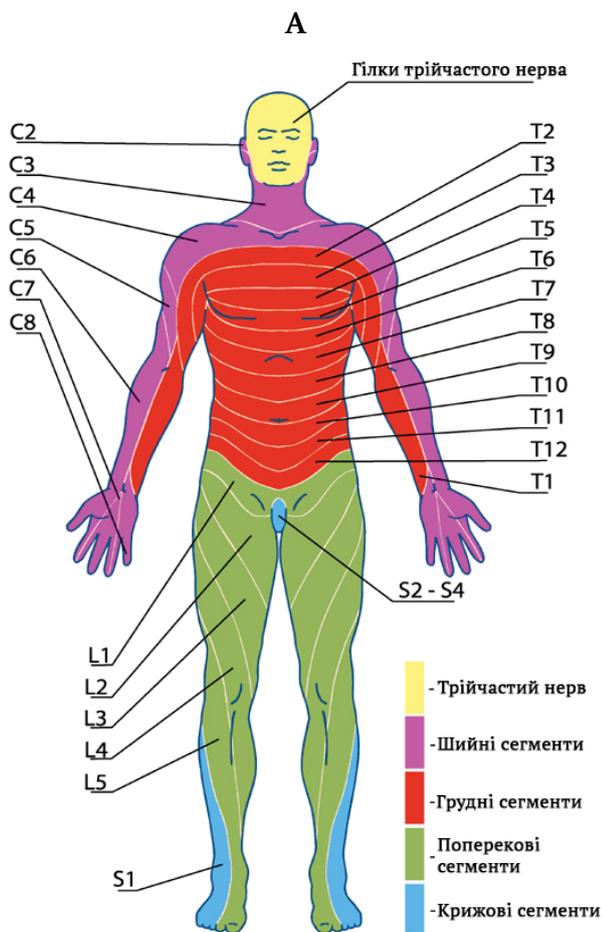
Пацієнту проводять зовнішній огляд голови і шиї з метою виявлення деформації черепа, відкритого перелому, вклинення головного мозку, рваних ран шкіри голови, витоку СМР з носа або вух, а також **ознак перелому основи черепа (наприклад, «очі єнота», ознака Баттла - синці в ділянці соскоподібного відростка).** Встановлюють і документують розташування проникаючих та інших поранень. Весь хребетний стовп і паравертебральну мускулатуру оглядають і пальпують на наявність

ділянок деформації або місцевої чутливості. При переломах або підвивихах хребців можна пропальпувати сходинкоподібне зміщення. **Порушення тазових функцій (втрата контролю над випорожненням чи сечопуском) і пріапізм є ознаками потенційної травми спинного мозку.** Зберігаючи ОРХ, делікатно пальпують задню поверхню шиї для оцінки ділянок деформації або місцевої чутливості.

УСМ можна класифікувати як неповне або повне, а також як параплегію (ушкодження грудного або поперекового відділу хребта) або квадриплегію/тетраплегію (травма шийного відділу хребта). **Наявність моторної або сенсорної функції каудальніше рівня травми вказує на неповне УСМ, ознаки якого включають збереження чутливості (включаючи відчуття положення кінцівки) або довільних рухів у нижніх кінцівках, збереження чутливості і/або рухових функцій крижової ділянки, довільне скорочення анального сфінктера і довільне згинання пальців стопи.** Збережені рефлeksi крижової зони (бульбокавернозний і анальний) не дають можливості виключити ушкодження крижової ділянки. **Рання точна документація чутливості і м'язової сили є дуже важливою для оцінки неврологічного покращення або погіршення при наступних оглядах.**

Чутливість оцінюють у кожному дерматомі. Дерматом - це ділянка шкіри, іннервована корінцем нерва певного сегмента спинного мозку. Сенсорний рівень визначають як найнижчий (найбільш каудально розміщений) дерматом з нормальною чутливою функцією; він часто може відрізнитися з обох боків тіла. **Рис. 7-11** ілюструє дерматоми спинного мозку. У **табл. 7-6** наведено розміщення кількох дерматомів спинного мозку.

Рисунок 7-11: Дерматоми спинного мозку. А. Передні. В. Задні.



Таблиця 7-6: Чутлива функція відносно до рівня спинного мозку (дерматоми).

Чутлива функція відносно до рівня спинного мозку (дерматоми)	
Дермато м	Іннервація
C5	Над дельтоподібним м'язом
C6	Великий палець
C7	Середній палець
C8	Мізинець
T4	Лінія сосків
T8	Мечоподібний відросток
T10	Пупок
T12	Лобковий симфіз
L4	Медіальна поверхня гомілки
L5	Простір між першим і другим пальцями стопи
S1	Латеральний край стопи
S3	Сіднична горбистість
S4 та S5	Перианальна ділянка

При дослідженні моторних функцій оцінюють відсутність або зниження обсягу рухів внаслідок ЧМТ з латералізацією або УСМ. При цьому систематично обстежують ключові групи м'язів кінцівок з обох сторін.

На рис. 7-12 зображено міотоми хребта. Сила м'язів оцінюється від нуля (параліч) до п'яти (нормальна сила). Проводиться ректальне обстеження й оцінка спинномозкових рефлексів. Наявність тонуусу ректального сфінктера і чутливості цієї ділянки можуть бути єдиними проявами збереження неврологічної функції каудальніше анатомічного рівня травми. Ці дані змінюють категорію травми з «повної» на «неповну», що має вагоме прогностичне значення і може вплинути на лікування. Перевіряють наявність або відсутність бульбокавернозного рефлексу. Може спостерігатися пріапізм, найчастіше при повному УСМ на рівні шийного відділу.

Бланк Міжнародних стандартів неврологічної класифікації ушкоджень спинного мозку, також відомий як шкала Американської асоціації травм хребта

(англ., American Spinal Injury Association, ASIA), є прийнятим стандартом для визначення рівня і ступеня травми. На рис. 7-13 зображено бланк для оцінки УСМ. Бал за шкалою ASIA виставляється на основі стандартизованого фізикального обстеження, що включає дослідження міотомів, дерматомів і тону м'язів прямої кишки. Функціональний прогноз при УСМ буває різним і залежить від тяжкості неврологічного ураження в початковий момент. Рівень ушкодження також пов'язаний із прогнозом. Неповне УСМ, як правило, має сприятливіший прогноз.

Рисунок 7-12: Міотоми спинного мозку.

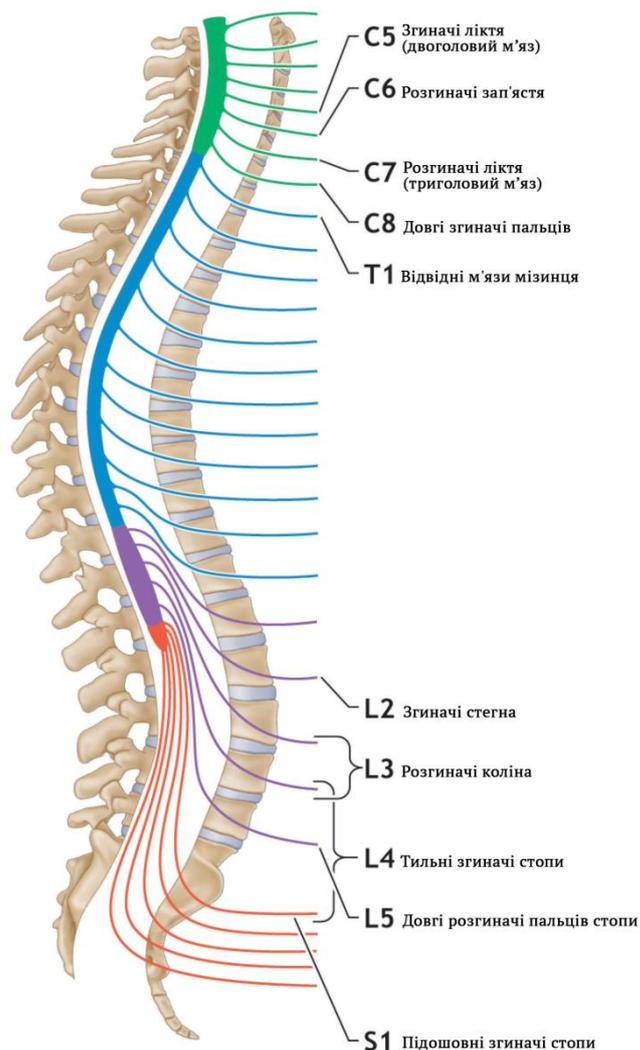


Рисунок 7-13: Бланк «Міжнародні стандарти неврологічної класифікації ушкоджень спинного мозку».



INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSCI)



INTERNATIONAL SPINAL CORD SOCIETY

Прізвище та ім'я пацієнта _____ Дата/час огляду _____

Прізвище та ім'я лікаря, який проводить огляд _____ Підпис _____

СПРАВА

МОТОРНА ФУНКЦІЯ КЛЮЧОВІ М'ЯЗИ

ПВК (Права верхня кінцівка)

ПНК (Права нижня кінцівка)

Довільне скорочення анального сфінктера (Так/Ні)

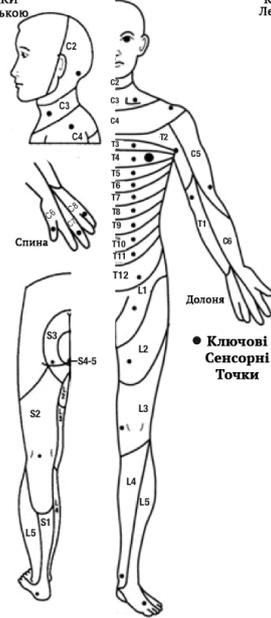
СУМА БАЛІВ ПРАВОЇ СТОРОНИ (МАКСИМУМ)

ОКРЕМІ БАЛИ ЗА РУХОВУ ФУНКЦІЮ (РФ)

БАЛ ПНК + **ЛВК** = **ЗАГАЛЬНИЙ БАЛ ВКРФ**

СЕНСОРНА ФУНКЦІЯ КЛЮЧОВІ СЕНСОРИ ТОЧКИ

Легкий дотик (ЛД) Укол шпилькою (УШ)



Ключові Сенсорні Точки

СЕНСОРНА ФУНКЦІЯ КЛЮЧОВІ СЕНСОРИ ТОЧКИ

Легкий дотик (ЛД) Укол шпилькою (УШ)

МОТОРНА ФУНКЦІЯ КЛЮЧОВІ М'ЯЗИ

ЛВК (Ліва верхня кінцівка)

ЛНК (Ліва нижня кінцівка)

Відчуття глибокого тиску в анальному каналі (Так/Ні)

СУМА БАЛІВ ЛІВОЇ СТОРОНИ (МАКСИМУМ)

ОКРЕМІ БАЛИ ЗА СЕНСОРНУ ФУНКЦІЮ (РФ)

БАЛ ЛД + **БАЛ УШ** = **ЗАГАЛЬНИЙ БАЛ ЛД/УШ**

НЕВРОЛОГІЧНІ РІВНІ

1. СЕНСОРИЙ П Л

2. МОТОРНИЙ П Л

3. НЕВРОЛОГІЧНИЙ РІВЕНЬ УШКОДЖЕННЯ (НРУ) П Л

4. ПОВНА ЧИ НЕПОВНА ВТРАТА ФУНКЦІЙ? П Л

5. ШКАЛА ВТРАТИ ФУНКЦІЙ ASIA (AIS) П Л

Оцінка функції м'язів

- 0 – повний параліч
 - 1 – пальповане або видиме скорочення
 - 2 – активні рухи, повний діапазон рухів (ДР) без впливу сили тяжіння (в горизонтальній площині)
 - 3 – активні рухи, повний ДР проти сили тяжіння
 - 4 – активні рухи, повний ДР проти сили тяжіння і поперечний опір у певному положенні м'язів
 - 5 – (Нормальний) активні рухи, повний ДР проти сили тяжіння і поперечний опір у функціональному положенні м'язів, очікуваний від людини без порушень
- НВ – неможливо визначити (через іммобілізацію, сильний біль, який порушує очікування, ампутацію кінцівки або контрактуру > 50% від нормального ДР) 0*, 1*, 2*, 3*, 4*, НВ* – порушення стану без УСМ

Оцінка сенсорної функції

- 0 – відсутня 1 – змінена (порушена, знижена або підвищена чутливість)
 - 2 – нормальна НВ – неможливо визначити
 - 0*, 1*, НВ* – порушення стану без УСМ
- *Примітка: Патологічні показники рухів і чутливості слід позначати зірочкою (*), таким чином вказуючи на порушення стану, не пов'язане з УСМ. Примітку потрібно поєднати в полі для коментарів разом з інформацією про те, як оцінюється показник в цілях класифікації (хоча б, нормальний/патологічний).

Коло перевіряти неключові м'язи:

У пацієнта з очевидною класифікацією В за AIS слід перевірити функції неключових м'язів більш ніж на три рівні нижче визначеного моторного рівня з кожного боку, щоб найточніше класифікувати травму (диференціювати AIS В і С).

Рух	Рівень корінця
Плече: Згинання, розгинання, приведення, відведення, внутрішнє і зовнішнє обертання	C5
Лікоть: Супінація	C5
Лікоть: Пронація	C6
Зап'ястя: Згинання	C6
Палець: Згинання в проксимальному суглобі, розгинання	C7
Великий палець: Згинання, розгинання і відведення в площині великого пальця	C7
Палець: Згинання в п'ястково-фаланговому суглобі	C8
Великий палець: Протиставлення, приведення і відведення перпендикулярно до долоні	C8
Палець: Відведення аказіаного пальця	T1
Стегно: Приведення	L2
Стегно: Зовнішнє обертання	L3
Стегно: Розгинання, відведення, внутрішнє обертання	L3
Коліно: Згинання	L4
Спина: Інверсія й еверсія	L4
Пальці стопи: Розгинання в ступнево-фаланговому та міжфалангових суглобах	L4
Великий палець стопи та інші пальці на ногах: Згинання і відведення дистальних і проксимальних міжфалангових суглобів	L5
Великий палець стопи: Приведення	S1

Шкала втрати функцій ASIA (англ., ASIA Impairment Scale, AIS)

- A – Повна втрата функцій.** Відсутність сенсорної чи моторної функції в кривих сегментах S4-S5.
 - B – Неповна втрата сенсорної функції.** Сенсорна (але не моторна) функція збережена нижче неврологічного рівня ушкодження (НРУ) й охоплює криві сегменти S4-S5 (легкий дотик або укол шпилькою на рівні S4-S5 або відчуття глибокого тиску в анальному каналі). А ТАКОЖ повна відсутність моторної функції на три рівні нижче визначеного моторного рівня з кожної сторони.
 - C – Неповна втрата моторної функції.** Моторна функція збережена в найбільш каудальних кривих сегментах у вигляді довільного скорочення анального сфінктера АБО пацієнт відповідає критеріям неповної втрати сенсорної функції (сенсорна функція збережена в найбільш каудально розташованих кривих сегментах S4-S5 – визначення за допомогою ЛД, УШ або відчуття глибокого тиску в анальному каналі) і має дещо збережену моторну функцію на три рівні нижче імпідаментального моторного рівня з кожного боку. (Охоплює дослідження ключових або неключових м'язів для визначення неповної втрати моторної функції). Для AIS класу C – функції менше половини ключових м'язів нижче одного НРУ оцінені у 2-3 бали (за шкалою оцінки м'язових функцій).
 - D – Неповна втрата моторної функції – описаний вище стан, при якому функції половини і більше ключових м'язів нижче одного НРУ оцінені у три або більше балів (за шкалою оцінки м'язових функцій).**
 - E – Нормальна функція.** Якщо сенсорна і моторна функція, перевірені за допомогою бланка «Міжнародні стандарти неврологічної класифікації ушкоджень спинного мозку», оцінені як нормальні у всіх сегментах, і поперечно у пацієнта була неврологічний дефіцит, тоді клас за AIS буде E. Особа без первинної підсири на УСМ не класифікується за AIS.
- Позначення "НВ" (неможливо визначити) використовують для документування рівнів сенсорної, рухової і неврологічного рівня ушкодження, класифікації за AIS та/або рівня часткового збереження функцій, у випадку, якщо їх неможливо визначити на основі результатів обстеження.

Кроки категоризації

Для визначення категорії пацієнтів з УСМ рекомендований наступний порядок.

1. **Визначте сенсорні рівні на правій і лівій стороні.** Сенсорний рівень – це найбільш каудальний інтактний дерматом з збереженим відчуттям уколу шпилькою і легкого дотyku.
2. **Визначте моторні рівні на правій і лівій стороні.** Іх виявляють збереженою функцією ключового м'язу на найнижчому рівні з оцінкою щонайменше 3 (при тестуванні в положенні лежачи на спині, за умови, що функції ключових м'язів, представлені сегментами вище цього рівня, оцінюються як неушкоджені (5 балів)).
Примітка: в ділянках, де немає міотому для обстеження, моторний рівень вважається таким самим, як сенсорний, якщо тестована моторна функція вище цього рівня також нормальна.
3. **Визначте неврологічний рівень ушкодження (НРУ).** Це стосується найбільш каудально розташованого сегмента спинного мозку з неушкодженою чутливістю і силою м'язової функції три бали або більше (активні рухи проти сили тяжіння) за умови нормального (інтактного) відношення сенсорної і моторної функцій кривих сегментів.
НРУ – найбільш краниально розташований сенсорний або моторний рівень, визначений у кроках 1 і 2.
4. **Визначте, чи є ушкодження повним чи неповним (наприклад, відсутність або наявність функцій у кривій ділянці)** Якщо довільне скорочення анального сфінктера відсутнє, А ТАКОЖ всі сенсорні бали S4-S5 = 0, А ТАКОЖ легкий тиск в анальному каналі не відновлюється, то ушкодження є повним. В іншому випадку ушкодження є неповним.
5. **Визначте клас за AIS.**

Чи є травма повною? Якщо ТАК, AIS-A

НІ ↓

Чи є повна втрата моторної функції? ЯКЩО ТАК, AIS-B

НІ ↓ (Ні – присутнє довільне скорочення анального сфінктера АБО моторна функція на три рівні нижче моторного рівня на даній стороні, якщо у пацієнта є неповна відсутність сенсорної функції)

Чи прийнятні половина (або більше) ключових м'язів нижче неврологічного рівня ушкодження має 3 бали або вище?

НІ ↓ AIS-C ТАК ↓ AIS-D

Якщо сенсорна і моторна функція збережені у всіх сегментах, AIS-E
Примітка: Клас E за AIS використовують з метою подальшого спостереження, каудально розташовані відносно сенсорного та моторного рівнів, які залишаються частково іннервованими. При збереженні сенсорної функції кривих сегментів AIS не оцінюється, тому в бланці записується "Н3". Відповідно, якщо присутнє довільне скорочення анального сфінктера, моторна 3Ч3 не оцінюється і позначається як "Н3".



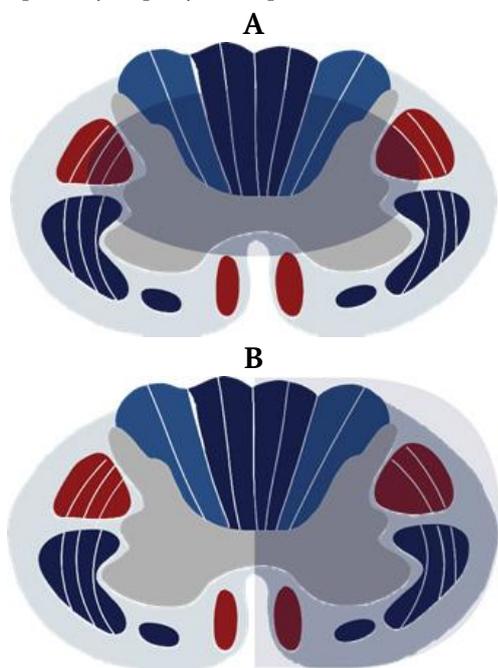
СИНДРОМИ УСМ

Синдроми УСМ виникають при неповному ушкодженні і проявляються специфічними патернами неврологічного дефіциту. На **рис. 7-14** наведено кілька синдромів УСМ. Інші стани, такі як синдроми переднього і заднього відділів спинного мозку, рідко зустрічаються у травмованих пацієнтів і зазвичай зумовлені судинною патологією.

СИНДРОМ УШКОДЖЕННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ СПИННОГО МОЗКУ

Синдром ушкодження центральної частини спинного мозку становить 15%–25% усіх УСМ. Він пов'язаний з надмірним розгинанням шийного відділу хребта у пацієнтів з існуючим до травми стенозом хребетного каналу. Таким чином, синдром частіше зустрічається у пацієнтів старшого віку. Моторний дефіцит непропорційно виражений у верхніх кінцівках порівняно з нижніми. Спостерігаються різні ступені порушення чутливості і тазових функцій.

Рисунок 7-14: Синдроми ушкодження спинного мозку. Затінені ділянки представляють локалізацію ушкодження. А. Синдром ушкодження центральної частини спинного мозку. Обстеження виявляє непропорційно виражену слабкість верхніх кінцівок, порушення функцій сечового міхура і мінливу сенсорну дисфункцію. Б. Синдром Броун-Секара. Огляд виявляє іпсилатеральну втрату чутливості нейронів заднього стовпа, контралатеральну втрату чутливості нейронів спіноталамічного шляху та іпсилатеральну втрату моторики.



СИНДРОМ БРОУН-СЕКАРА

Синдром Броун-Секара – це рідкісне неповне ушкодження спинного мозку, яке становить 4% УСМ. Зазвичай виникає внаслідок вогнепального або ножового поранення, яке призводить до ушкодження тканини спинного мозку з одного боку. Клінічні ознаки синдрому Броун-Секара такі:

- Іпсилатеральна втрата вібраційної чутливості, пропріоцепції і відчуття тонкого дотику (чутливі нейрони заднього стовпа)
- Контралатеральна втрата больової, температурної чутливостей і відчуття грубого дотику (чутливі нейрони спіноталамічного шляху)
- Іпсилатеральна втрата рухової функції (ушкодження кортикоспінального шляху)

ТРАВМИ ПЕРИФЕРИЧНИХ НЕРВІВ

У результаті тупої чи проникаючої травми можуть бути ушкоджені периферичні нерви. Ушкодження периферичного нерва (УПН) може призвести до стійкої інвалідизації і зниження якості життя. Діагностувати ушкодження такого типу стає можливим завдяки ретельному неврологічному огляду. УПН асоційоване з травмами артерій, вен і вивихами суглобів. Якщо вивих асоційований з УПН, проводять екстрену репозицію. У випадку виявлення УПН проводять консультацію з нейрохірургом, який спеціалізується на периферичних нервах.

ДОПОМІЖНІ МЕТОДИ

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ЯК ДОПОМІЖНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ СТАНУ

З метою комплексної оцінки ушкоджень головного, спинного мозку і хребта проводять радіологічне обстеження. Однак перед транспортуванням для візуалізації потрібно закінчити первинний огляд за алгоритмом хABCDE, стабілізувавши дихання і кровообіг пацієнта. У випадку значної зміни стану свідомості (12 і менше балів за ШКГ) або травми високого ризику (вибухи, зіткнення автомобілів на високій швидкості та падіння з великої висоти) оцінку, зазвичай, проводять за допомогою мультиспіральної КТ всього тіла, якщо вона є доступною. За умови показань до переведення на вищий рівень медичної

допомоги візуалізація не повинна затримувати транспортування.

ЧЕРЕПНО-МОЗКОВА ТРАВМА

Кращим методом візуалізації ЧМТ є безконтрастна КТ головного мозку. Її переваги включають доступність, швидкість, економічну ефективність і високу чутливість у виявленні гострих внутрішньочерепних ушкоджень, таких як крововилив, набряк, зміни об'єму та переломи черепа. У клінічних настановах Американської колегії лікарів з медицини невідкладних станів (англ., American College of Emergency Physicians, ACEP) 2023 року був здійснений перегляд інструментів для прийняття рішень щодо КТ голови, таких як Канадське правило (англ., Canadian CT Head Rule), Новоорлеанські критерії, а також критерії NEXUS. Зведені показання для скерування на КТ голови наведено в табл. 7-7. **Якщо пацієнт має 12 і менше балів за ШКГ, це є показанням до проведення КТ голови, оскільки понад 80% таких пацієнтів мають ушкодження головного мозку.**

ІНТЕРПРЕТАЦІЯ КТ ГОЛОВИ

ЧМТ – це гетерогенний стан з різними рентгенологічними моделями травм, такими як перелом черепа, ЕДГ, СДГ, тСАК, геморагічні забої, вогнищеві та дифузні патерни аксональних ушкоджень і набряк головного мозку. Оптимальними є оцінка комп'ютерних томограм кваліфікованим радіологом і швидке (не пізніше 1 год) отримання результатів. Безконтрастна КТ надає цінну інформацію для оцінки ВЧТ, що дозволяє лікарям своєчасно розпочати стратегії його зниження ще до переведення у травматологічний або нейрохірургічний центр. Свіжа кров має підвищену щільність (виглядає білою) на комп'ютерних томограмах.

Виявлення гострих гематом і швидке скерування на можливе нейрохірургічне втручання є життєво важливими для збереження оптимального потенціалу одужання. ЕДГ має лінзоподібну форму й підвищену щільність. Вона не перетинає лінії черепних швів. СДГ має підвищену щільність, увігнуту (серпоподібну) форму і перетинає лінії черепних швів. Забої головного мозку – це неоднорідні ураження підвищеної щільності і

різного розміру. Забої можуть прогресувати (збільшення крововиливу, асоційованого набряку і вираженості клінічних проявів) впродовж кількох годин після травми. тСАК передбачає наявність крові в субарахноїдальному просторі. Характер крові при САК внаслідок розриву аневризми відрізняється; зазвичай кров знаходиться в базальних цистернах. Дифузне аксональне ушкодження (ДАУ) проявляється у вигляді петехіальних вогнищ підвищеної щільності в підкірковій білій речовині. **Рис. 7-15** ілюструє вигляд різних травматичних внутрішньочерепних крововиливів на КТ. МРТ головного мозку є більш чутливим методом візуалізації для діагностики та оцінки ДАУ.

Таблиця 7-7: Показання до КТ голови

Показання до КТ голови	
Вік >16 із ВС або ПТА (CDC / ACEP)	Розгляньте КТ, якщо не було ВС чи ПТА
Бал за ШКГ < 15	Бал за ШКГ ≤15
Вік понад 60 років	Вік >65
Фізичні ознаки ушкодження вище ключиці	Коагулопатія, прийом антикоагулянтів
Коагулопатія (МНВ вище терапевтичного рівня або тромбоцитопенія)	Вогнищевий неврологічний дефіцит
Головний біль	Сильний головний біль
Блювота	Блювота
Алкогольна чи наркотична інтоксикація	Ознаки перелому основи черепа
Дефіцит короткочасної пам'яті	Викидання з транспортного засобу
Посттравматичний епілептичний напад	Пішохід збитий транспортним засобом
Вогнищевий неврологічний дефіцит	Падіння з 5 сходинок або з висоти >1 м

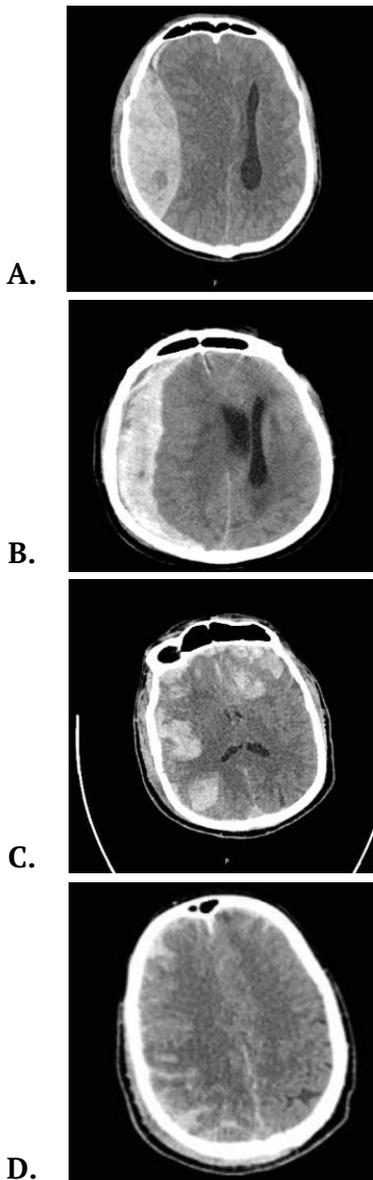
КТ - комп'ютерна томографія; ВС - втрата свідомості; ПТА - посттравматична амнезія; CDC - Центр контролю і профілактики захворювань; ACEP - Американська колегія лікарів з медицини

невідкладних станів; ШКТ - шкала ком Глазго, МНВ - міжнародне нормалізоване відношення.

Використано з дозволу Elsevier, from American College of Emergency Physicians Clinical Policies Subcommittee (Writing Committee) on Mild Traumatic Brain Injury, Valente JH, Anderson JD, et al. Clinical Policy: Critical Issues in the Management of Adult Patients Presenting to the Emergency Department With Mild Traumatic Brain Injury: Approved by ACEP Board of Directors, February 1, 2023 Clinical Policy Endorsed by the Emergency Nurses Association (April 5, 2023). Ann Emerg Med. 2023;81(5):e63-e105.

Рисунок 7-15: Комп'ютерні томограми різних типів посттравматичних внутрішньочерепних крововиливів:

А. Епідуральна гематома справа. В. Опукла субдуральна гематома головного мозку справа. С. Множинні забої головного мозку. D. Травматичний субаракноїдальний крововилив. Е. Дифузне аксональне ушкодження: ураження в ділянці глибокої сірої речовини та на межі сірої й білої речовини з наявністю петехіальних крововиливів.



Е.



Повітря має дуже низьку щільність, виглядаючи чорним на безконтрастній КТ. Пневмоцефалія (повітря у порожнині черепа) спостерігається при відкритому переломі черепа, черепно-лицевій травмі та ушкодженні пазух.

Безконтрастна КТ голови може надати інформацію про ВЧТ. КТ-ознаки критично підвищеного ВЧТ включають стиснення або й відсутність цистерн, зміщення середньої лінії понад 5 мм і втрату диференціації сірої та білої речовини. На **рис. 7-16** зображені результати КТ голови при нормальному і підвищеному ВЧТ. Стиснення або відсутність базальних цистерн має чутливість 86% і специфічність 61% щодо підвищеного ВЧТ, тоді як зміщення середньої лінії демонструє чутливість 81% і специфічність 43%.

ТРАВМА ХРЕБТА

Клінічне виключення ушкодження шийного відділу хребта

Систематичний клінічний огляд і належна рентгенологічна оцінка є критично важливими для виявлення значного ушкодження хребта. **Наявність неврологічного дефіциту, болючість шийного відділу хребта або скарги на біль у шиї є показаннями до радіологічної візуалізації.** У випадках з низьким ризиком травмування шийного відділу хребта обмеження рухів у цій ділянці (за допомогою коміра чи інших пристроїв) можна припинити без радіологічної візуалізації після належного застосування інструментів клінічного скринінгу, таких як Канадське правило для шийного відділу хребта (англ., Canadian C-Spine Rule, CCR) і критерії Національного дослідження використання рентгенографії в екстрених випадках (англ., Canadian C-Spine Rule, NEXUS). На **рис. 7-17** зображено CCR.

Рис. 7-18 ілюструє критерії NEXUS. Описаний понад 20 років тому, цей метод прийняття рішень показав відмінну чутливість за умови дотримання критеріїв виключення. Критерії виключення CCR включають вік більше 65 років, менше 15 балів за ШКГ, порушення гемодинаміки і небезпечний механізм травмування. **Критерії CCR і NEXUS не використовують у дітей і людей похилого віку, оскільки для цих популяцій існують обмежені дані, а результати продемонстрували мінливу або низьку ефективність.**

Якщо відповідно до критеріїв NEXUS та CCR візуалізація не показана, ушкодження шийного відділу хребта може бути клінічно виключене за допомогою обстеження. Для проведення даного обстеження клініцист послаблює пристрій фіксації шиї, за можливості лишаючи його на тілі, поки асистент забезпечує ОРХ в шийному відділі. Клініцист пальпує задню частину шиї, оцінюючи кожен хребець на предмет цілісності і

болю. Якщо немає болю або чутливості по серединній лінії, пристрій знімають, і пацієнта просять продемонструвати активний (тобто без допомоги клініциста) повний діапазон рухів шиї. Належний рух включає згинання, розгинання і повороти в обидві сторони на 45 градусів. Якщо пацієнт не відчуває біль і не має інших неврологічних симптомів під час рухів головою, пристрій для обмеження рухів шийного відділу хребта можна зняти. Якщо діапазон активних рухів головою обмежений, використання пристрою продовжується; такому пацієнту показані подальші діагностичні процедури. Крім цього, якщо КТ негативне щодо травми, а фізикальне обстеження достовірне, ушкодження шийного відділу хребта можна виключити за тим самим методом клінічного огляду. Конкретні критерії NEXUS для визначення достовірності фізикального обстеження перераховані на **рис. 7-18**.

Рисунок 7-16: Деякі критично важливі ознаки на КТ при ЧМТ: А. Стрілка вказує на нормальні, відкриті базальні цистерни. В. Стрілка вказує на згладжені базальні цистерни. С. Нормальний великий потиличний отвір, стрілка вказує на обідок спинномозкової рідини на рівні переходу довгастого мозку в спинний. D. Стрілка вказує на набряк в ділянці великого потиличного отвору. Е. Відсутнє зміщення серединної лінії. F. Зміщення серединної лінії, стрілка вказує на прозору перегородку (лат., septum pellucidum) і субдуральну гематому зліва.

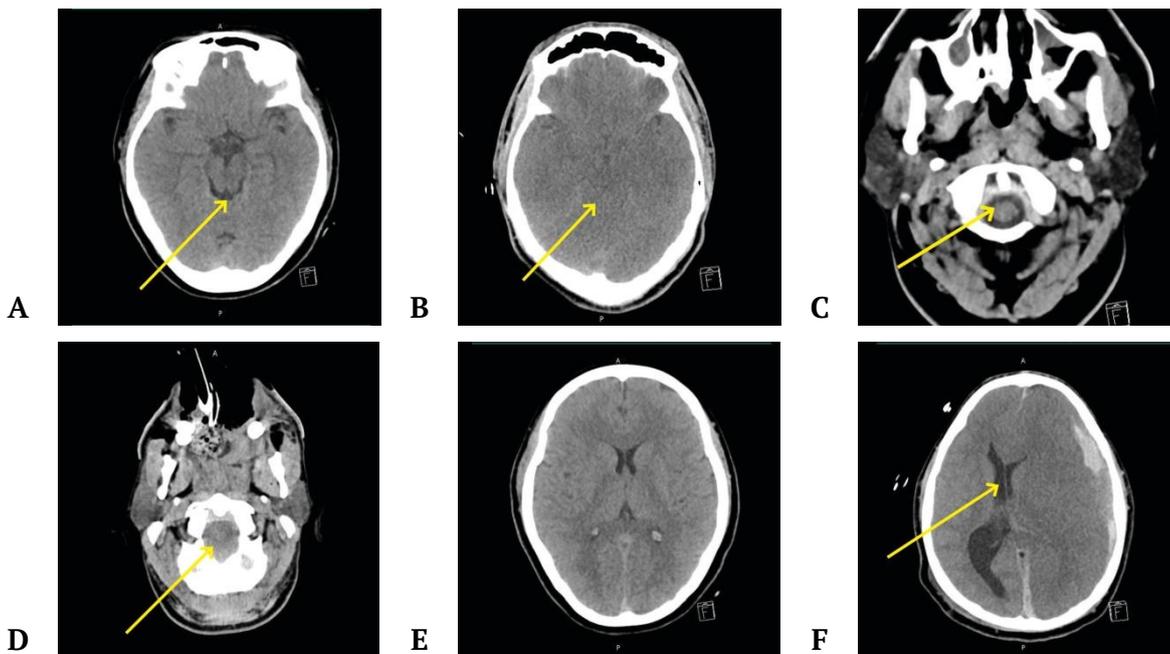
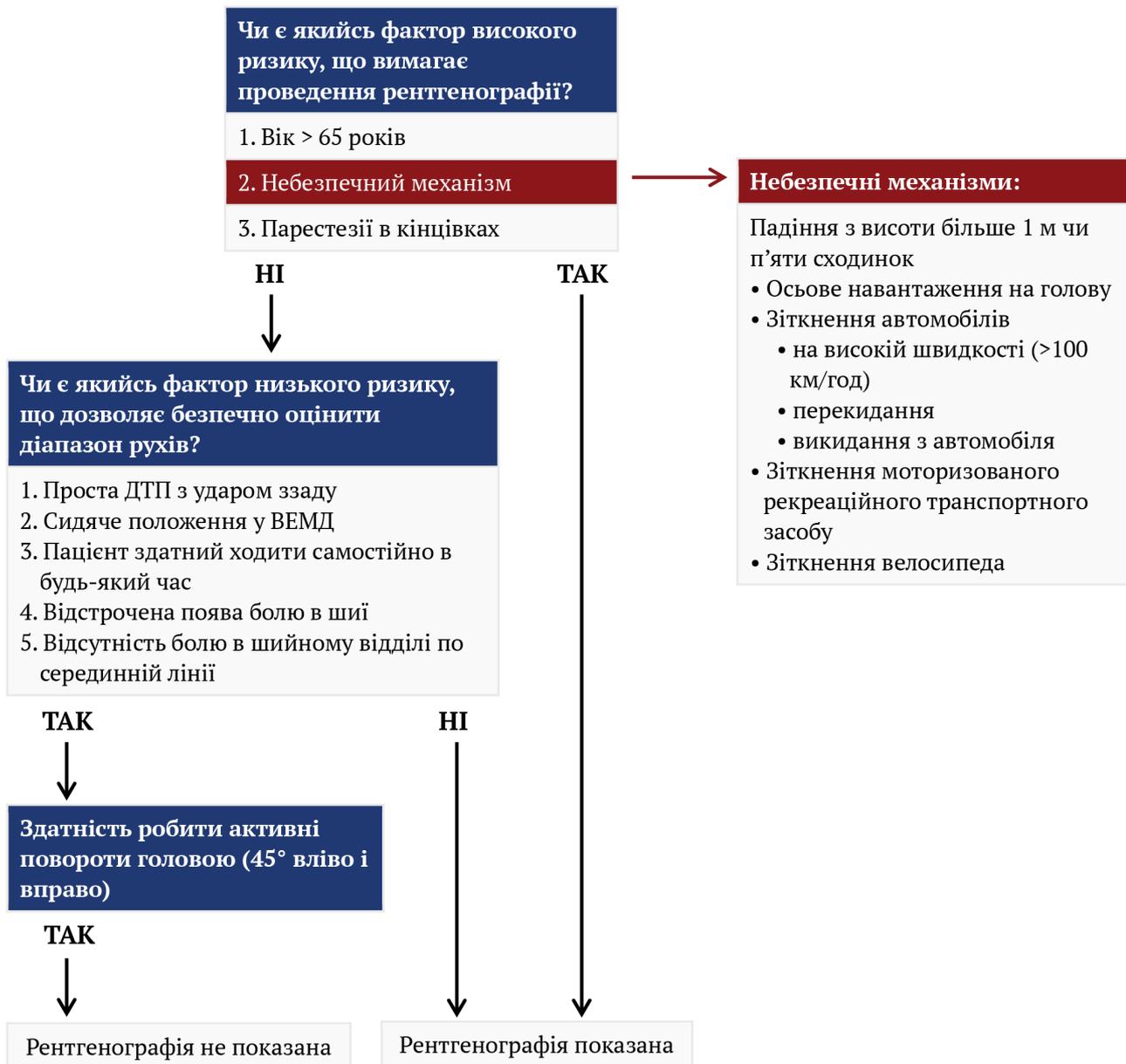


Рисунок 7-17: Канадське правило для шийного відділу хребта (англ., Canadian C-Spine Rule, CCR). Клінічний інструмент для прийняття рішень при оцінці шийного відділу хребта. ДТП - дорожньо-транспортна пригода; ВЕМД - відділення екстреної медичної допомоги. Адаптовано зі Stiell IG, Wells GA, Vandemheen KL, et al. The Canadian C-Spine rule of radiography in alert and stable trauma patients. JAMA. 2001;286:1841–1848.

Канадське правило для шийного відділу хребта (CCR)

Для притомних, орієнтованих (ШКГ=15), стабільних травмованих пацієнтів з підозрою на ушкодження шийного відділу хребта.



Адаптовано з дозволу JAMA, from The Canadian C-Spine Rule for Radiography in Alert and Stable Trauma Patients, Stiell, Ian G.; Wells, George A., 286, 2001; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

Рисунок 7-18: Критерії і мнемоніка Національного дослідження використання рентгенографії в екстрених випадках (англ., National Emergency X-Radiography Utilization Study, NEXUS). Клінічний інструмент для прийняття рішень при оцінці шийного відділу хребта. Адаптовано з Hoffman JR, Mower WR, Wolfson AB, et al. Validity of a set of clinical criteria to rule out injury to the cervical spine in patients with blunt trauma. National Emergency X- Radiography Utilization Study Group. N Engl J Med 2000;343:94–99.



Мнемоніка NEXUS

N	Neuro deficit - Неврологічний дефіцит
E	EtOH (alcohol)/intoxication - Етанол (алкоголь)/інтоксикація
X	eXtreme distracting injury - Відволікаюча травма кінцівки
U	Unable to provide history (altered level of consciousness) - Неможливо отримати анамнез (зміна рівня свідомості)
S	Spinal tenderness (midline) - Болісна чутливість хребта (по серединній лінії)

Пояснення:

Опис критеріїв наведений тут лише з метою їх пояснити. Точного визначення для кожного критерію NEXUS не існує; усе залежить від інтерпретації окремими лікарями.

1. Про болісну чутливість по серединній лінії задньої поверхні шийного відділу хребта говорять, якщо пацієнт скаржиться на біль при пальпації задньої поверхні шиї по серединній лінії, від потиличної кістки до виступу першого грудного хребця, або якщо пацієнт демонструє больові відчуття при прямій пальпації остистого відростка одного з шийних хребців.
2. Про інтоксикацію говорять, якщо у пацієнта є будь-який із наступних симптомів:
 - Дані про нещодавнє вживання алкоголю чи прийом психоактивних речовин, отримані від пацієнта або спостерігача.
 - Наявні ознаки інтоксикації при фізикальному огляді, такі як запах алкоголю, сплутана мова, атаксія, дизметрія або інші ознаки порушення мозочкової функції, а також поведінка, що відповідає інтоксикації. Про ознаки інтоксикації також говорять, якщо аналізи біологічних рідин організму є позитивними на наявність речовин (включно з алкоголем), які впливають на рівень свідомості.
3. Змінений рівень свідомості може включати:
 - 14 і менше балів за ШКГ
 - Порушення орієнтації в особі, місці, часі або події
 - Нездатність запам'ятати 3 об'єкти за 5 хвилин
 - Сповільнена або неадекватна реакція на зовнішні подразники
 - Інше
4. Будь-яка вогнищева неврологічна скарга (анамнестично) або знахідка (при моторному або сенсорному обстеженні).
5. Точне визначення болючого ушкодження, яке відволікає увагу пацієнта, неможливе. Це включає будь-який стан, який, на думку клініциста, викликає біль, достатній, щоб відволікти увагу пацієнта від іншої травми (шиї). Приклади можуть включати наступні (але не обмежуються ними):
 - Перелом довгих кісток
 - Ушкодження внутрішніх органів, що потребують консультації хірурга
 - Велика рвана, скальпована або розчавлена травма
 - Великі опіки
 - Будь-яка інша травма, що спричиняє гостре порушення функції

Лікарі також можуть класифікувати будь-яку травму як відволікаючу, якщо вважають, що вона може погіршити здатність пацієнта оцінювати інші ушкодження.

Використано з дозволу Hoffman JR, Mower WR, Wolfson AB, et al. Validity of a set of clinical criteria to rule out injury to the cervical spine in patients with blunt trauma. National Emergency X-Radiography Utilization Study Group. N Engl J Med. 2000; 343:94–99. permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

Методи візуалізації хребта

Мультиспіральна КТ з коронарною і сагітальною реконструкціями є методом вибору візуалізації для оцінки шийного та грудноперекевого відділів хребта. Оглядові рентгенограми мають обмежену роль у первинній оцінці хребта через низьку чутливість. Травми шийного відділу хребта трапляються приблизно у 10% пацієнтів з тупою ЧМТ. Зважаючи на це, візуалізація шийного відділу хребта показана при ЧМТ середнього і тяжкого ступеня. Крім того, **приблизно у 10% пацієнтів з переломом шийного відділу хребта спостерігається інший, не суміжний з першим, перелом. Через це пацієнтам з підозрою на ушкодження шийного відділу хребта доцільно виконати рентгенографію всього хребта.** Шийний відділ хребта візуалізують від з'єднання голови з шиєю до шийно-грудного переходу з зображеннями в аксіальній, коронарній і сагітальній площинах.

Коли КТ недоступна, виконують рентгенофію шийного відділу хребта, візуалізуючи ділянку від потилиці до Т1 у бічній, прямій та одонтоїдній (через відкритий рот) проєкції. Правильно зроблений у бічній проєкції знімок охоплює основу черепа, всі сім шийних хребців та перший грудний хребець. Плечі можна опустити вниз (каудально), щоб належно продемонструвати нижню частину шийного відділу хребта. Якщо на рентгенограмі в бічній проєкції не візуалізуються всі шийні хребці, можна виконати знімок у проєкції "плавця" (англ., swimmer's view). Таким чином можна оцінити нижні шийні і верхні грудні хребці. Одонтоїдна (через відкритий рот) проєкція дозволяє візуалізувати зубоподібний відросток, а також праві і ліві суглобові з'єднання С1 і С2. Пряма проєкція слугує для виявлення

однобічного зміщення фасеткового суглоба, коли це складно зауважити (майже або зовсім не видно) у боковій проєкції. МРТ спинного мозку, зазвичай, у гострих умовах не застосовується; це обстеження виконують на вимогу спеціалістів хірургічного профілю після вторинного огляду і переведення в травма-центр вищого рівня.

Інтерпретація КТ-зображень шийного відділу хребта

Ушкодження шийного відділу хребта може бути описане декількома факторами, включаючи стабільність, локалізацію і механізм, наприклад, згинання, згинання з ротацією, розгинання і вертикальне стискання. Для оцінки стабільності ушкодження шийного відділу хребта можна використовувати підхід двох стовпів. Передній стовп складається з тіл хребців і міжхребцевих дисків, фіксованих передньою і задньою зв'язками. Задній стовп, що містить спинний мозок, складається з білатерально розміщених пластинок і ніжок хребців. У **табл. 7-8** наведено фактори, що впливають на оцінку КТ-зображень шийного відділу хребта.

Оцінка вирівнювання хребців по осі на мультиспіральних КТ-сканах включає визначення передньої хребетної лінії (вздовж передньої поверхні тіл хребців), задньої хребетної лінії (вздовж задньої поверхні тіл хребців), спіноламінарної лінії (вздовж задньої поверхні спинномозкового каналу по серединній лінії) та міжкостистої лінії (вздовж верхівок остистих відростків від С3 до С7). Ці лінії зазвичай утворюють плавну криву без фокальних змін кута і розривів. На **рис. 7-19** показано ці лінії. Приклади переломів шийного відділу хребта, виявлених на КТ, наведені на **рис. 7-19 і 7-20**.

Таблиця 7-8: Оцінка КТ-зображень шийного відділу хребта за принципом двох стовпів.

Оцінка КТ шийного відділу хребта за принципом двох стовпів		
Компонент	Передній стовп	Задній стовп
Кістка	<p>Тіло і поперечний відросток хребця</p> <p>Норма: Збережена висота тіла, відсутність кортикального дефекту</p> <p>Патологія: Клиноподібна деформація, сходинкоподібна деформація, перелом, зміщення назад (ретропульсія)</p>	<p>Ніжки, пластинка, остистий відросток</p> <p>Норма: Всі елементи неушкоджені</p> <p>Патологія: Перелом</p>
Суглоби	<p>Міжхребцеві диски</p> <p>Норма: Міжхребцевий простір симетричний</p> <p>Патологія: Локальне звуження або асиметрія, оцінені в сагітальній та коронарній площинах</p>	<p>Фасетковий суглоб</p> <p>Норма: Двостороння симетрія, збережена паралельність</p> <p>Патологія: Асиметрія, розходження, підвивих, зміщення</p>
Зв'язки	<p>ПХЛ/ЗХЛ</p> <p>Норма: Вирівнювання по осі, відсутність зміщень</p> <p>Патологія: Передне або задне зміщення хребців</p> <p>Асиметричне розширення міжхребцевого простору</p>	<p>Задній зв'язковий комплекс: Міжкостисті зв'язки, жовта зв'язка</p> <p>Норма: Плавна гладка міжкостиста лінія</p> <p>Патологія: Антеролістез, місцевий кіфоз, різке розширення міжкостистого простору, асиметрія або розходження (діастаз) фасеткових суглобів</p>
Кривизна	<p>Норма: Плавний лордоз</p> <p>Патологія: Вогнищевий кіфоз</p>	<p>Норма: Плавний лордоз</p> <p>Патологія: Вогнищевий кіфоз</p>
Вирівнювання по осі, відсутність зміщень	<p>Плавні безперервні передня і задня хребетні лінії, візуалізовані в сагітальній площині</p>	<p>Плавні безперервні спіноламінарна й міжкостиста лінії, візуалізовані в сагітальній площині</p> <p>Плавне вирівнювання суглобових стовпів у сагітальній та коронарній площинах</p>

КТ - комп'ютерна томографія; ПХЛ - передня хребетна лінія; ЗХЛ - задня хребетна лінія.

Рисунок 7-19: Оцінка МСКТ-зображень шийного

відділу хребта: А. Нормальний шийний відділ хребта. Плавні передня і задня хребетні, спіноламінарна і міжостиста лінії. В. Нормальне вирівнювання по осі фасеткових суглобів (стрілки). С. Перелом тіла хребця С6 із заднім зміщенням. На знімку видно порушення плавності (розрив) задньої хребетної лінії. D. Стрілка вказує на порушення плавності спіноламінарної лінії внаслідок перелому пластинки із заднім зміщенням. Е. Вигляд у коронарній площині. F. Сагітальна проекція розширеного лівого фасеткового суглоба С6-С7.

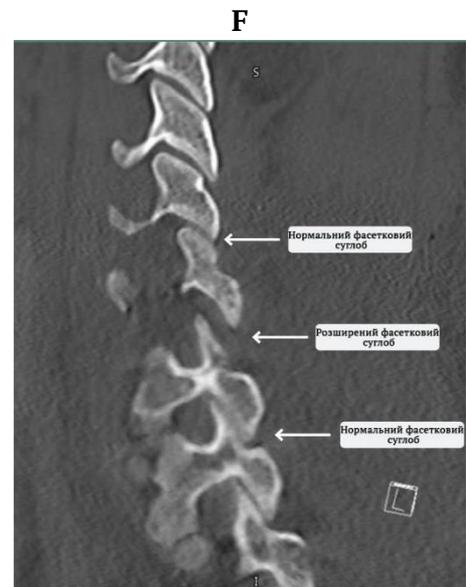
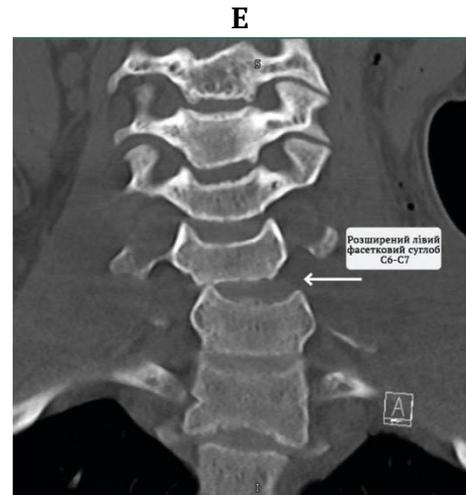
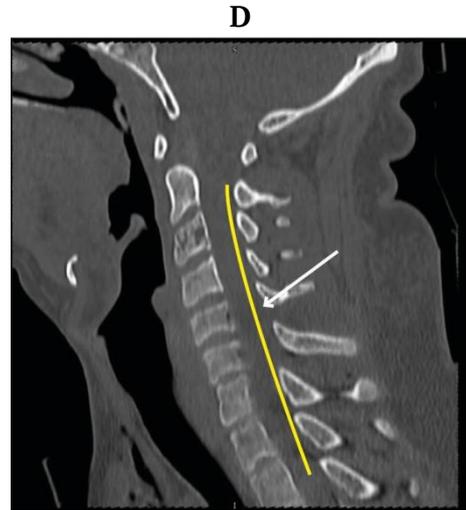
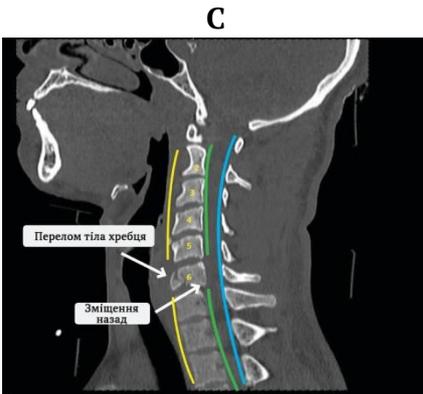
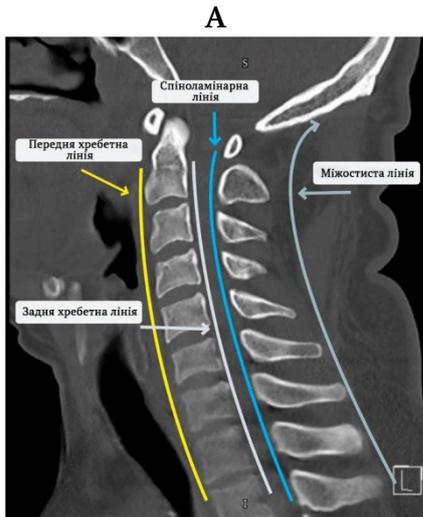
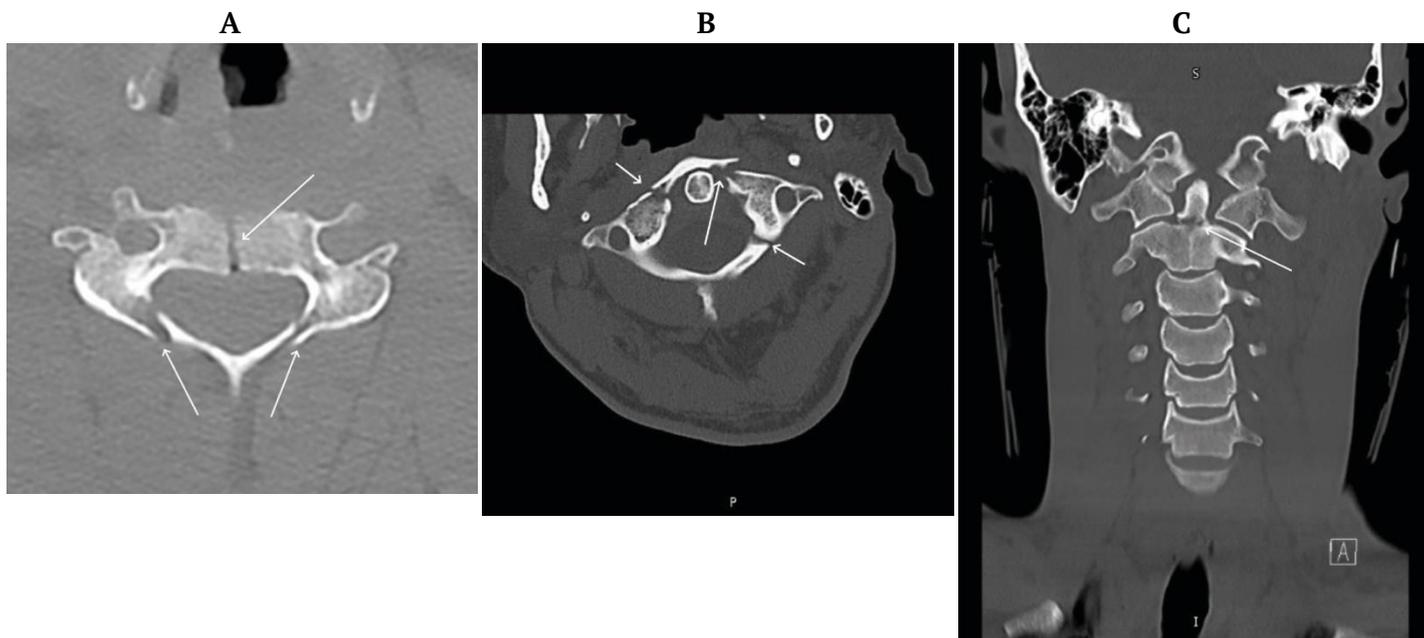


Рисунок 7-20: Переломи шийного відділу хребта. А. Стрілки ззаду вказують на двосторонні переломи пластинок C7, стрілка спереду вказує на перелом тіла хребця. В. Перелом Джефферсона: Перелом передньої і задньої дуг C1 (стрілки). С. Хребець C2 -перелом зубоподібного відростка (стрілка).



Грудний і поперековий відділи хребта можна оцінити за принципом трьох паралельних вертикальних стовпів (див. **табл. 7-9**). На **рис. 7-21** показано ці три стовпи. Стабільність базується на цілісності двох із трьох стовпів.

Однак, мало досліджень повідомляло про валидність такої оцінки стабільності. Приклади переломів грудного і поперекового відділів хребта, виявлених за допомогою КТ, проілюстровано на **рис. 7-22**.

Таблиця 7-9: Оцінка КТ-зображень грудного і поперекового відділів хребта за принципом трьох стовпів

Оцінка КТ-зображень грудного і поперекового відділів хребта за принципом трьох стовпів		
Передній стовп	Середній стовп	Задній стовп
Передня поздовжня зв'язка (ППЗ)	Задня третина тіла хребця	Структури позаду ЗПЗ
Передні дві третини тіла хребця	Задня третина міжхребцевого диска	Ніжки
Передні дві третини міжхребцевого диска	Задня поздовжня зв'язка (ЗПЗ)	Фасеткові суглоби і суглобові відростки
		Жовта зв'язка
		Нервова дуга і з'єднувальні зв'язки

Рисунок 7-21: Оцінка КТ-зображень грудного і поперекового відділів хребта за принципом трьох стовпів. А. Три стовпи, показані на одному хребці. В. Три стовпи на КТ-зображенні в сагітальній площині.

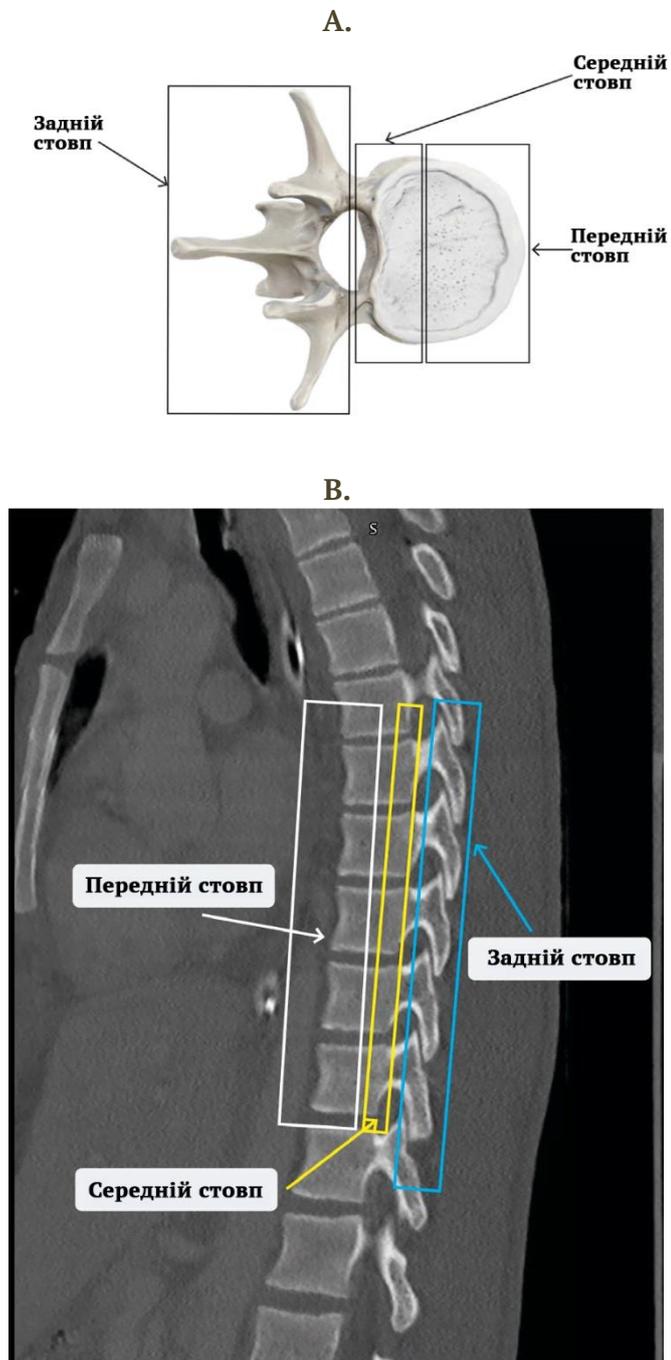
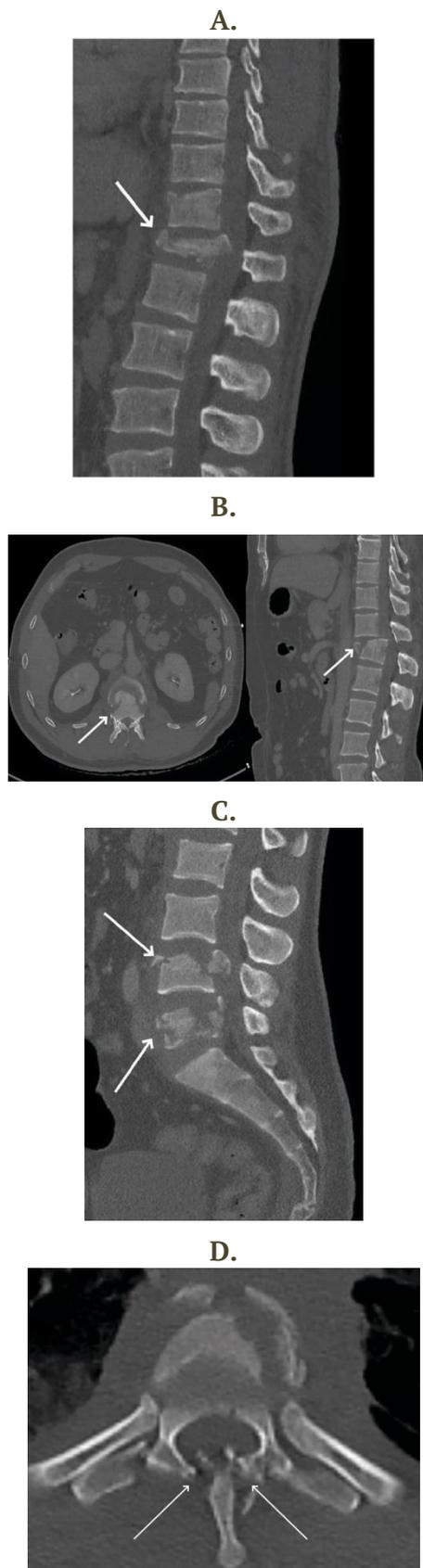


Рисунок 7-22: Переломи грудного і поперекового відділів хребта. А. Перелом T12 (стрілка). В. Компресійний перелом L1 з ретролістезом і стенозом спинномозкового каналу на КТ-зображеннях (стрілки). С. Розривні переломи L4 та L5 (стрілки). D. Двосторонній перелом пластинок і тіла T6 (стрілки).



Магнітно-резонансна томографія

МРТ надає інформацію про ушкодження м'яких тканин і зв'язок. За допомогою дослідження можна візуалізувати структури спинного мозку, нервові корінці, диски і зв'язки. МРТ виконують з метою поглибленої діагностики травм, виявлення ушкоджень, які не візуалізуються на КТ, якщо фізикальний огляд виявив відхилення, а також для планування операції хірургом-спеціалістом. Під час початкової оцінки стану МРТ не проводять.

ТУПА ЦЕРЕБРОВАСКУЛЯРНА ТРАВМА

Хоча і трапляється рідко, нелікована тупа цереброваскулярна травма (ТЦВТ) може мати руйнівні наслідки. Тому, коли виявлено травму шийного відділу хребта, з метою оцінки наявності ТЦВТ виконують КТ- або МР-ангіографію. Традиційні критерії скринінгу на ТЦВТ пропускають близько 20% ушкоджень, багато з яких є клінічно значущими. Поточні рекомендації полягають у проведенні КТ-ангіографії шийі усім пацієнтам зі значущим механізмом травми, який передбачає КТ голови і шийного відділу хребта. Приклади показань для оцінки ТЦВТ наведено в табл. 7-10.

Таблиця 7-10: Рекомендовані критерії скринінгу на ТЦВТ.

Рекомендовані критерії для скринінгу на ТЦВТ

Критерії

- КТ голови або шийного відділу хребта, виконана у зв'язку з механізмом травми
- Скальповане ушкодження шкіри голови
- Тяжка ЧМТ, менше 6 балів за ШКГ
- ЧМТ і травма грудної клітки
- Виявлені при неврологічному огляді порушення, не пояснені нейровізуалізацією
- Вогнищевий неврологічний дефіцит (транзиторна ішемічна атака, геміпарез, вертебро-базиллярна недостатність, окулосимпатичний параліч / синдром Горнера)
- Ішемія або набряк ділянки головного мозку в басейні відповідної судини на КТ або МРТ
- Перелом основи черепа з ушкодженням сонного каналу або кам'янистої частини скроневої кістки
- Складний перелом черепа (наприклад, з ураженням лобних або інших пазух, орбіти)
- Перелом типу Ле-Фор II або III
- Перелом нижньої щелепи

- Перелом шийного відділу хребта
- Артеріальна кровотеча з шиї, носа або рота
- Травма м'яких тканин шиї (наприклад, ознака "ременя безпеки", підвищення, гематома)
- Невдале підвищення з гіпоксично-ішемічною (аноксичною) травмою головного мозку
- Ушкодження типу "мотузки для білизни" або садно від ремня безпеки з вираженим набряком, боєм чи порушенням свідомості
- Крепітація м'яких тканин шиї
- Шум при аускультатії судин шиї у пацієнтів віком менше 50 років
- Переломи верхніх ребер
- Травми судин грудної клітки
- Тупий розрив серця

ТЦВТ - тупа цереброваскулярна травма; ЧМТ - черепно-мозкова травма; ШКГ - шкала ком Глазго; КТ - комп'ютерна томографія; МРТ - магнітно-резонансна томографія.

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯК ДОПОМІЖНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ СТАНУ

Лабораторні дослідження при ЧМТ включають загальний аналіз крові, кількість тромбоцитів, коагулограму та біохімічний аналіз крові з визначенням рівня лактату. **Критично важливим є визначення МНВ у випадках прийому постраждалим варфарину. Метою є МНВ $\leq 1,4$.** Для оцінки гіпоксемії і гіперкапнії через регулярні проміжки часу проводять аналіз газів артеріальної крові. З метою оцінки стану згортання крові, за наявності, можна використати невідкладну віскозоеластометрію. В окремих випадках при підозрі на ЧМТ як критерій для призначення КТ-візуалізації головного мозку використовують біомаркери ушкодження головного мозку, такі як гліальний фібрилярний кислий білок (англ., glial fibrillary acidic protein, GFAP), убіквітин карбокситермінальна гідролаза L1 (англ., ubiquitin carboxy-terminal hydrolase L1, UCH-L1) та кальційзв'язувальний білок S100 (S100B).

ДОПОМІЖНЕ НЕІНВАЗИВНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВЧТ

За допомоги ультразвуку можна виміряти діаметр оболонки зорового нерва, яка безперервно сполучається з мозковими оболонками центральної нервової системи та відображає зміни внутрішньочерепної

комплаєнтності і ВЧТ. Діаметр оболонки зорового нерва можна виміряти біля ліжка пацієнта. Обмеження включають відсутність технічної експертності, доступність і відсутність консенсусу щодо оптимального порогу для діагностики підвищеного ВЧТ.

ВТРУЧАННЯ І ЛІКУВАННЯ

Швидке належне лікування ЧМТ та УСМ збільшує ймовірність виживання, запобігає вторинному ушкодженню і зменшує рівень довготривалої втрати працездатності. Особливо шкідливими є гіпоксія і гіпотензія, які збільшують ризик смерті. Головною метою лікування ЧМТ та УСМ є мінімізація вторинного ушкодження і, відповідно, зменшення прогресування нейронального ураження.

ДОГОСПІТАЛЬНИЙ ЕТАП

Гіпоксія має виражений негативний вплив на результат лікування ЧМТ. Окрім того, що необхідно обов'язково усувати кожен епізод гіпоксії, критично важливо проводити її профілактику. На догоспітальному етапі, якщо це доступно, кисень подається всім пацієнтам. SpO₂ підтримують на рівні $\geq 94\%$. За показаннями забезпечують прохідність дихальних шляхів допоміжними методами. У випадку наявності ознак перелому основи черепа, ушкодження цілого обличчя або його середньої частини, травми носоглотки чи піднебіння назофарингеальний повітровід не вводять. Якщо пацієнт має менше 9 балів за ШКГ, з метою підтримки адекватної вентиляції й оксигенації, а також через часті супутні тяжкі травми, на догоспітальному етапі можна виконати інтубацію й проводити ШВЛ (за наявності досвідчених фахівців та згідно з місцевими настановами). Залежно від обставин, інтубацію можна відкласти до прибуття в лікарню. Догоспітальний час стараються мінімізувати, забезпечуючи при цьому адекватну оксигенацію.

ГОСПІТАЛЬНИЙ ЕТАП

Під час ресусцитації використовують підхід хABCDE. За можливості рекомендоване раннє залучення спеціалістів нейротравматологічної служби. **Подальше неврологічне ушкодження попереджують шляхом забезпечення адекватної перфузії й оксигенації головного і спинного мозку.** Запобігають гіпоксії,

гіпотензії і порушенню вентиляції. **Цільові показники оксигенації й артеріального тиску вищі, ніж у пацієнтів без потенційного неврологічного ушкодження.** Для дорослих з ЧМТ рекомендований систолічний АТ повинен бути щонайменше 100 мм рт. ст. У табл. 7-11 наведено цільові показники АТ у випадку ЧМТ і УСМ.

Таблиця 7-11: Цільові показники АТ у випадку ЧМТ і УСМ.

Цільові показники АТ у випадку ЧМТ і УСМ		
Вік	ЧМТ	УСМ
15 років і старше	SAT \geq 100 мм рт. ст.	SerAT >90 мм рт. ст.
Менше 15 років	SAT > 5-го перцентиля для віку [70 мм рт. ст. + (вік * 2)]	

ЧМТ – черепно-мозкова травма; УСМ – ушкодження спинного мозку; SAT – Сistolічний артеріальний тиск; SerAT – середній артеріальний тиск.

Цільовий SpO₂ становить $\geq 94\%$. За можливості, ETСO₂ підтримують на рівні 35–40 мм рт. ст. У випадках поєднаної ЧМТ й УСМ дотримуються цільових значень АТ для ЧМТ. **Уникають гіпотермії.** Цільовий МНВ – $\leq 1,4$. Цільові показники інших лабораторних і моніторингових значень наведено в табл. 7-12.

ДИХАЛЬНІ ШЛЯХИ І ДИХАННЯ

Навіть один короткий епізод гіпоксії пов'язаний зі збільшенням смертності від ЧМТ. Якщо за ШКГ кількість балів становить 8 або менше, для підтримки оксигенації і вентиляції показана ендотрахеальна інтубація. Додатковими показаннями до інтубації є збуджений стан і погіршення неврологічного статусу, а також УСМ, розташоване проксимальніше рівня С5 або пов'язане з рефрактерною гіпоксемією. **Маніпуляції з дихальними шляхами виконуються з обмеженням рухів голови та шиї вручну.** Передню частину шийного коміра можна зняти або послабити, щоб забезпечити ширше відкривання рота й адекватну візуалізацію голосових зв'язок під час ларингоскопії. Як вентиляція за допомогою маски, так і інтубація можуть бути складними через обмеження рухів шиї та супутні травми

обличчя. Краще, щоб інтубацію виконував клініцист, який має досвід у забезпеченні прохідності складних дихальних шляхів розширеними методами. Якщо інтубація не вдається, виконують хірургічне забезпечення прохідності дихальних шляхів, яке обговорюється в розд. 4 «Оцінка стану і забезпечення прохідності дихальних шляхів».

КРОВООБІГ

Гіпотензія негативно впливає на результат лікування травм голови і спинного мозку. Поєднаний вплив гіпотензії і гіпоксії збільшує ризик смерті у пацієнтів з ЧМТ вдвічі. У випадку УСМ і ЧМТ середнього або тяжкого ступеня при ресусцитації уникають пермісивної гіпотензії. Для відновлення ОЦК переливають препарати крові. Коли вони недоступні, безпечними для

підтримки волемічного статусу пацієнтів з ЧМТ є ізотонічні розчини, наприклад 0,9 % розчин натрію хлориду. **Однак перевага надається крові.** Недавнє дослідження показало, що використання збалансованих кристалоїдних розчинів пов'язане з випискою з менш сприятливим подальшим прогнозом. Слід уникати гіпотонічних розчинів, що містять декстрозу чи глюкозу, через ризик посилення набряку мозку. Під час ресусцитації гіпотензивних пацієнтів з ЧМТ на догоспітальному етапі гіпертонічний розчин не має переваг порівняно з фізіологічним розчином. Пацієнтам, в яких утримується гіпотензія після ресусцитації кров'ю та/або рідинами, можна ввести вазопресори, щоб досягти цільових показників АТ. Поширеними варіантами є фенілефрин і норадреналін.

Таблиця 7-12: Оптимальні показники при веденні пацієнта з ЧМТ.

Оптимальні показники при веденні пацієнта з ЧМТ		
Категорія	Параметр	Оптимальний показник
Клінічні параметри	Систолічний артеріальний тиск	≥100 мм рт. ст.
	Середній артеріальний тиск	>80 мм рт. ст.
	Температура	36–38°C
	Пульсоксиметрія	≥94%
Лабораторні параметри	Глюкоза	5,56 – 10,0 ммоль/л
	Гемоглобін	> 70 г/л
	Міжнародне нормалізоване співвідношення (МНВ)	≤1,4
	Рівень натрію в сироватці крові	135–145 ммоль/л
	Осмоляльність сироватки крові	≤320 мОсм
	PaO ₂	80–100 мм рт. ст.
	PaCO ₂	35–45 мм рт. ст.
	pH	7,35–7,45
	Тромбоцити	≥75 X 10 ³ мм ³
Параметри неврологічного моніторингу	Церебральний перфузійний тиск	60–70 мм рт.ст.*
	Внутрішньочерепний тиск	<22 мм рт.ст.*
	PbtO ₂	≥15 мм рт.ст.

ЧМТ - черепно-мозкова травма; PbtO₂ - англ., partial brain tissue oxygenation, часткова оксигенація тканин головного мозку.

НЕЙРОГЕННИЙ ШОК

Нейрогенний шок може розвинути при УСМ проксимальніше рівня Т6. Початкове лікування спрямоване на забезпечення достатнього внутрішньосудинного об'єму. Для лікування крововтрати вводяться препарати крові. Розчини кристалоїдів використовують після досягнення адекватного контролю кровотечі і завершення ресусцитації. У випадках ізольованого УСМ зараз рекомендовано підтримувати рівень СерАТ на рівні 85–90 мм рт. ст. впродовж семи днів. Якщо не вдається досягти цільових показників за допомогою інфузійної терапії, додають вазопресори. Препарат вибору - норадреналін, оскільки завдяки його впливу на α -1- і β -1-рецептори посилюється периферична вазоконстрикція, збільшується частота серцевих скорочень і покращується скоротливість міокарду. При УСМ каудальніше Т6 можна також вводити фенілефрин. Однак, оскільки фенілефрин не має β -1-активності, у випадках травми проксимальніше Т6 брадикардія може посилюватися. Вазопресори оптимально вводити через центральний венозний доступ. Однак у невідкладних ситуаціях їх можна вводити через периферичний ВВ доступ.

ЦІЛІ ГЕМОТРАНСФУЗІЇ ТА КОАГУЛОПАТІЯ

Найкраще відновлювати крововтрату за допомогою крові або її препаратів. Одночасне заміщення втрачених факторів згортання потенційно зменшує прогресування забоїв головного мозку. Стратегії переливання крові для лікування геморагічного шоку обговорюються в розд. 6 «Оцінка кровообігу й рідинна ресусцитація». При ЧМТ і УСМ рекомендовано підтримувати рівень гемоглобіну ≥ 70 г/л.

Коагулопатія виникає у 25–30 % пацієнтів з політравмою, й у випадку ЧМТ або УСМ повинна бути швидко усунена. Близько третини всіх ушкоджень головного мозку збільшуються в об'ємі в перші години після травми, деякі через затримки в лікуванні або неналежну корекцію порушення згортання крові. Невідомо, чи має ЧМТ окремі механізми, що призводять до коагулопатії, чи порушення згортання крові зумовлені загальною травмоіндукованою коагулопатією. Присутність у крові антикоагулянтів та/або

антитромбоцитарних препаратів, що були прийняті до травми, є поширеним явищем, особливо у людей похилого віку. Швидке визначення наявності цих препаратів в крові та усунення ефектів інгібування згортання крові є критично важливими у випадку ЧМТ чи УСМ. У табл. 6-7, розд. 6 «Оцінка кровообігу й рідинна ресусцитація» перелічені різні препарати, що пригнічують утворення тромбів, та методи усунення їхньої дії. Лікування коагулопатій, викликаних крововиливом та медикаментами, подібне до їх лікування без неврологічного ураження (див. розд. 6 «Оцінка кровообігу й рідинна ресусцитація»). Користь від рутинного переливання тромбоцитів пацієнтам із ЧМТ, які отримують антитромбоцитарні препарати і мають нормальну кількість тромбоцитів, наразі є суперечливою. Переливання тромбоцитів показане, якщо необхідно провести нейрохірургічне втручання. Для сприяння утворенню і стабілізації тромба терапевтичні цілі включають МНВ $< 1,5$, кількість тромбоцитів $\geq 75 \times 10^3$ на мм^3 , нормотермію і нормальний рН.

Транексамова кислота

Пацієнтам із ЧМТ середнього і тяжкого ступеня, госпіталізованим у межах трьох годин після травми, внутрішньовенне введення транексамової кислоти (англ., tranexamic acid, ТХА) одноразово у дозі 2 г або в дозі 1 г впродовж 10 хвилин з подальшим ВВ введенням 1 г впродовж 8 годин є безпечним і може знизити смертність. Введення ТХА може бути доцільним для інших підгруп, таких як пацієнти з тяжкою ЧМТ, які мають збережену реакцію на світло обох зіниць, і легкою ЧМТ із внутрішньочерепною кровотечею, але користь залишається невизначеною.

ЗНЕБОЛЕННЯ І СЕДАЦІЯ

Інтубованим пацієнтам із ЧМТ внутрішньовенно вводять анальгетики й седативні препарати, щоб зняти біль і зменшити збудження. Адекватна седация і знеболення зменшують споживання кисню і церебральний кровотік, знижуючи об'єм рідини в порожнині черепа і ВЧТ. Належна седация покращує синхронізацію пацієнта з апаратом ШВЛ і може пом'якшувати симпатичні реакції, запобігаючи гіпертензії й тахікардії.

Перевага надається препаратам короткої дії, таким як пропофол або фентаніл, які дозволяють періодично проводити неврологічний огляд і виявляти порушення неврологічної функції. Гіпотензія є поширеним наслідком болюсного або інфузійного введення пропофолу. Під час введення даного препарату важливо часто вимірювати АТ і моніторувати стан гемодинаміки загалом. Деякі клініцисти використовують кетамін завдяки заявленому нейропротекторному ефекту завдяки антагонізму з рецепторами N-метил-D-аспартату (NMDA). Кетамін має сприятливі фармакологічні характеристики без негативного впливу на ВЧТ. Таким чином, кетамін є надійним анестетиком у випадку швидкої послідовної інтубації на догоспітальному етапі.

КРИТИЧНЕ ПОГІРШЕННЯ НЕВРОЛОГІЧНОГО СТАТУСУ

Критичне погіршення неврологічного статусу (англ., *critical neuroworsening*) – це термін, що описує швидке погіршення неврологічного стану, яке вимагає невідкладної оцінки і втручання. Клінічними ознаками є спонтанне зниження моторного компонента ШКГ, нововиявлене зменшення реактивності зіниць, нововиявлена асиметрія зіниць, розширення обох зіниць, новий вогнищевий моторний дефіцит і тріада Кушинга (“широкий” пульсовий тиск, брадикардія і

нерегулярне дихання). Причин погіршення стану може бути кілька, в тому числі, збільшення в об’ємі внутрішньочерепних уражень і набряк головного мозку. **Якщо з’явилися ознаки погіршення неврологічного статусу, негайно розпочинають емпіричне лікування.** Повторно виконують КТ головного мозку для з’ясування причини погіршення неврологічного статусу.

ГІПЕРОСМОЛЯРНА ТЕРАПІЯ

Гіперосмолярна терапія є основним фармакологічним лікуванням при внутрішньочерепній гіпертензії і критичному погіршенні неврологічного статусу. Гіперосмолярна терапія має двофазний механізм дії. Спочатку болюс гіперосмолярного розчину підвищує серцевий викид і, відповідно, АТ і ЦПТ. Якщо авторегуляція збережена, виникає церебральна вазоконстрикція, що зменшує об’єм крові в головному мозку і ВЧТ. Розчин створює осмолярний градієнт, який сприяє переходу води через гематоенцефалічний бар’єр, зменшуючи об’єм мозкової тканини й ВЧТ. Манітол і гіпертонічний розчин натрію хлориду є найбільш поширеними гіперосмолярними засобами. У табл. 7-13 наведено деякі гіперосмолярні препарати.

Таблиця 7-13: Гіперосмолярні препарати.

Гіперосмолярні препарати		
Препарат	Доза	Коментарі
Манітол	20% розчин: ВВ болюсно, 1 г/кг (5 мл/кг) за 5–15 хв Можна повторювати кожні 4–6 годин	ВЧТ знижується через 1–5 хв з піковим ефектом через 20–60 хвилин Може посилити гіпотензію через осмотичний діурез
Гіпертонічний розчин натрію хлориду	5% розчин: 2,5–5 мл/кг за 5–20 хв Діти: 2–5 мл/кг за 10–20 хв. 7,5% розчин: 1,5–2,5 мл/кг за 5–20 хв. 23,4% розчин: 30 мл за 10–20 хв. Діти: 0,5 мл/кг (максимальна доза: 30 мл)	В ідеалі вводити через центральний венозний катетер У невідкладній ситуації введення через периферичний ВВ катетер є безпечним Стежте за можливою підшкірною інфільтрацією

Хоча гіпертонічний розчин натрію хлориду має фізіологічні переваги над манітолом, немає доказів того, що котрийсь із них є більш ефективним у покращенні неврологічного прогнозу. Гіперосмолярні препарати підвищують рівень натрію в сироватці крові та її осмоляльність. Необхідно моніторувати ці два показники, щоб уникнути серйозних ускладнень. Коли рівень натрію в сироватці крові перевищує 160 ммоль/л або осмоляльність перевищує 320 мОсм, подальша гіперосмолярна терапія навряд чи буде ефективною.

ПОКРОКОВЕ ВЕДЕННЯ ПАЦІЄНТА З ПОГІРШЕННЯМ НЕВРОЛОГІЧНОГО СТАТУСУ

Необхідно виконати ендотрахеальну інтубацію і розпочати контрольовану ШВЛ, якщо цього ще не було зроблено. **Головний кінець піднімають на 30°-45°, зберігаючи нейтральне положення шийного відділу хребта для забезпечення адекватного венозного повернення від головного мозку.** У випадках потенційної нестабільності хребта може бути використане зворотне положення Тренделенбурга. Оглядають шийний комір, щоб оцінити, чи не накладений він занадто щільно. Так само перевіряють, чи не занадто туго зафіксована ендотрахеальна трубка.

Як рятівний захід виконується тимчасова гіпервентиляція до цільового PaCO_2 або $\text{ETCO}_2=30-35$ мм рт ст. Гіпервентиляція швидко знижує ВЧТ у випадку вклинення головного мозку. Утім, тривала гіпервентиляція не рекомендована, оскільки вона може збільшити ймовірність ішемічних подій.

Оптимізують знеболення і седацію. Болюсно доведено вводять 5% гіпертонічний розчин натрію хлориду (250 мл) або 20% розчин манітолу (250 мл). Підтримують нормотермію, прагнучи показників внутрішньої температури тіла 36°C–37,4°C і використовуючи для цього системи зігрівання або охолодження (за показаннями). Необхідно оцінити пацієнта на предмет потенційних нейрохірургічних втручань з приводу евакуації об'ємних внутрішньочерепних уражень або декомпресійної краніектомії.

ХІРУРГІЧНЕ ЛІКУВАННЯ ЧМТ

Нейрохірургічні втручання при ЧМТ включають інвазивний моніторинг ВЧТ, встановлення зовнішнього шлуночкового дренажу, евакуацію внутрішньочерепної гематоми і декомпресійну краніектомію. Якщо після ресусцитації пацієнт має 3–8 балів за ШКГ, і цей стан пов'язаний із патологічними результатами КТ (наприклад, наявність гематом, забоїв, набряку, вклинення або стиснутих базальних цистерн), за можливості, встановлюють моніторинг ВЧТ.

Показання до хірургічних втручань при ЧМТ

Нейрохірург має обговорити з особами, які приймають медичні рішення щодо пацієнта, ризики і користь оперативного лікування, враховуючи конкретний клінічний сценарій. Навіть за наявності відносно високого балу за ШКГ фахівець може рекомендувати евакуацію великої (> 25 мл) посттравматичної гематоми - до того, як розвинеться погіршення неврологічного статусу внаслідок її збільшення або набряку головного мозку. Нижчий поріг для хірургічного втручання застосовують у випадку ушкоджень задньої черепної ямки. Конкретні показання до хірургічного втручання включають наступне: гостра СДГ, яка має товщину > 10 мм або пов'язана зі зміщенням серединної лінії > 5 мм; гостра СДГ будь-якого розміру, асоційована зі зниженням балу за ШКГ щонайменше на 2 або пов'язана з асиметричними або неактивними зіницями; гостра ЕДГ, яка має об'єм > 25 мл і товщину > 15 мм або пов'язана зі зміщенням серединної лінії > 5 мм або балом ≤ 8 за ШКГ; забої головного мозку, пов'язані з балом ≤ 8 за ШКГ і зміщенням серединної лінії > 5 мм або вклиненням; крововилив у мозочок, який має діаметр > 3 см або призвів до мас-ефекту, компресії стовбура мозку або гідроцефалії. Після евакуації гематоми головного мозку утворений дефект кісток черепа не закривають негайно, таким чином забезпечуючи декомпресію набряклого мозку.

Відкриті переломи черепа

Вдавлені переломи черепа і глибина вдавлення вимірюються за допомогою КТ. Хірургічне відновлення висоти стояння кісток

черепа зазвичай розглядають, якщо зміщення перелому більше, ніж товщина черепа, а також при інфікованих ранах. Рекомендоване призначення антибіотиків в периопераційному періоді. Прийом антибіотиків більше 24 годин продовжують лише у випадку сильно інфікованих ран. Належне ведення невдавлених відкритих переломів з мінімальним забрудненням, як правило, полягає у зрошенні й закритті дефекту тканин, що покриває перелом, а також призначенням антибіотика одноразово або максимум на 24 години.

Декомпресійна краніектомія

Декомпресійна краніектомія – це метод порятунку у випадку підвищеного ВЧТ, рефрактерного до медикаментозного лікування. Продемонстровано, що декомпресійна краніектомія знижує смертність і покращує результат протягом 24 місяців. За даними дослідження RESCUEісп було спрогнозовано, що якщо 100 пацієнтам виконають вторинну декомпресійну краніектомію, порівняно з неоперативним лікуванням, то виживе на 21 людину більше, з наступними функціональними результатами: третина буде повністю самостійною, третина буде самостійною вдома, але не за його межами, і третина буде залежною від сторонньої допомоги.

ХІРУРГІЧНЕ ЛІКУВАННЯ ТРАВМ ХРЕБТА

Рання декомпресія і стабілізація хребта, яка часто проводиться в спеціалізованих центрах, може сприяти покращенню функціонального відновлення. Хірургічне втручання, можливо, доведеться відкласти до досягнення респіраторної і гемодинамічної стабільності. Кілька досліджень з ранньою декомпресією спинного мозку і фіксацією хребта, виконаними в межах 8-24 годин після отримання травми, показали покращення функціональних результатів. Раннє оперативне втручання зменшує додаткове ушкодження від компресії спинного мозку і дозволяє ранню мобілізацію, знижуючи частоту легневих ускладнень, ран тиску (пролежнів) і венозного тромбоемболізму.

ІНШІ ОСОБЛИВОСТІ

ЕЛЕКТРОЛІТИ, ГЛЮКОЗА І ХАРЧУВАННЯ

Через переміщення рідини внаслідок травматичного ушкодження й осмолярної терапії, контроль електролітного балансу є життєво важливим. Рівень натрію підтримують у діапазоні 135–145 ммоль/л, за винятком проведення активної гіперосмолярної терапії. Дуже важливо уникати гіпонатріємії, щоб запобігти виникненню або посиленню набряку головного мозку. Може постати потреба у частому визначенні рівня натрію в сироватці крові. У пацієнтів з ЧМТ може розвинути нецукровий діабет (НЦД), синдром неадекватної секреції антидіуретичного гормону (СНСАДГ, англ., syndrome of inappropriate antidiuretic hormone, SIADH) або синдром церебральної втрати солі (англ., cerebral salt-wasting syndrome). Якщо в якості осмотичного препарату використовують маніт, необхідно часто вимірювати осмоляльність.

Як гіперглікемія, так і гіпоглікемія мають негативний вплив на результати лікування. Рівень глюкози в сироватці крові підтримується в діапазоні 5,56-10,0 ммоль/л. Дефіцит білка й енергії є поширеним явищем під час госпіталізації внаслідок ЧМТ. Харчова підтримка є важливою для запобігання недоїданню і зменшення катаболічних ефектів ЧМТ. Ентеральне харчування розпочинають після того, як пацієнт досягне гемодинамічної стабільності, в ідеалі в межах 24–72 год після травми, досягаючи повноцінного харчування впродовж 7 днів після травми. Перевагу надають поступовому доступу, за умови, якщо його можна отримати швидко, не затримуючи початок годування. Якщо ентеральне харчування протипоказане, рекомендовано розглянути можливість парентеральної підтримки.

ПРОФІЛАКТИКА І ЛІКУВАННЯ СУДОМ

Тяжкість ЧМТ корелює з появою ранніх (до 7 днів) посттравматичних судом. Найвища частота судом спостерігається після проникаючої травми. Зважаючи на це, профілактичне протисудомне лікування рекомендоване у випадку тяжкої (<8 балів за ШКГ) або проникаючої ЧМТ. Показання для профілактичного призначення

антиконвульсантів у випадку тупої, середньої тяжкості, ЧМТ включають вдавнений перелом черепа, СДГ, забій кори головного мозку, ЕДГ, внутрішньомозкову гематому і виникнення судом в межах доби після травми. На противагу цьому, профілактичне застосування протисудомних препаратів не рекомендоване у випадку оцінки 14-15 балів за ШКГ (незалежно від наявності внутрішньочерепної кровотечі), ізольованого тСАК, ізольованого травматичного внутрішньошлуночкового крововиливу (ВШК) чи ізольованої СДГ з оцінкою 13 і більше балів за ШКГ. Користь від призначення протисудомних препаратів у конкретному випадку оцінюють, порівнюючи з ризиком розвитку когнітивних порушень, особливо у пацієнтів старшого віку.

Вибір протисудомних препаратів залежить від їхньої доступності. Найбільш вивчені препарати включають фенітоїн, фосфенітоїн, вальпроєву кислоту і леветирацетам. **Фенітоїн - це препарат, який використовується десятиліттями. Леветирацетам і лакозамід можуть мати еквівалентну ефективність для профілактики судом з меншою кількістю побічних ефектів та, можливо, кращими функціональними результатами.** Вальпроєва кислота (порівняно з фенітоїном), яку призначали з метою профілактики посттравматичних судом, була асоційована з підвищеним ризиком смерті, і через це в таких випадках вона більше не використовується. Профілактичне застосування протисудомних препаратів проводять не довше 7 днів, за винятком виникнення судомного нападу після 24 год від моменту травми або факту постійного прийому з інших причин (ще до травми). Тривале застосування не зменшує ризик судом після першого тижня. Дітям впродовж перших 7 днів після травми доцільно призначати леветирацетам або (фос)фенітоїн. Леветирацетам має менше лікарських взаємодій, і не потребує терапевтичного моніторингу. Зазвичай використовують леветирацетам у дозі 10–20 мг/кг двічі на день.

ПРОФІЛАКТИКА ВЕНОЗНОГО ТРОМБОЕМБОЛІЗМУ

Пацієнти з ЧМТ й УСМ мають високий ризик венозного тромбоемболізму. Механічну профілактику за допомогою періодичної пневматичної компресії розпочинають відразу

після госпіталізації, якщо це можливо. Хімічну тромбoproфілактику низькомолекулярними гепаринами (препарати вибору) можна розпочати в межах 24–48 годин після травми, якщо повторна КТ голови не показує прогресування ушкодження і якщо ймовірність внутрішньочерепного або спинномозкового оперативного втручання низька.

ЛІКУВАННЯ, ЯКОГО ВАРТО УНИКАТИ

Варто уникати профілактичної гіпервентиляції з $\text{PaCO}_2 < 30$ мм рт. ст. у перші 24 год після травми, якщо немає клінічних ознак вклинення головного мозку. У випадку вклинення гіпервентиляцію з цільовим ETCO_2 30–35 мм рт. ст. можна використати в якості тимчасового переходу (моста) до остаточного лікування. При лікуванні набряку головного мозку не рекомендують ні плановану гіперосмолярну терапію (тобто не спрямовану на лікування підвищеного ВЧТ), ні фуросемід. **Рутинне введення стероїдів пацієнтам з ЧМТ чи УСМ не показане.** Стероїди можуть збільшити смертність і пов'язані з шлунково-кишковими розладами, гіперглікемією та інфекцією. Однак в окремих випадках часткового УСМ спеціаліст може рекомендувати лікування стероїдами. Доказових фармакологічних засобів для зменшення впливу УСМ немає.

Профілактична або терапевтична гіпотермія не зменшує вторинного ушкодження і не покращує результати лікування. Утім, гарячку слід лікувати одразу, за допомогою медикаментів та/або зовнішніх методів зниження температури. Профілактично антибіотики не призначають, окрім випадків проникаючої ЧМТ або забрудненої відкритої рани. Антибіотикoproфілактика не рекомендована також у випадках перелому черепа з пневмоцефалією або витокom спинномозкової рідини. Високі дози пропофолу з метою настання ефекту “спалах-пригнічення” (англ., burst suppression) і рутинне підвищення ЦПТ до 90 мм рт. ст. і більше не рекомендовані.

ПОВТОРНА ОЦІНКА СТАНУ

ЧМТ

Принаймні щогодини проводять переоцінку стану пацієнта, а повторну візуалізацію виконують через регулярні

ЧМТ

Фізіологічні процеси, реакція на травму, лікування і прогноз ЧМТ відрізняються залежно від віку і популяційної групи. Деякі з таких унікальних груп детальніше розглянуті у відповідних розділах (див. розд. 11 “Травма у педіатричних пацієнтів”).

Дуже маленьких дітей та, іноді, осіб похилого віку буває складно оцінити. У пригоді можуть стати різні методи та інструменти (наприклад, педіатрична ШКГ; врахування попередніх когнітивних, слухових або зорових порушень у літніх людей). Фізіологічні показники дітей різняться залежно від віку. Цільові показники частоти серцевих скорочень, АТ і частоти дихання / вентиляції коригують відповідно до віку і зросту. У людей похилого віку на цільові показники АТ, частоти серцевих скорочень і сатурації киснем можуть впливати хронічні захворювання і попередній прийом ліків. Насильство є основною причиною ЧМТ у дітей від народження до 4 років. Тому, за відсутності в анамнезі високоенергетичної травми (ДТП, падіння з висоти), потенційною причиною тяжкої ЧМТ у маленької дитини потрібно вважати навмисне ушкодження.

Хірургічні принципи лікування маленьких дітей із ЧМТ інакші, ніж ті, які застосовуються до старших дітей чи дорослих. Безсимптомні ЕДГ у дітей і вдавлені переломи у немовлят можна лікувати консервативно. Низькоенергетичні переломи тім'яної кістки можуть спонтанно ремоделюватися внаслідок росту головного мозку.

Рівень смертності серед пацієнтів із ЧМТ старше 74 років більш ніж у два рази вищий, ніж у пацієнтів, молодших за цю межу. Люди похилого віку часто травмуються внаслідок падінь. Іноді, здавалося б, незначний механізм може призвести до клінічно значущої ЧМТ. Прийом антикоагулянтів і антитромбоцитарних препаратів ускладнює лікування. Людям похилого віку частіше виконують КТ, особливо коли когнітивні порушення, які були і до травми, ускладнюють клінічну оцінку. Хоча прогноз для осіб старше 75 років з тяжкою ЧМТ несприятливий, сам по собі вік не є вирішальним фактором інтенсивності терапії.

проміжки часу - це допомагає швидко виявити несприятливі зміни. Переглянутий консенсусний протокол з візуалізації та клінічного огляду (англ., Consensus Revised Imaging and Clinical Examination Protocol, CREVICE) і Міжнародна консенсусна конференція з тяжкої ЧМТ в Сіетлі (англ., Seattle International Severe Traumatic Brain Injury Consensus Conference) рекомендують моніторинг малих (клінічних) і великих (візуалізаційних) критеріїв, щоб визначити показання до ескалації медикаментозного та/або хірургічного лікування. Ця рекомендація застосовується у випадках ЧМТ середнього ступеня тяжкості через можливість погіршення стану в перші години після травми. Якщо виявлено погіршення неврологічного статусу (див. попередній підрозд. “Критичне погіршення неврологічного статусу”), після клінічної переоцінки негайно розглядають повторне КТ-сканування, а потім медикаментозне та/або хірургічне лікування причини (див. вище “Покрокове ведення пацієнта з погіршенням неврологічного статусу”).

ТРАВМА ХРЕБТА

Часта повторна оцінка пацієнта з ЧМТ є дуже важливою. Через гострий набряк спинного мозку функціональний рівень ушкодження у шийному відділі у перші години може зміщуватися краніально. Дихання може погіршитися, розвинеться дихальна недостатність, яка буде потребувати інтубації і ШВЛ. Гіпотензія, спричинена шоком будь-якого типу, може погіршити УСМ. Через це гіпотензія і гіпоксія повинні бути усунені одразу після виявлення. Якщо можливо, слід якомога швидше перевести пацієнта до спеціалізованого нейрохірургічного травма-центру. Іноді нестабільний внаслідок травми хребетний стовп (без неврологічного дефіциту) може в певній ділянці зміститись і спричинити УСМ. **Раннє виявлення нових неврологічних симптомів важливе для потенційного запобігання подальшим неврологічним порушенням.** Бланк ASIA є цінним інструментом для відстеження прогресування травми або клінічної нестабільності у часі (див. **рис. 7-13**)

ТРАВМА ХРЕБТА

Травматичні ушкодження спинного мозку і хребта у дітей трапляються рідко, складаючи менше 10% усіх УСМ у дітей віком до 15 років. Діти до 2 років особливо схильні до травм верхніх відділів хребта через непропорційно великий розмір голови, еластичні зв'язки, горизонтальну орієнтацію фасеток і відносно слабкі шийні м'язи. Обмеження рухів хребта у маленьких дітей і немовлят може бути складним завданням. Необхідно підібрати шийний комір, який відповідає розміру та анатомії дитини. Внаслідок високошвидкісного механізму травмування, такого як ДТП чи наїзд на пішохода, може виникнути поєднане ушкодження голови і шийного відділу хребта (потиличний виросток, С1 або С1–С2). Еластичність зв'язок хребта у дітей перевищує еластичність спинного мозку. Таким чином, на КТ хребтові лінії можуть виглядати нормально, і ознак перелому не буде. Однак, у дитини все одно може бути УСМ без рентгенологічних аномалій (англ., spinal cord injury without radiographic abnormality, SCIWORA). Якщо в дитини виявлені порушення при неврологічному огляді, навіть за відсутності перелому на КТ, необхідно їй забезпечити ОРХ. За можливості, рекомендована консультація дитячого нейрохірурга. У цьому випадку може бути корисною МРТ.

У людей похилого віку падіння є найпоширенішою причиною перелому хребців та УСМ. Хребет у них більш схильний до травм, навіть після, здавалося б, незначної травми. Остеопороз, артрит, анкілозуючий спондиліт та інші стани, пов'язані з віком, підвищують ризик розвитку перелому кісток хребтового стовпа чи УСМ. Літнім людям з вираженим кіфозом може бути складно підібрати стандартний шийний комір. У цьому випадку з метою ОРХ варто підібрати пацієнту комфортне положення і використати підкладки, аніж прагнути надмірно розігнути хребет чи старатися надягнути шийний комір силоміць.

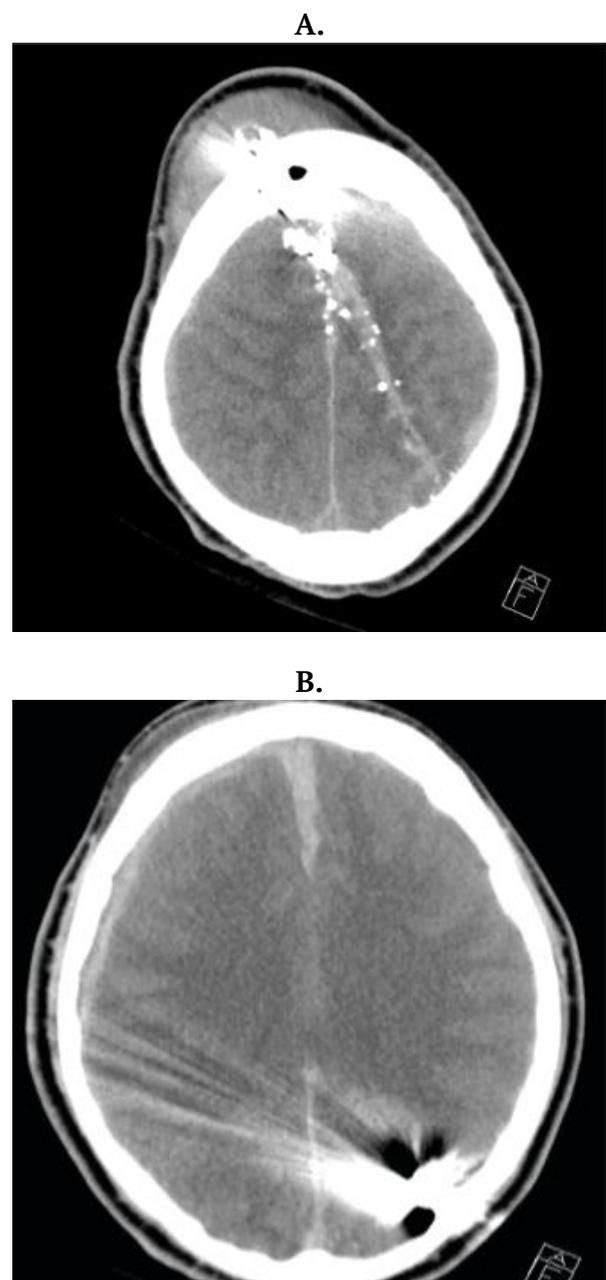
ПРОНИКАЮЧІ ПОРАНЕННЯ

ЧМТ

Більшість проникаючих травм голови спричинені вогнепальною зброєю. Оцінка і початкове надання допомоги у випадку проникаючих поранень такі ж, як і при

інших серйозних травмах. Обстеження включає неврологічний огляд з використанням ШКТГ, оцінюванням зіничних і стовбурових рефлексів та моторної функції, а також огляд ран. Після огляду і документування даних рани очищають і закривають. КТ-візуалізація показана завжди, коли є підозра на проникаюче поранення, навіть якщо воно вважається незначним, а неврологічне обстеження не виявило порушень. На **рис. 7-23** показано комп'ютерну томограму голови пацієнта з вогнепальним пораненням.

Рисунок 7-23: Проникаюче поранення головного мозку, спричинене вогнепальним ураженням. А. Слід від кулі з розсіяними кістковими фрагментами і тонким обідком субдуральної гематоми зліва. В. Куля застрягла у задньому відділі тім'яної частки головного мозку.



На основі даних військових конфліктів рекомендоване профілактичне застосування антибіотиків широкого спектра дії обмежений період, але на практиці все ще існують певні розбіжності. Високоенергетичне поранення від вогнепальної зброї спричиняє пряме ушкодження головного мозку в момент, коли куля проходить крізь тканини, але також створює хвилю тиску, яка може поширити ушкодження за межі прямого шляху кулі. Поранення, при яких рановий канал проходить крізь обидві півкулі на рівні шлуночків або базальних гангліїв, з ушкодженням стовбура мозку або заходом у задню черепну ямку, мають дуже поганий прогноз.

Хірургічне лікування проводять пацієнтам, які мають шанси на виживання на основі даних КТ і мають збережені стовбурові рефлекси. Лікування включає санацію ушкодженої тканини мозку, евакуацію гематом, відновлення цілісності твердої мозкової оболонки і закриття ран. Ушкодження великих судин головного мозку може призвести до значної крововтрати і відстрочених псевдоаневризм. У пацієнтів з підозрою на травму судин розглядають проведення КТ-ангіографії чи катетерної ангіографії.

ПРОНИКАЮЧА ТРАВМА ХРЕБТА

Проникаючі травми хребта трапляються рідше, ніж травми, спричинені двома провідними причинами: ДТП і падіннями. На тлі зростання кризи суспільного здоров'я, спричиненої вогнепальною травмою, вогнепальні ураження наразі посідають третє місце серед причин травм хребта. Більшість проникаючих УСМ призводять до повної втрати функцій (ASIA A). **Вони можуть бути поєднані зі значними ушкодженнями артерій та іншими небезпечними для життя травмами.** Загальна тактика ведення пацієнта визначається згідно з принципами ATLS. Необхідне проведення неврологічного огляду і КТ. Багато проникаючих поранень успішно лікують консервативно. Існують випадки, коли МРТ виконати неможливо через наявність залізовмісних металевих осколків у тілі. Профілактичне введення антибіотиків (якщо проводиться) є короткочасним, за винятком сильно забруднених ран. Доказова база на захист профілактики інфекцій є слабкою.

Іноді, у випадку УСМ з неповною втратою функцій (ASIA B або вище) і прогресуючим погіршенням неврологічного стану або міграцією фрагмента кулі виконують хірургічне дослідження рани. При проникаючих травмах хребта в цивільного населення нестабільність хребта виникає рідко. Як і при інших балістичних травмах, вибуховий ефект може спричинити значні ушкодження, включаючи порушення функцій спинного мозку, не проходячи безпосередньо через хребетний канал.

ПРАКТИЧНІ МІРКУВАННЯ ЩОДО СЕРЕДОВИЩА

Нейротравма є критичною проблемою громадського здоров'я в багатьох країнах. Недостатній рівень забезпечення послугами екстреної медичної допомоги було визначено як важливий фактор, пов'язаний з прогнозом після ЧМТ і УСМ. Оскільки доступ до КТ часто відсутній, були запропоновані альтернативні системи, такі як нейроультразвукове дослідження або спектроскопічні детектори внутрішньочерепної кровотечі ближнього інфрачервоного діапазону, але їхня користь залишається недоведеною. Належна рання ресусцитація згідно з принципами ATLS та подальше негайне переведення до нейрохірургічного травма-центру є найкращим варіантом лікування ЧМТ й УСМ.

ПОЛЬОВІ ШПИТАЛІ І ВІДДАЛЕНА МІСЦЕВІСТЬ

Керівним принципом лікування ЧМТ є запобігання вторинному ушкодженню шляхом своєчасної ресусцитації згідно з алгоритмом хABCDE. Після початкової оцінки стану пацієнта переводять до медичного закладу, в якому йому може бути надана остаточна допомога. Якщо користь від переведення є очевидною, транспортування не затримують і час на радіологічні дослідження (навіть КТ голови) у цьому лікувальному закладі не витрачають.

Як згадувалося раніше, прогноз пацієнта покращується завдяки підтримці адекватного церебрального кровотоку й доставці кисню. Зважаючи на це, необхідно оптимізувати оксигенацію. За показаннями проводять інтубацію і виконують ШВЛ. Перед переведенням лікують шок і покращують

функцію серцево-судинної системи, за потреби забезпечують інотропну підтримку. Також дбають про налагодження якісної комунікації з лікувальним закладом, куди скеровується пацієнт, і готують усі документи. У віддаленій місцевості, де рятувальне нейрохірургічне втручання не може бути виконане в необхідних часових межах, можна провести екстрену евакуацію екстрааксальної внутрішньочерепної гематоми (епі- або субдуральної) через трепанаційний отвір. Ця процедура розглядається у випадках, коли бал за ШКГ становить менше 8 і є результати візуалізаційних досліджень, які свідчать про наявність екстрааксальної гематоми, що спричиняє зміщення серединної лінії й анізокорію. Виконання рятувальної трепанації черепа бажано обговорити з нейрохірургом наперед. Клініцист, який виконує операцію, повинен бути добре навченим і мати під рукою відповідне обладнання (наприклад, ручний дріль зі спеціальним перфоратором із запобіжним механізмом).

ПІДСУМКИ РОЗДІЛУ

ЧМТ і УСМ є основними причинами смерті та інвалідизації. Етап “D” алгоритму xABCDE, на якому визначають неврологічний дефіцит, охоплює оцінювання функцій головного і спинного мозку, неврологічних ушкоджень і нестабільності хребта. Для оцінки тяжкості ЧМТ і виявлення неврологічного погіршення шляхом частотої повторної оцінки використовують ШКГ і реакцію зіниць. Відповідний механізм (наприклад, проникаюче поранення поблизу розміщення неврологічних структур або високоенергетична тупа травма) спонукає до обстеження на наявність потенційного УСМ і травми хребетного стовпа. Точне документування та повторна оцінка сенсорної і моторної функцій є дуже важливими.

ЧМТ описують згідно з анатомічною локалізацією травми. СДГ - це скупчення крові між внутрішньою поверхнею черепа і твердою мозковою оболонкою. Якщо оперативно провести операцію з приводу СДГ, більшість пацієнтів одужують без неврологічного дефіциту. Добре пояснює регуляцію ВЧТ доктрина Монро-Келлі.

Безперервна доставка насиченої киснем крові до мозкової тканини є основним компонентом лікування ЧМТ й УСМ. Цього

досягають шляхом підтримки цільових показників АТ і SpO₂. Шок усувають швидко й ефективно. Вчасне виявлення погіршення неврологічного статусу є критично важливим для зниження інвалідизації та смертності від ЧМТ. Якщо пацієнту діагностовано ЧМТ чи УСМ, слід якомога швидше отримати консультацію хірурга з метою планування лікування і можливих втручань.

КЛЮЧОВІ МОМЕНТИ

- Лікування ЧМТ й УСМ є критично залежним від часу. Швидке проведення втручань збільшує ймовірність виживання, запобігає вторинним ушкодженням і зменшує рівень довгострокової інвалідності.
- Гіпоксія і гіпотензія мають шкідливий вплив на ЧМТ й УСМ і потребують негайного лікування. Поєднання гіпотензії і гіпоксії подвоює ризик смерті внаслідок ЧМТ.
- КТ є оптимальним методом візуалізації як для ЧМТ, так і для УСМ.
- Виявлення гострих гематом і швидке скерування на можливе нейрохірургічне втручання є життєво важливими для забезпечення оптимального потенціалу для відновлення.
- ЧМТ й УСМ мають динамічний перебіг та можуть погіршуватися з часом. Регулярна повторна оцінка є надзвичайно важливою.
- Своєчасне розпізнавання і лікування критичного погіршення неврологічного статусу є життєво важливими для досягнення оптимальних результатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. James SL, Theadom A, Ellenbogen RG, et al. Global, regional, and national burden of traumatic brain injury and spinal cord injury, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol.* 2019;18(1):56–87.
2. Ahuja CS, Wilson JR, Nori S, et al. Traumatic spinal cord injury. *Nat Rev Dis Primers.* 2017;3:17018.
3. American College of Surgeons. Best Practices Guidelines: Spine Injury. https://www.facs.org/media/k45gikqv/spine_injury_guidelines.pdf. Mar 2022.
4. Norager NH, Olsen MH, Pedersen SH, Riedel CS, Czosnyka M, Juhler M. Reference values for

- intracranial pressure and lumbar cerebrospinal fluid pressure: A systematic review. *Fluids Barriers CNS*. 2021;18(1):19.
5. Goldberg W, Mueller C, Panacek E, et al. Distribution and patterns of blunt traumatic cervical spine injury. *Ann Emerg Med*. 2001;38(1):17–21.
 6. DeVivo MJ, Ivie CS III. Life expectancy of ventilator- dependent persons with spinal cord injuries. *Chest*. 1995;108(1):226–232.
 7. DeVivo MJ, Krause JS, Lammertse DP. Recent trends in mortality and causes of death among persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80(11):1411–1419.
 8. Long B, April MD, Summers S, Koyfman A. Whole body CT versus selective radiological imaging strategy in trauma: An evidence-based clinical review. *Am J Emerg Med*. 2017;35(9):1356–1362.
 9. Krassioukov A, Claydon VE. The clinical problems in cardiovascular control following spinal cord injury: An overview. *Prog Brain Res*. 2006;152:223–229.
 10. Yue JK, Winkler EA, Rick JW, et al. Update on critical care for acute spinal cord injury in the setting of polytrauma. *Neurosurg Focus*. 2017;43(5):E19.
 11. Stein SC. Minor head injury: 13 is an unlucky number. *J Trauma*. 2001;50(4):759–760.
 12. Godoy DA, Aguilera S, Rabinstein AA. Potentially severe (moderate) traumatic brain injury: A new categorization proposal. *Crit Care Med*. 2020;48(12):1851–1854.
 13. Kirshblum S, Snider B, Rupp R, Read MS, International Standards Committee of ASIA and ISCoS. Updates of the International Standards for Neurologic Classification of Spinal Cord Injury: 2015 and 2019. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2020;31(3):319–330.
 14. Chiu RG, Siddiqui N, Fuentes A, et al. Early versus late surgical intervention for central cord syndrome: A nationwide all-payer inpatient analysis of length of stay, discharge destination and cost of care. *Clin Neurol Neurosurg*. 2020;196:106029.
 15. Sjeklocha L, Gatz JD. Traumatic injuries to the spinal cord and peripheral nervous system. *Emerg Med Clin N Am*. 2021;39(1):1–28.
 16. Murphy RN, de Schoulepnikoff C, Chen JH, et al. The incidence and management of peripheral nerve injury in England (2005–2020). *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2023;80:75–85.
 17. Chesnut R, Temkin N, Videtta W, et al. Consensus- based management protocol (CREVICE protocol) for the treatment of severe traumatic brain injury based on imaging and clinical examination for use when intracranial pressure monitoring is not employed. *J Neurotrauma*. 2020;37(11):1291–1299.
 18. Hawryluk GW, Aguilera S, Buki A, et al. A management algorithm for patients with intracranial pressure monitoring: The Seattle International Severe Traumatic Brain Injury Consensus Conference (SIBICC). *Intensive Care Med*. 2019;45(12):1783–1794.
 19. Saatman KE, Duhaime AC, Bullock R, et al. Classification of traumatic brain injury for targeted therapies. *J Neurotrauma*. 2008;25(7):719–738.
 20. Fischer PE, Perina DG, Delbridge TR, et al. Spinal motion restriction in the trauma patient—A joint position statement. *Prehosp Emerg Care*. 2018;22(6):659–661.
 21. Leonard JR, Jaffe DM, Kuppermann N, et al. Cervical spine injury patterns in children. *Pediatrics*. 2014;133(5):e1179– e1188.
 22. Tran A, Yates J, Lau A, Lampron J, Matar M. Permissive hypotension versus conventional resuscitation strategies in adult trauma patients with hemorrhagic shock: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Trauma Acute Care Surg*. 2018;84(5):802–808.
 23. Lombardo S, Smith MC, Semler MW, et al. Balanced crystalloid versus saline in adults with traumatic brain injury: Secondary analysis of a clinical trial. *J Neurotrauma*. 2022;39(17–18):1159–1167.
 24. Cooper DJ, Myles PS, McDermott FT, et al. Prehospital hypertonic saline resuscitation of patients with hypotension and severe traumatic brain injury: A randomized controlled trial. *JAMA*. 2004;291(11):1350–1357.
 25. Readdy WJ, Whetstone WD, Ferguson AR, et al. Complications and outcomes of vasopressor usage in acute traumatic central cord syndrome. *J Neurosurgery Spine*. 2015;23(5):574–580.
 26. Lewis T, Merchan C, Altshuler D, Papadopoulos J. Safety of the peripheral administration of vasopressor agents. *J Intensive Care Med*. 2019;34(1):26–33.
 27. De Oliveira Manoel AL, Neto AC, Veigas PV, Rizoli S. Traumatic brain injury associated coagulopathy. *Neurocrit Care*. 2015;22(1):34–44.
 28. Bullock MR, Chesnut R, Ghajar J, et al. Surgical management of acute epidural hematomas. *Neurosurgery*. 2006;58(3 Suppl):S7–15; discussion Si–iv.
 29. Bullock MR, Chesnut R, Ghajar J, et al. Surgical management of traumatic parenchymal lesions. *Neurosurgery*. 2006;58(3 Suppl):S25–46; discussion Si–iv.
 30. Bullock MR, Chesnut R, Ghajar J, et al. Surgical management of depressed cranial fractures.

- Neurosurgery. 2006;58(3 Suppl):S56–60; discussion Si–iv.
31. Bullock MR, Chesnut R, Ghajar J, et al. Surgical management of posterior fossa mass lesions. *Neurosurgery*. 2006;58(3 Suppl):S47–55; discussion Si–iv.
 32. Hutchinson PJ, Corteen E, Czosnyka M, et al. Decompressive craniectomy in traumatic brain injury: The randomized multicenter RESCUEicp study (www.RESCUEicp.com). *Acta Neurochir Suppl*. 2006;96:17–20.
 33. Grassner L, Wutte C, Klein B, et al. Early decompression (< 8 h) after traumatic cervical spinal cord injury improves functional outcome as assessed by spinal cord independence measure after one year. *J Neurotrauma*. 2016;33(18):1658–1666.
 34. Mattiassich G, Gollwitzer M, Gaderer F, et al. Functional outcomes in individuals undergoing very early (< 5 h) and early (5–24 h) surgical decompression in traumatic cervical spinal cord injury: Analysis of neurological improvement from the Austrian Spinal Cord Injury Study. *J Neurotrauma*. 2017;34(24):3362–3371.
 35. Bourassa-Moreau E, Mac-Thiong JM, Li A, et al. Do patients with complete spinal cord injury benefit from early surgical decompression? Analysis of neurological improvement in a prospective cohort study. *J Neurotrauma*. 2016;33(3):301–306.
 36. Francony G, Fauvage B, Falcon D, et al. Equimolar doses of mannitol and hypertonic saline in the treatment of increased intracranial pressure. *Crit Care Med*. 2008;36(3):795–800.
 37. Bulger EM, May S, Brasel KJ, et al. Out-of-hospital hypertonic resuscitation following severe traumatic brain injury: A randomized controlled trial. *JAMA*. 2010;304(13):1455–1464.
 38. CRASH-3 trial collaborators. Effects of tranexamic acid on death, disability, vascular occlusive events and other morbidities in patients with acute traumatic brain injury (CRASH-3): A randomised, placebo-controlled trial. *Lancet*. 2019;394(10210):1713–1723.
 39. Temkin NR, Dikmen SS, Wilensky AJ, Keihm J, Chabal S, Winn HR. A randomized, double-blind study of phenytoin for the prevention of post-traumatic seizures. *N Engl J Med*. 1990;323(8):497–502.
 40. Szaflarski JP, Sangha KS, Lindsell CJ, Shutter LA. Prospective, randomized, single-blinded comparative trial of intravenous levetiracetam versus phenytoin for seizure prophylaxis. *Neurocrit Care*. 2010;12(2):165–172.
 41. Inaba K, Menaker J, Branco BC, et al. A prospective multicenter comparison of levetiracetam versus phenytoin for early posttraumatic seizure prophylaxis. *J Trauma Acute Care Surg*. 2013;74(3):766–773; discussion 771–773.
 42. Jones KE, Puccio AM, Harshman KJ, et al. Levetiracetam versus phenytoin for seizure prophylaxis in severe traumatic brain injury. *Neurosurg Focus*. 2008;25(4):E3.
 43. Peterson AB, Thomas KE, Zhou H. Surveillance Report of Traumatic Brain Injury-related Deaths by Age Group, Sex, and Mechanism of Injury—United States, 2018 and 2019. *Centers for Disease Control and Prevention*; 2022.
 44. Parent S, Dimar J, Dekutoski M, Roy-Beaudry M. Unique features of pediatric spinal cord injury. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(21 Suppl):S202–S208.
 45. Reilly CW. Pediatric spine trauma. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89 Suppl 1:98–107.
 46. Weinstein SL. *The Pediatric Spine: Principles and Practice*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
 47. Kalanjiyam GP, Kanna RM, Rajasekaran S. Pediatric spinal injuries—Current concepts. *J Clin Orthop Trauma*. 2023;38:102122.
 48. Pang D, Wilberger JE Jr. Spinal cord injury without radiographic abnormalities in children. *J Neurosurg*. 1982;57(1):114–129.
 49. Kegler SR, Simon TR, Zwald ML, et al. Vital signs: Changes in firearm homicide and suicide rates—United States, 2019–2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2022;71(19):656–663.
 50. Simon TR, Kegler SR, Zwald ML, et al. Notes from the field: Increases in firearm homicide and suicide rates—United States, 2020–2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2022;71(40):1286–1287.
 51. Rosenfeld JV, Bell RS, Armonda R. Current concepts in penetrating and blast injury to the central nervous system. *World J Surg*. 2015;39(6):1352–1362.
 52. Quigley KJ, Place HM. The role of debridement and antibiotics in gunshot wounds to the spine. *J Trauma*. 2006;60(4):814–819; discussion 819–820.
 53. Baratloo A, Ahmadzadeh K, Forouzanfar MM, et al. NEXUS vs. Canadian C-Spine Rule (CCR) in predicting cervical spine injuries; a systematic review and meta-analysis. *Arch Acad Emerg Med*. 2023;11(1):e66. DOI: 10.22037/aaem.v11i1.2143. PMID: 37840870; PMCID: PMC10568954.
 54. Mower WR, Gupta M, Rodriguez R, et al. Validation of the sensitivity of the National Emergency X-Radiography Utilization Study (NEXUS) head computed tomographic (CT) decision instrument for selective imaging of blunt head injury patients: an observational study. *PLoS Med*. 2017;14:e1002313.