

Понтотомедуларна лацерација и удружене повреде главе и врата – могући механизми настанка

Владимир Живковић, Слободан Николић

Институт за судску медицину, Медицински факултет, Универзитет у Београду, Београд, Србија

КРАТАК САДРЖАЈ

Анатомски, мождано стабло чине продужена можина, понс и средњи мозак. Трауматске лацерације можданог стабла најчешће настају на понтотомедуларном споју. Први и најзначајнији механизам настанка понтотомедуларне лацерације је дејство механичке силе у предео браде, без прелома базе лобање или са њим – прелом пирамида темпоралне кости, хинџ-прелом или ринг-прелом, а све због преноса кинетичке енергије са мандибуле ка лобањи. Други механизам јесте дејство механичке силе у латерални предео главе са настанком хинџ-прелома, при чему појава понтотомедуларне лацерације зависи како од кинетичке енергије ударца, тако и од места пружања прелома преко костију базе лобање. Трећи механизам настанка понтотомедуларне лацерације јесте фронтостериорна хиперекстензија главе услед дејства механичке силе у фронтални предео главе, удружено с преломом или дислокацијом горњих пршљенова вратног дела кичменог стуба. Четврти механизам настанка ове повреде је индиректни – механичка сила делује на главу индиректно, преносом силе преко кичменог стуба одоздо навише, услед пада на ноге или седални предео, када долази до преноса кинетичке енергије дуж кичменог стуба и телескопског утискивања кичменог стуба у базу лобање. Преломи мандибуле и костију лица у великој мери делују као амортизери силе: смањују могућност преноса силе и кинетичке енергије ка мозгу, те спречавају настанак понтотомедуларних лацерација. У свим овим случајевима препарација задње стране врата треба да буде стандардни део обдукције, будући да је ова повреда можданог стабла често удружена с повредама чврстих структура горњег дела врата.

Кључне речи: понтотомедуларна лацерација; мождано стабло; прелом базе лобање; прелом мандибуле; прелом кичмених пршљенова

УВОД

Анатомски, мождано стабло чине продужена можина, понс и средњи мозак. Средњи мозак се налази најростралније, испод дијенцефалона; понс је у средини, накривен малим мозгом, а продужена можина се налази каудално од можданог стабла. Она се, пак, наставља на кичмену мождину [1, 2]. Вертебралне артерије и базиларна артерија, као и њихове гране, исхрањују мождано стабло [1, 2].

Центри за мождану рефлексну контролу циркулације, рада срца и плућа налазе се у можданом стаблу. Ови се центри називају и виталним, јер је њихово оштећење фатално. У можданом стаблу се налази и ретикуларна формација, која има најважнију улогу у координацији и интеграцији сложених вегетативних путева [3]. Ретикуларну формацију чине бројна острвца сиве масе, између којих се налази велики број кратких асоцијативних путева [1]. Аферентна влакна која стижу до ових центара у већини случајева воде порекло од специјализованих висцералних рецептора: не само рецептора у каротидним и аортним синусима и телашцима, већ и рецепторских ћелија које су смештене у самој продуженој мождини [3].

ПОЈАМ ПОНТОМЕДУЛАРНЕ ЛАЦЕРАЦИЈЕ

Трауматска лацерација можданог стабла најчешће настаје на понтотомедуларном споју. Први пут је описана 1970. године. Дотад се сматрало да је у питању био артефакт настао током обдукције, а не повреда [4].

Рострални, спљоштени део продужене мождине налаже на кливус, а каудални, цилиндрични, налази се у кичменом каналу. Ова два дела продужене мождине заклапају међусобно угао од око 160 степени. Продужену мождину од можданог моста одваја тзв. задмостна бразда (лат. *fossa postpontina*), и ту је мождано стабло анатомски најтање [1]. У овом пределу током ембрионалног развоја формира се понтина флексура мозга [5], па је ово подручје најосетљивије на дејство силе.

Лацерација можданог стабла може настати директно или индиректно [6]. Увек је са вентралне стране. Може бити парцијална или комплетна. Може се појављивати као изолована повреда или удружена са другим повредама [7]. Врло се ретко среће лонгитудинална лацерација, а она настаје услед директног утиснућа коштаних одломака у ткиво можданог моста [8]. Иако су описани

Correspondence to:

Slobodan NIKOLIĆ
Institut za sudsku medicinu
Medicinski fakultet
Deligradska 31a, 11000 Beograd
Srbija
bobanvladislav@yahoo.com;
slobodan.nikolic@mfub.bg.ac.rs

појединачни случајеви краткотрајног надживљавања понтомедуларне лацерације [9], смрт је у овим случајевима скоро увек тренутна [7, 10].

БИОМЕХАНИЧКА СВОЈСТВА ГЛАВЕ

Понтомедуларна лацерација може бити удружена с преломима базе лобање (тзв. хинџ-преломи или ринг-преломи) и са атлантоокципиталним преломима/луксацијама, као и преломима или дислокацијом горњих пршљенова вратног дела кичменог стуба [2, 7, 10-16]. Ринг (прстенасте) фрактуре (енгл. *ring fractures*) јесу преломи задње лобањске јаме око великог потиљачног отвора: прелом потпуно или непотпуно захвата обе пирамиде и селу, те скваму окципиталне или чак и темпоралне кости [2, 7, 10, 11]. Хинџ-преломи (енгл. *hinge fractures*) – преломи у виду шарке на вратима – јесу преломи који попречно предвајају предњу и/или средњу лобањску јаму. У зависности од костију дуж којих се пружају линије прелома, постоје три типа хинџ-прелома: тип *I* се пружа симетрично преко пирамида и тела сфеноидне кости; тип *II* захвата једну пирамиду, тело сфеноидне кости, контралатерално мало крило сфеноидне кости и под предње лобањске јаме; тип *III* се пружа преко и између малих крила сфеноидне кости, предвајајући под предње лобањске јаме [7, 10, 11].

Биомеханичка својства главе – локализација тежишта главе и окципиталних кондилуса, маса главе и момент инерције – нису никада сумирани и анализирани у једној јединственој експерименталној биомеханичкој студији [17]. Зато механизам настанка понтомедуларне лацерације није потпуно јасан. Постојало је неколико хипотеза о настанку ове повреде. Једна од њих је и хипотеза о дејству тзв. сила смицања, које настају услед разлике у акцелерацији и децелерацији понтомедуларног споја. Друге су хипотезе биле следеће: хиперекстензија главе и врата, антерофлексија главе, торзија можданог стабла услед ротације главе и врата, утискивање базе лобање ка фронталној кости и утискивање кичменог стуба у окципиталну кост [4, 6, 18, 19, 20].

Ротационо убрзање главе у сагиталној равни које настаје при сваком наведеном механизму доводи до ротације и деформације мозга, те када се превазиђе одређени праг, настаје и повреда мозга [21]. Студије на експерименталним животињама показале су да авулзија можданог стабла у нивоу понтомедуларног споја настаје приликом екстремно великих фронтоокципиталних угаоних убрзања главе у сагиталној равни. Али, улогу у настанку понтомедуларне лацерације имају и покрети у хоризонталној равни [22, 23]. Због специфичних анатомских односа, и најмањи покрет можданог стабла ка тенторијалној инцизури може довести до њиховог директног контакта и повреде можданог стабла: анатомска раздаљина између можданог стабла и ивице тенторијума је до 5 *mm*. Ове две структуре су најближе у латералним деловима, са просечним растојањем од 1 *mm* [24]. И при ударцима малог интензитета у односу на сагиталну раван, мозак се помера

транслационо за 4–5 *mm* и ротира за ± 5 степени [25]. Сматра се да унилатерална лезија дорзалног дела можданог стабла (међумозга) може да се преживи, јер не садржи виталне центре [22]. Дакле, изгледа да повреде можданог стабла највероватније настају индиректним механизмима због инерције главе, уколико је сила која је деловала на горњу цервикалну кичму довољног интензитета [6, 25].

Скорашње обдукционе студије дају нови увид у механизам настанка понтомедуларне лацерације, и то у односу на место дејства механичке силе, а узимају у обзир и удружене повреде главе и горње вратне кичме [12-16].

ДЕЈСТВО МЕХАНИЧКЕ СИЛЕ У ПРЕДЕО БРАДЕ

Ударац у доњовилични предео доводи до децелерације главе и ротационог убрзања мозга [21]. Ударци у најистуренији део тела мандибуле, у нивоу врха браде, изазивају мању деформацију кости него ударци у њен латерални део. Да би настао прелом мандибуле у њеном предњем делу, интензитет механичке силе треба да буде најмање 2,5–4,8 *kN*, а да би настао у њеном латералном делу – 0,6–0,8 *kN* [26]. Уколико прелом кости не настане, кинетичка енергија се преноси преко темпоромандибуларних зглобова и кондиларних наставака на кости базе лобање, што може довести до њиховог индиректног прелома [27, 28]. Другим речима, кости доње половине лица, односно мандибуле, представљају баријеру за пренос кинетичке енергије ударца (механичке силе) на централни нервни систем [28]. При ударцу у предео браде механичка сила и покрети главе могу изазвати индиректну повреду можданог стабла – понтомедуларну лацерацију, места које је анатомски најтање и најосетљивије [5]. Зависно од интензитета силе, понтомедуларна лацерација може, али не мора, бити праћена преломом базе лобање [12-16]. Ако је механичка сила која је деловала у предео браде мањег интензитета па нема прелома базе лобање, ипак може бити довољног интензитета да услови тренутно раздвајање атлантоокципиталног зглоба, који, пак, утиче на настанак понтомедуларне лацерације. Повећањем интензитета механичке силе и преносом кинетичке енергије са мандибуле, преко темпоромандибуларних зглобова, на кости основице лобање у првом моменту долази до прелома пирамида темпоралних костију, затим до хинџ-прелома и, на крају, ринг-прелома [12-16]. Међукорак пре настанка прелома пирамида могло би да буде и крварење у средњем уву, које може да се види на обдукцији као модрикасто просијавање пирамида слепоочне кости [16]. Овакав механизам могућ је код повређивања у саобраћају [12, 14, 15, 16] и након пада с висине [13, 16]. Ређе су понтомедуларне лацерације праћене другим типовима прелома базе лобање: могу се јавити удружено с вишеструким преломима костију основице лобање, али тада обично нека од преломних линија попречно предваја тело сфеноидне кости или средњу лобањску јаму [12-16].

Описани механизам настанка понтомедуларних лацерација најчешћи је код смртно повређених возача, сувозача и путника у аутомобилима [12]. После удараца путничког возила у препреку, тј. после чеоног судара, тело возача који није користио сигурносни појас бива покренуто по инерцији унапред, те удара трупом у волан, када се тело и зауставља. Његова глава, међутим, наставља да се по инерцији и даље креће унапред, те долази до флексије вратног и грудног дела кичменог стуба. После тога, возач главом најчешће удара о ветробранско стакло и рам, тј. стубиће-носаче ветробранског стакла. У следећој фази тело бива гурнуто уназад, на седиште (дејство силе реакције), при чему сада, ако нема наслона за главу, глава бива забачена форсирано уназад, јер због своје релативно велике тежине има и велики замах. Механизам повређивања сувозача је сличан, с тим што његово тело унутар возила прелази дужи пут до препреке – инструмент-табле, па је и замах тела већи, као и флексија трупа [29]. Путници на задњем седишту су најзаштићенији – после чеоног судара они ударају телима о предња седишта, која амортизују ударац апсорбујући кинетичку енергију [10]. Иако је механизам повређивања релативно сличан, учесталост настанка понтомедуларне лацерације је иста код свих повређених у путничким возилима, без обзира на то где су седели у тренутку повређивања [12].

ДЕЈСТВО МЕХАНИЧКЕ СИЛЕ У ЛАТЕРАЛНИ И ПОСТЕРИОРНИ ПРЕДЕО ГЛАВЕ

Други механизам настанка понтомедуларне лацерације у вези је са дејством силе у латерални и постериорни, а донекле и фронтални предео главе [12-16]. Овакав механизам настанка чест је код повређених пешака, мотоциклиста и бициклиста [14, 15, 16]. Уобичајени судар мотоциклисте, бициклисте и пешака с путничким возилом састоји се од неколико фаза. Приликом контакта са предњим делом путничког аутомобила фазе повређивања могу бити: удар – примарни контакт са возилом, набацивање пешака (мотоциклисте, бициклисте) на возило, одбацивање тела, пад и ударац о подлогу, суљање или превртање тела по подлози и, на крају, евентуално прегажење [7, 10, 11]. При томе, не морају се нужно одиграти све описане фазе, а у свакој од њих могу настати типичне повреде [7, 10, 11]. Повреде главе обично су секундарне – настају приликом набацивања на возило, или терцијарне – приликом пада и удара о подлогу [11]. Време између иницијалног удара аутомобила у пешака (мотоциклисту, бициклисту) и повреде главе, односно време између примарног контакта и следеће фазе повређивања, је 40-60 ms. За то време, уколико је брзина аутомобила била 50–60 km/h, брзина главе повређеног може достићи и до 40 m/s. У тренутку повређивања главе услед набацивања на возило сила која делује на главу чине да глава има привидну тежину око три тоне (глава је иначе тешка око 5 kg). Сила оваквог интензитета довољна је да изазове тренутну и краткотрајну дислокацију атлатоокци-

питалног зглоба и настанак понтомедуларне лацерације [30]. Јачина удараца, на пример, често превазилази заштитно дејство кациге код мотоциклиста [10, 11]. Заштитна кацига донекле пружа заштиту од силе децелерације и апсорбује енергију приликом наглог смањивања брзине мотоциклисте ако је она иницијално мања од 20 km/h [7].

Понтомедуларна лацерација код пешака, мотоциклиста и бициклиста настаје и услед удараца у браду и преноса механичке силе и кинетичке енергије преко темпоромандибуларних зглобова на možдано стабло, слично као и код страдалих у путничким возилима у чеоним сударима [14, 15]. Међутим, у овим случајевима механичка сила много чешће делује латерално – темпоропаријетално, или ређе у фронтални или окципитални предео, те је и механизам настанка понтомедуларне лацерације нешто другачији [14, 15, 16]. Ударац о тврду подлогу (нпр. коловоз) или возило при великим брзинама доводи до прелома лобање у било којем делу главе, али су најчешћи темпоропаријетални преломи (хинџ-преломи). Овај прелом се често назива и прелом мотоциклиста [10, 11]. У овим случајевима обично постоји и прелом калварије, при чему се преломна линија продужава на базу лобање [12-16]. Тада понтомедуларна лацерација прати преломну линију која предваја базу лобање, па се повреде možданог стабла јављају удружене са хинџ-преломом тип I и II [12-16]. Појава понтомедуларне лацерације у овим случајевима зависи од интензитета механичке силе која је деловала на главу, али изгледа више од тачне позиције преломне линије, а мање од покрета главе. Зато хинџ-прелом настао на описани начин није чешће праћен понтомедуларном лацерацијом [12-16].

ДЕЈСТВО МЕХАНИЧКЕ СИЛЕ У ФРОНТАЛНИ ПРЕДЕО ГЛАВЕ И УДРУЖЕНОСТ ПОНТОМЕДУЛАРНЕ ЛАЦЕРАЦИЈЕ СА ПРЕЛОМИМА ГОРЊИХ ПРШЉЕНОВА ВРАТНОГ ДЕЛА КИЧМЕНОГ СТУБА

Приликом дејства механичке силе у фронтални предео главе, преломи и дислокације горњих пршљенова вратног дела кичменог стуба, укључујући и атлатоокципитални зглоб, настају чешће и често су удружени с понтомедуларном лацерацијом. Другим речима, изгледа да повреда горње вратне кичме повећава могућност настанка понтомедуларне лацерације [13-16]. Код удараца и у предњи и у задњи део главе највећи део кинетичке енергије се апсорбује у нивоу споја главе с вратом, односно у нивоу споја окципиталне кости и горње цервикалне кичме. На овај начин продужена možдина и почетни део кичмене možдине апсорбују највећи део кинетичке енергије, те се истежу, преносећи кинетичку енергију и на понтомедуларни спој [31]. Неке студије показују да је механизам настанка повреда горње вратне кичме, првенствено атлатоокципиталне дислокације, у вези с настанком прелома мандибуле [13-16]. Мандибула је, у биомеханичком

смислу, преко темпоромандибуларних зглобова ближа краниоцервикалном споју него било којем другом делу лобање или лица. Самим тим је дејство механичке силе, како у предео мандибуле, тако и у предњи део главе и лица, највероватније у вези с атлантоокципиталном дислокацијом [32]. Све то значи да и хиперекстензија врата има улогу у настанку понтомедуларне лацерације. Дакле, трећи механизам настанка понтомедуларне лацерације јесте фронтостериорна хиперекстензија главе услед дејства механичке силе у фронтални предео главе, удружена с преломом или дислокацијом горњих пршљенова вратног дела кичменог стуба [13-16]. Због тога код повреда можданог стабла треба урадити током обдукције и препарацију задње стране врата и прегледати његове чврсте структуре.

ИНДИРЕКТНО ДЕЈСТВО МЕХАНИЧКЕ СИЛЕ НА ГЛАВУ

Овакав механизам настанка понтомедуларне лацерације виђа се у случајевима пада с висине. Приликом пада с висине, у тренутку удара тела о подлогу, услед нагле децелерације, тело апсорбује кинетичку енергију, те су повреде интензивније што је висина с које је остварен пад већа [10]. Интензитет силе у тренутку удара тела о подлогу директно је пропорционалан висини с које тело пада и маси тела ($E_p = mg/h$; $E_k = mv^2/2$): што је већа висина с које тело пада, већа је и брзина коју тело постиже током пада ($v = \sqrt{2gh}$). Када је контакт с подлогом остварен ногама или седалним пределом, долази до индиректног дејства механичке силе на делове тела удаљене од оних који су били у директном контакту с подлогом. Тада је понтомедуларна лацерација последица преноса кинетичке енергије дуж кичменог стуба и може бити праћена ринг-преломом, односно последица је тзв. телескопског утискивања кичменог стуба у базу лобање [13].

ПОНТОМЕДУЛАРНА ЛАЦЕРАЦИЈА И ПРЕЛОМИ КОСТИЈУ ЛИЦА

Различити су подаци о удружености појаве понтомедуларне лацерације и прелома костију лица. Док неке студије показују да преломи костију лица штите мозак од повреда [27, 28], друге показују значајну удруженост повреда костију лица и мозга [33, 34].

Кости лица једним делом апсорбују, а другим врше пренос кинетичке енергије ка лобањи и мозгу. Приликом њиховог прелома трансфер кинетичке енергије додатно се смањује. Другим речима, кости лица имају функцију амортизера (енгл. *shock absorbers*) и самим тим штите мозак од преноса кинетичке енергије и евентуалних повреда, али ограничено. Уколико је сила исувише великог интензитета, ипак ће и поред прелома ових костију доћи до преноса довољне кинетичке енергије ка можданом стаблу да доведе до понтомедуларне лацерације [12-16].

ПОНТОМЕДУЛАРНА ЛАЦЕРАЦИЈА И ВИТАЛНЕ РЕАКЦИЈЕ

Дуго се сматрало да је понтомедуларна лацерација артефакт настао током обдукције, а не повреда [4, 6]. Макроскопски, ивице и стране понтомедуларне лацерације показују само минимална петехијална крварења, и то више на страни која је ближа срцу. У околини лацерације може постојати мање субарахноидно крварење, али и не мора [6, 10, 11, 19, 20]. Зато понекад, када постоји понтомедуларна лацерација, нарочито плитка, може да се постави питање заживотности ове повреде: да ли се заиста ради о заживотној фаталној повреди можданог стабла (било да је једини или један од неколико узрока смрти) или је артефакт настао услед форсираног повлачења можданог стабла при аутопсијској препарацији централног нервног система. Познавање механизма настанка лацерације можданог стабла и налаз удружених повреда главе, могу указивати на интравиталност повреде понтомедуларног споја – типични прелом костију главе, локалне повреде меких ткива лица и епикранијума, али и постојање попречних интималних расцепа вертебралних и базиларне артерије на пример. На виталност ове повреде могу указати и аспирација крви код, рецимо, удружених повреда главе и плућа [16]. У случајевима где уз трауматску индиректну руптуру аорте истовремено постоји и понтомедуларна лацерација, количина интерплеуралне крви мања од 1500 ml указује на то да је порекло крвног излива највероватније постмортално, те тада као узрок смрти треба прихватити, пре свега, повреду можданог стабла. С друге стране, интраплеурални крвни излив већи од 1500 ml треба сматрати заживотним, а понтомедуларну лацерацију и губитак веће количине крви третирати као конкурентне плуралне узроке смрти. Дакле, количина интраплеуралног крвног излива могла би да укаже на редослед наношења повреда [35].

Интимални расцепи артерија вертебробазиларног система настају истим механизмом као и понтомедуларне лацерације и могу да укажу на заживотност повреде. Међутим, треба бити опрезан с обзиром на то да ови расцепи могу да настану и као артефакт приликом обдукције и препарације органа кранијума [16].

ЗАКЉУЧАК

Први и најзначајнији механизам настанка понтомедуларне лацерације јесте дејство механичке силе у предео браде, без прелома базе лобање или са њим (прелом пирамида темпоралне кости, хинц-прелом или ринг-прелом), због преноса кинетичке енергије са мандибуле ка лобањи. Други механизам настанка ове повреде јесте дејство механичке силе у латерални предео главе с настанком хинц-прелома, при чему појава понтомедуларне лацерације у овим случајевима зависи како од енергије ударца, тако и од тачне позиције линије прелома. Трећи механизам настанка јесте фронтостериорна

стериорна хиперекстензија главе услед дејства силе у фронтални предео главе, удружено с преломом или дислокацијом горњих пршљенова вратног дела кичменог стуба. У мањем броју случајева понтомедуларне лацерације настају индиректно, услед преноса кинетичке енергије дуж кичменог стуба и телескопског утискивања кичменог стуба у базу лобање. Преломи мандибуле и костију лица у великој мери делују као амортизери силе: смањују могућност преноса механичке силе и кинетичке енергије ка мозгу и спречавају настанак понтомедуларних лацерација. У свим овим

случајевима препарација задње стране врата треба да буде стандардни део обдукције, будући да је ова повреда можданог стабла често удружена с повредама чврстих структура горњег дела врата.

НАПОМЕНА

Рад је реализован у оквиру пројекта бр. 45005 Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

ЛИТЕРАТУРА

1. Šljivić B. Anatomija centralnog nervnog sistema. 9th ed. Beograd – Zagreb: Medicinska knjiga; 1983.
2. Whitwell H. Forensic Neuropathology. London: Hodder Arnold; 2005.
3. McCance KL, Huether SE. Pathophysiology – The Biologic Basis for Disease in Adults and Children. 6th ed. London: Mosby; 2010.
4. Lindenberger R, Freytag E. Brainstem lesions characteristic of traumatic hyperextension of the head. Arch Pathol. 1970; 90:509-15.
5. Sadler T. W. Langman's Medical Embryology. 10th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
6. Gunji H, Mizusawa I, Hiraiwa K. The mechanism underlying the occurrence of traumatic brainstem lesions in victim of traffic accidents. Legal Med. 2002; 4:84-9.
7. Spitz WU, Fisher RS. Medicolegal Investigation of Death: Guidelines for the Application of Pathology to Crime Investigation. Springfield: Charles C. Thomas; 2006.
8. Zhu BL, Quan L, Ishida K, Taniguchi M, Oritani S, Fujita MQ, et al. Longitudinal brainstem laceration associated with complex basilar skull fractures due to a fall: an autopsy case. Forensic Sci Int. 2002; 126:40-2.
9. Pilz P, Strohecker J, Grobovschek M. Survival after traumatic pontomedullary tear. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1982; 45:422-7.
10. Saukko P, Knight B. Forensic Pathology. 3rd ed. London: Hodder Arnold; 2004.
11. Shkrum M, Ramsay D. Forensic Pathology of Trauma – Common Problems for the Pathologist. Totowa: Humana Press; 2007.
12. Živković V, Nikolić S, Babić D, Juković F. The significance of pontomedullary laceration in car occupants following frontal collisions: a retrospective autopsy study. Forensic Sci Int. 2010; 202:13-6.
13. Živković V, Nikolić S, Babić D, Džonić D, Atanasijević T, Djurić M. Pontomedullary lacerations in falls from a height – a retrospective autopsy study. J Forensic Sci. 2012; 57(3):653-7.
14. Živković V, Nikolić S, Strajina V, Babić D, Džonić D, Djurić M. Pontomedullary lacerations in unhelmeted motorcyclists and bicyclists: a retrospective autopsy study. Am J Forensic Med Pathol. 2011; 33(4):349-53.
15. Živković V, Nikolić S, Strajina V, Babić D, Džonić D, Djurić M. Pontomedullary lacerations in pedestrians: an autopsy study. Med Sci Law. 2012; 52(2):107-11.
16. Živković V, Nikolić S, Strajina V, Babić D, Džonić D, Djurić M. Pontomedullary lacerations and concomitant head and neck injuries: their underlying mechanism. A prospective autopsy study. Forensic Sci Med Pathol. 2012; 8(3):237-42.
17. Yoganandan N, Pintar FA, Zhang J, Baisden JL. Physical properties of the human head: Mass, center of gravity and moment of inertia. J Biomech. 2009; 42:1177-92.
18. Adams VI. Neck injuries: III. Ligamentous injuries of the craniocervical articulation without occipito-atlantal or atlanto-axial facet dislocation. A pathologic study of 21 traffic fatalities. J Forensic Sci. 1993; 38(5):1097-104.
19. Kondo T, Saito K, Nishigami J, Ohshima T. Fatal injuries of the brain stem and/or upper cervical spinal cord in traffic accidents: nine autopsy cases. Sci Justice. 1995; 35:197-201.
20. Simpson DA, Blumbergs PC, Cooter RD, Kilminster M, McLean AJ, Scott G. Pontomedullary tears and other gross brainstem injuries after vehicular accidents. J Trauma. 1989; 29:1519-25.
21. Laurer HL, Lenzlinger PM, McIntosh TK. Models of traumatic brain injury. Eur J Trauma. 2000; 26:95-100.
22. Stan AC, Guenther D, Fieguth A, Hori A. Traumatic ponto-medullary tear: a case report. Forensic Sci Int. 1996; 77:37-43.
23. Saeki N, Yamaura A, Sunami K. Brain stem contusion due to tentorial coup injury: case report and pathomechanical analysis from normal cadavers. Br J Neurosurg. 1998; 12:151-5.
24. Zou H, Schmiedeler JP, Hardy WN. Separating brain motion into rigid body displacement and deformation under low-severity impact. J Biomech. 2007; 40:1183-91.
25. Imamura T, Kojima T, Yashiki M, Namera A. Traumatic avulsion fracture of the occipital condyles and clivus: a case report. Legal Med. 2000; 2:49-53.
26. Unnewehr M, Homann C, Schmidt PF, Sotony P, Fischer G, Brinkmann B, et al. Fracture properties of the human mandible. Int J Leg Med. 2003; 117:326-30.
27. DuChesne A, Unnewehr M, Schmidt PF, Sotony P, Brinkmann B, Piffkó J, et al. Deformation characteristics of the human mandible in low impact experiments. Int J Leg Med. 2003; 117:257-62.
28. Zacharaides N, Mezitis M, Mourouzis C, Papadakis D, Spanou A. Fractures of the mandibular condyle: a review of 466 cases. Literature review, reflections on treatment and proposals. J Craniomaxillofac Surg. 2006; 34:421-32.
29. Parenteau CS, Viano DC, Lovsund P, Tingvall C. Foot-ankle injuries. Influence of crash location, seating position and age. Accid Anal Prev. 1996; 28:607-17.
30. Mizoi Y, Tatsuno Y, Nakanishi K, Satoshi F, Yanagida Y. The mechanism of occurrence of ring-fractures at the base of the skull. Jpn J Legal Med. 1982; 36:562-8.
31. Zong Z, Lee HP, Lu C. A three-dimensional human head finite element model and power flow in a human head subject to impact loading. J Biomech. 2006; 39:284-92.
32. Imaizumi T, Sohma T, Hotta H, Teto I, Imaizumi H, Kaneko M. Associated injuries and mechanism of atlanto-occipital dislocation caused by trauma. Neurol Med Chir (Tokyo). 1995; 35:385-91.
33. Nikolić SD, Atanasijević TC, Popović VM, Šoć MV. The facial-bone fractures among fatally injured car occupants in frontal collisions. Leg Med (Tokyo). 2009; 11(Suppl 1):S321-3.
34. Keenan HT, Brundage SI, Thompson DC, Maier RV, Rivara FP. Does the face protect the brain? A case-control study of traumatic brain injury and facial fractures. Arch Surg. 1999; 134:14-7.
35. Živković V, Nikolić S, Babić D, Juković F. Brain-stem laceration and blunt rupture of thoracic aorta: is the intrapleural bleeding postmortem in origin? An autopsy study. Am J Forensic Med Pathol. 2011; 32:364-7.

Pontomedullary Lacerations and Concomitant Injuries: A Review of Possible Underlying Mechanisms

Vladimir Živković, Slobodan Nikolić

Institute of Forensic Medicine, University of Belgrade, School of Medicine, Belgrade, Serbia

SUMMARY

Anatomically, brainstem is constituted of medulla oblongata, pons and mesencephalon. Traumatic lesions of brainstem most commonly occur on pontomedullary junction. There are several possible mechanisms of pontomedullary lacerations. The first mechanism includes impact to the chin, with or without a skull base fracture, and most often leads to this fatal injury, due to impact force transmission through the jawbone and temporomandibular joint. The second mechanism includes lateral and posterior head impacts with subsequent hinge fractures, where occurrence of pontomedullary lacerations in these cases may depend on the energy of impact, as well as on the exact position of the fracture line, but less so on the head's movement. The third mechanism includes frontoposterior hyperextension of the head, due to frontal impact, concomitant with fractures

or dislocations of upper spine. In the fourth mechanism, there is an absence of direct impact to the head, due to the indirect force of action after feet or buttocks-first impact. Most of these cases are accompanied by ring fractures as well. In situations such as these, the impact force is transmitted up the spinal column and upper vertebrae, and telescopically intruded into the skull, causing brainstem laceration. The jawbone and other facial bones can act as shock absorbers, and their fracture could diminish the energy transfer towards the skull and protect the brain and brainstem from injury. In all the cases with pontomedullary laceration posterior neck dissection should be performed during the autopsy, since upper spine injuries are often associated with this type of injury.

Keywords: pontomedullary laceration; brainstem injury; skull base fracture; spinal fractures; mandibular fractures

Примљен • Received: 02/02/2012

Прихваћен • Accepted: 29/06/2012