

Mecanismul lezional – cinetica în traumă. Ce s-a întâmplat? Cum?

M. Beuran, I. Negoii, S. Paun, A. Runcanu, B. Gaspar

Spitalul Clinic de Urgență București, România

Energia nu poate fi nici creată, nici distrusă, doar transformată.

James Joule

Rezumat

Introducere: înțelegerea mecanismului lezional reprezintă un element cheie în diagnosticul și managerizarea leziunilor traumatice, atât prin contuzie cât și penetrante.

Metodă: review al literaturii ce abordează principalele tipuri de mecanisme lezionale implicate în traumatismele moderne, folosind bazele de date Medline, Cochrane Library și Embase.

Rezultate: pentru a putea înțelege corect ce s-a întâmplat cu victima unui accident de mașină și pentru a aprecia leziunile posibile, chirurgul de traumă trebuie să cunoască cât mai multe detalii de la locul accidentului: viteza aproximativă a automobilelor, direcția de impact, dacă mașina s-a rostogolit, dacă ocupanții purtau centuri de siguranță, dacă airbag-urile au explodat, cât de deformat este interiorul mașinii și cât timp a durat descarcerarea. Motocicliștii sunt de 20-30 de ori mai supuși riscului de a suferi leziuni severe sau a deceda prin accident rutier decât ocupantul unui autovehicul. Evidența actuală arată o scădere importantă a severității lezionale prin utilizarea la scară tot mai largă a mijloacelor de protecție. Cu toate aceste puține țări de pe Glob dețin legi cuprinzătoare în ceea ce privește obligativitatea mijloacelor de protecție. Sistemele de traumă moderne folosesc printre criteriile de triaj în etapa prespital și date ale mecanismului lezional.

Concluzii: chirurgul de traumă trebuie să cunoască mecanismul lezional. Acest lucru îi permite suspectarea unor leziuni potențiale, diagnosticul lor precoce și creșterea calității îngrijirii pacientului traumatizat.

Cuvinte cheie: traumatism, mecanism lezional, cinetică

Abstract

Mechanism of injury – trauma kinetics. What happened? How?

Introduction: understanding the mechanism of injuries represents a key element in blunt and penetrating trauma management.

Method: systematic review of the main types of the modern trauma mechanisms, using Medline, Cochrane Library and Embase databases.

Results: to properly understand the road car accident injuries, trauma surgeon should know as many details from the scene: the speed of cars, impact direction, if the car rolled over, if occupants were restrained, if airbags exploded, vehicle telemetry, extrication time. Motorcyclists are 20 to 30 times more at risk for severe injuries or death than the four-wheel vehicle occupants. Current evidence shows a significant decrease in injuries severity by increasing use of seat-belts, motorcycle helmets, childrestraints and speed limit. Despite this, little countries around the world have road safety laws relating to key factors that can be considered sufficiently comprehensive in scope. Many modern trauma systems use for

Correspondență: Prof. Univ. Dr. Mircea Beuran
Clinica de Chirurgie, Spitalul Clinic de Urgență
Calea Floreasca nr. 8, Sector 1, Cod 014461
București, România
E-mail: drmirceabeuran@yahoo.com

prehospital triage mechanism of injury criteria.

Conclusions: the trauma surgeon should know the mechanism of injury. This allows a high suspicion for potential injuries, their early diagnosis and an increase in the quality of trauma patient care.

Key words: trauma, injury mechanism, kinetic

Introducere

Încă de la începutul existenței sale, omul a suferit leziuni traumatice prin cădere, foc, înec și conflicte interpersonale. În timp ce mecanismul lezional și frecvența diferitelor injurii specifice s-a modificat o dată cu trecerea mileniilor, traumatismele rămân o cauză foarte importantă de mortalitate și morbiditate în societatea modernă (1). Trauma îndeplinește condițiile unei pandemii, în fiecare zi murind pe glob 16.000 de oameni ca rezultat al unui traumatism (5,8 milioane/an). Dată fiind frecvența în continuă creștere, în 2020 sunt

așteptate 8,4 milioane decese/an datorate traumatismelor. Traumatismele reprezintă una din primele cinci cauze de mortalitate și morbiditate pentru toate grupele de vârstă de sub 60 de ani. În țările dezvoltate majoritatea traumatismelor sunt produse prin accidente rutiere, iar în țările în curs de dezvoltare prin agresiune umană și prin război (2). Traumatismul este definit ca o distrugere a structurii sau funcției corpului uman, cauzat de un schimb brusc de energie (mecanică, chimică, termică, radioactivă sau biologică) ce depășește toleranța organismului (3,4). Mecanismul lezional reprezintă interacțiunea complexă între mai multe elemente fizice care generează un model traumatic. În apariția unei leziuni traumatice implică interacțiunea între două grupuri de factori: (1) transferul fizic de energie – depinde de amplitudinea forței și de durata de acțiune, (2) răspunsul biologic al corpului uman – depinde de rezistența organelor (4). În activarea echipei de traumă și triajul prespital se regăsesc criterii importante legate mecanismul lezional (*Tabelul 1*) (4). Totuși aceste criterii sunt subiective și greu de apreciat, astfel încât sensibilitatea (capacitatea lor de a detecta pacienții cu leziuni severe) și specificitatea (capacitatea lor de a detecta pacienții cu leziuni ce nu amenință viața) lor este variabilă (*Tabelul 2*) (5,6).

Tabelul 1. Criterii de activare a echipei de traumă bazate pe mecanismul lezional [adaptat după (4,7)]

The Royal College of Surgeons of England and the British Orthopaedic Association 2000 (4,7)	The Committee on Trauma of the American College of Surgeons (4,8,9)
Accident cu ≥ 5 victime	Accident rutier cu risc crescut:
Accident ce implică un deces	• Deformarea automobil > 50 cm
Viteză de impact mare	• Deformarea compartimentului pentru pasageri > 30 cm
Ocupant proiectat din mașină	• Ocupant proiectat din mașină
Plagă înjunghiată deasupra taliei	• Pasager din același compartiment decedat
Plagă împușcată	• Măsurătorile mașinii sugerează risc crescut lezional
Precipitare > 8 metri	Precipitare
	• Adult > 6 m (un etaj = 3 m)
	• Copil > 3 m, sau de 2-3 x înălțimea copilului
Pieton copil/biciclist lovit de autovehicul	Automobil vs. pieton/biciclist:
	• Proiectat
	• Rostogolit
	• Viteză > 30 km/h
	Accident de motocicletă > 30 km/h

Tabelul 2. Acuratețea triajului prespital bazată pe mecanismul lezional [adaptat după (9)]

Mecanism lezional	Triajul potrivit* (%)	Supra – triajul** (%)
Deformarea autovehiculului	56	44
Descarcerarea > 20 min	73	27
Poiectarea din autovehicul	65	35
Precipitarea > 5 m	59	41
Decesul unui ocupant	84	16
Copil < 12 ani lovit de mașină	39	61
Pieton lovit de mașină	64	36

* Pacientul traumatizat este transportat la spitalul dotat adecvat pentru a trata leziunile apărute

** Pacient fără leziuni severe, ce nu necesită îngrijiri speciale, este transportat la un spital cu resurse umane și materiale. Astfel acest centru de traumă este suprîncărcat

Traumatismele prin contuzie

În traumatismele prin contuzie, mecanismul lezional poate fi: (1) decelerare/accelerare, (2) transfer de energie de la un corp bont (bătă). Cel mai obișnuit exemplu pentru mecanismul de decelerare este accidentul de mașină. Conform legii I a lui Newton, în timpul unui accident de mașină (decelerare bruscă orizontală) putem surprinde 4 momente traumatiche: (1) coliziunea autovehiculului – apare la impactul dintre vehicul și un alt obiect (copac, alt vehicul, etc.), energia fiind absorbită de metalul ce se deformează (Fig. 1), (2) coliziunea corpului – apare când ocupanții vehiculului se lovesc de interiorul mașinii, (3) coliziunea organelor – apare când organele interne în mișcare ale pasagerilor se lovesc de suprafețele dure ale corpului (craniul, cutia toracică) sau tracționează de ligamente (intestinele de mezouri, aorta de ligamentul arterial), (4) a IV – a coliziune apare la impactul dintre obiectele libere, în mișcare, din mașină și ocupanți (de exemplu un adult ce ține în brațe un copil și în timpul decelerării îl strivește de bord) (4,10,11).

Accidente de mașină

Pentru a putea înțelege corect ce s-a întâmplat cu victima unui accident de mașină și pentru a aprecia leziunile posibile, chirurgul de traumă trebuie să cunoască mai multe detalii de la locul accidentului: viteza aproximativă a automobilelor, direcția de impact, dacă mașina s-a rostogolit, dacă ocupanții purtau centuri de siguranță, dacă airbag-urile au explodat, cât de deformat este interiorul mașinii și cât timp a durat descarcerarea (3). Într-un accident de mașină, impactul poate fi: frontal, din spate, din lateral, cu rotirea autovehiculului și prin rostogolire (3,11). Pentru o coliziune cu o schimbare de viteză de 60 Km/h, riscul unei leziuni severe este de 38,9% pentru impactul frontal, 83,8% pentru impactul lateral de partea ocupantului, 47,8% pentru impactul lateral de partea opusă ocupantului și 19,9% pentru impactul din spate (12). Jumătate din decese apar prin impact frontal, 25% prin impact lateral, mai puțin de 10% prin impact din spate și rostogolire (3,13). Riscul de deces al persoanelor așezate pe locurile din spate este cu 39% mai mic, comparativ cu pasagerii așezați în față (12). La impactul frontal, un pasager din față, fără centura de siguranță, poate suferi două timpuri de complexe lezionale: “inferior/pe sub” sau “superior/pe deasupra” (Graficul 1) (3,8).

În modelul “inferior – pe sub” victima este proiectată din scaun către inferior și genunchii lovesc bordul mașinii (Fig. 2).

Forțele de impact sunt transmise prin femur către bazin, producând leziuni importante la acest nivel (11). Impactul gambelor și picioarelor cu podeaua generează leziuni severe la acest nivel. Porțiunea superioară a corpului lovește volanul mașinii, bordul, parbrizul cu apariția leziunilor la nivelul capului, feței, toracelui și abdomenului (3). Pot apărea leziuni de arteră poplitee, splină, ficat, cardiace, pneumotorax, aortice (14). Volanul reprezintă arma cea mai letală pentru un șofer ce nu poartă centură de siguranță. Echipa de intervenție trebuie să inspecteze deformarea volanului, acesta fiind frecvent ascuns

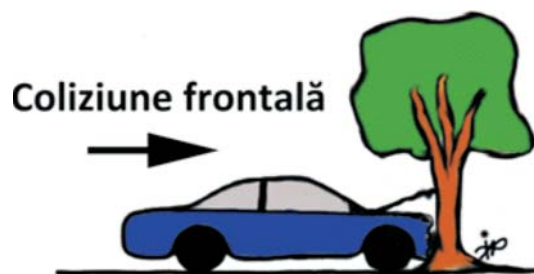
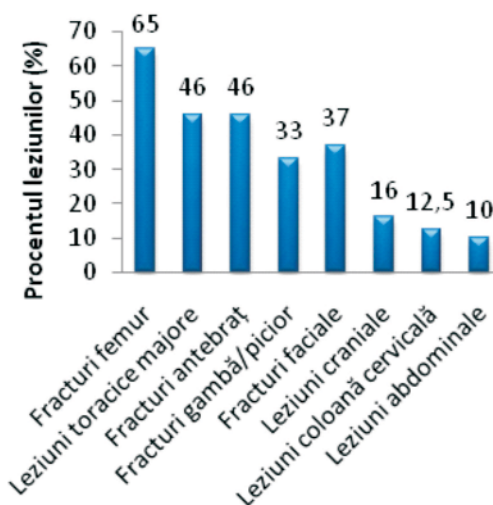


Figura 1. Coliziunea frontală a autovehiculului



Graficul 1. Frecvența leziunilor pentru pasagerii din față, fără centură, în impactul frontal [adaptat după (10)]

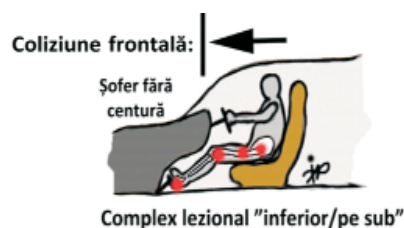


Figura 2. Model lezional la șoferul fără centură

de airbag-ul dezumflat. Când este prezentă, trebuie suspectate leziuni craniale, faciale, toracice și abdominale (11). În modelul “superior – pe deasupra”, ocupantul este proiectat către anterior și superior, lovind cu capul parbrizul, cu apariția de leziuni cerebrale (Fig. 3) (11,13).

Forța este apoi transmisă la gât, cu apariția de leziuni prin hiperflexie, hiperextensie sau compresie (3,11,14). Proiectarea victimei în afara autovehiculului crește riscul unei leziuni majore cu 300 – 500%, riscul de deces de 25 de ori, iar leziunile coloanei vertebrale apar în 1/13 cazuri (10,11,15). Ocupanții unui autovehicul, purtători de centură de siguranță, au o probabilitate de supraviețuire mult mai mare, deoarece sunt protejați de coliziunea cu interiorul mașinii (a II – a

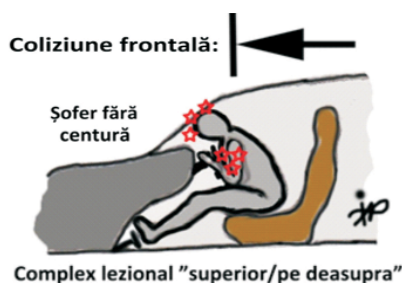


Figura 3. Model lezional la șofer fără centură

coliziune) și de proiectarea exterioară. Este, în schimb, foarte importantă poziționarea corectă a centurii: transversal peste spinele iliace antero-superioare și oblic la nivelul toracelui, peste stern și jumătatea claviculei. Purtarea centurii nu previne leziunile craniale și ale coloanei cervicale. Airbag-urile au și ele un rol foarte important în reducerea leziunilor din timpul coliziunii a II – a și a III – a. Riscul de deces prin coliziune frontală a fost redus cu 31% prin introducerea airbag-urilor (12). În impactul din spate pot apărea leziuni severe de coloană cervicală printr-un mecanism de extensie – flexie ("de biciuire") (15). Pentru a preveni aceste leziuni este importantă fixarea corectă a tetierei. În impactul lateral pasagerii sunt foarte puțin protejați și pot suferi leziuni severe, inclusiv la nivelul coloanei cervicale. Aceasta are o toleranță foarte scăzută la forțele laterale (3). Apar leziuni craniale, la nivelul membrului superior și inferior, la nivelul toracelui și abdomenului de partea coliziunii (11). Capul femural poate fi împins intrapelvin (14). Automobilele cu airbag-uri laterale oferă o protecție mult crescută. Airbag-urile laterale ce coboară din tavan protejează capul, toracele, membrul superior și abdomenul iar cele situate inferior de bord protejează și membrele inferioare (11). În impactul lateral mortalitatea este dublă față de impactul frontal (10). În rostogoliri mecanismul lezional este mult mai greu de prezis, ocupanții autovehiculului suferind forțe de impact din toate direcțiile. Cu toate acestea mortalitatea este mai scăzută, deoarece forța este disipată pe o suprafață mai mare (14). Organele interne pot suferi leziuni prin forțe de forfecare și de compresie. Organele susceptibile la leziuni de forfecare, prin existența ligamentelor la acest nivel, sunt crosa aortei, ficatul, splina, rinichii și intestinul. Leziunile prin compresie apar la nivelul plămânilor, inimii, diafragmului și vezicii urinare (11).

Accidente de motocicletă

Motocicliștii sunt de 20-30 de ori mai supuși riscului de a suferi leziuni severe sau a deceda prin accident rutier decât ocupantul unui autovehicul (12). În 2003, 12% din decesele prin accidente rutiere au fost reprezentate de motocicliștii, deși numărul de motociclete înregistrate reprezintă 3% din numărul vehiculelor înregistrate (12). În accidentele de motocicletă, corpul uman este supus în mod direct la forțe și energii foarte mari. Dacă este echipat adecvat, protecția pe care o are motociclistul este reprezentată de casca, costumul special din piele și cizmele (16,17).

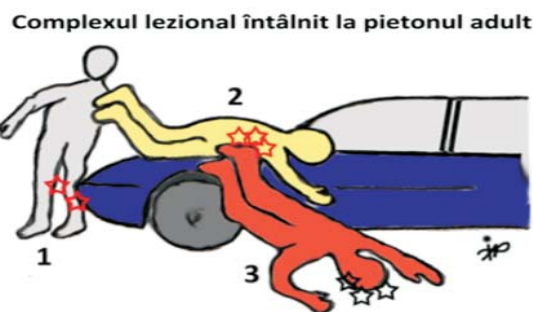


Figura 4. Modelul lezional la impactul pieton adult - autovehicul

Impactul automobil – pieton

Pietonii adulți suferă în general un triplu impact, numit triada Waddle: (1) lovirea embrelor inferioare – 80% din victime, (2) lovirea capotei mașinii cu apariția de leziuni de torace și cap, (3) impact cu solul lezarea capului (3,10,14). Pietonii copii sunt în general loviți și călcați de autovehicul (3). (Fig. 4)

Precipitățile

Precipitarea implică o decelerare bruscă în plan vertical. Gravitatea leziunilor apărute depinde de caracteristicile persoanei, de înălțimea de cădere, de suprafața de aterizare și de poziția de impact (18). Copii prezintă cel mai frecvent leziuni craniene în urma unei precipitări, deoarece capul este mai greu și atinge primul suprafața de contact. Adulții aterizează cel mai frecvent în picioare, apoi ating suprafața cu fundul și mâinile. În urma unei astfel de căderi apar următoarele leziuni: fracturi ale picioarelor, fracturi de șold și pelvis, fracturi prin tasare ale vertebrelor lombare și cervicale, fracturi ale mâinilor și leziuni prin forfecare ale organelor interne (11). Precipitățile de la 8 – 9 m (3 etaje) se asociază cu o mortalitate de 50%. Rar se supraviețuiește unei căderi de peste 5 etaje (10).

Leziunile organelor interne

Leziunile organelor interne apar prin accelerație/decelerație bruscă sau prin forțe compresive (Tabelul 3).

Tabelul 3. Leziuni ce pot fi asociate în traumatismele prin contuzie [adaptat după (10)]

Leziuni diagnosticate	Leziuni ce trebuie suspectate
Fractură de stern, costale superioare	Aortă toracică, Cord (conuzie miocardică, ruptură atrială)
Fractură scapulă	Conuzie pulmonară, Aortă toracică
Fracturi costale inferioare	Ficat, splină
Fracturi de coloană lombară	Pancreas, intestin subțire
Semnul "centurii de siguranță"	Leziuni intestinale, mezenterice
Fractură de pelvis	Vezică urinară, uretră, rect

Contuzia toracică

Secundar contuziei, peretele toracic este comprimat, putând apărea fracturi costale sau sternale (19). Costele se pot fractura la locul impactului (mecanism direct), sau la nivelul arcurilor posterioare și laterale prin accentuarea curbării (mecanism indirect). În continuare forța de impact se propagă la organele intratoracice. Prin variația bruscă de presiune la nivelul interfeței aer – alveolă pulmonară apare contuzia pulmonară. Prin compresia plămânilor și creșterea presiunii intrapulmonare se pot rupe alveolele pulmonare și pleura viscerală. Apare astfel pneumotoraxul (14). Leziunile toracice severe observate prin contuzie sunt contuzia pulmonară severă, rupturi de vene pulmonare, ruptura cardiacă cu tamponadă pericardică, fracturi costale multiple. Fracturarea costelor I și II indică o contuzie toracică severă și necesită efectuarea unor investigații suplimentare (12). La pacienții vârstnici, fracturile costale multiple cu sau fără volet costal sau fractura de stern reprezintă leziuni importante, urmate de o moratilitate și morbiditate importantă (20). Uneori este necesară sedarea adecvată, asociată cu intubarea și ventilația mecanică în Secția de Terapie Intensivă. În cazul acestor pacienți decesul apare prin asocierea insuficienței respiratorii cu bronhopneumonia (12). Pneumotoraxul în tensiune este o altă urgență majoră, amenințătoare de viață. Ruptura prin contuzie a aortei toracice reprezintă un exemplu tipic de traumatism prin decelerare (21-23). Aorta ascendentă și crosa aortei sunt mobile, în timp ce aorta descendentă este fixă. Datorită diferenței lor de mobilitate, în cazul unei decelerări bruște, aorta descendentă va decelera mai brusc. În timp ce crosa aortei continuă să se miște către anterior. Această diferență de decelerare produce o leziune clasică la 5 – 10 cm distal de emergența arterei subclavii stângi, unde se întâlnesc zonele cu mobilitate crescută și scăzută (23). De asemenea prin decelerare se pot produce și rupturi ale bronhiilor principale. Traheea și carena traheală sunt relativ imobile, în timp ce plămânii și bronhiile principale sunt cu o mobilitate mai mare. În timpul unei decelerări orizontale sau verticale apar forțe de forfecare la acest nivel cu ruperea bronhiilor principale.

Contuzia abdominală

În traumatismul abdominal prin contuzie pot apărea leziuni ale ficatului, splinei, intestinului, mezenterului. Aproximativ 12% din traumatismele prin contuzie la care s-a folosit Computer Tomografia ca metodă de diagnostic, prezintă una sau mai multe leziuni viscerale intraabdominale (24). Leziunile organelor parenchimotoase (ficat, splină, rinichi, glandă suprarenală) se produc prin compresie directă (25). Leziunile prin compresie apar la nivelul organelor cavitare (ansă intestinală, vezică urinară) mai ales când acestea sunt pline cu conținut și pereții sunt întinși. Dacă sunt goale, forța necesară pentru ruperea acestor organe este mult mai mare. Acest mecanism poate fi explicat prin stress-ul triaxial, când organul este plin cu conținut. Un balon umflat este foarte ușor de spart la înțeparea cu un obiect ascuțit, datorită fibrelor întinse în toate cele 3 direcții. Dacă balonul este desumflat, atunci el este mult mai greu de spart (23). Prin același mecanism se produce

și ruptura diafragmei la compresia abdomenului (26). Înțelegerea acestui mecanism este esențială pentru a diagnostica leziuni oculte amenințătoare de viață secundare unui traumatism prin contuzie. Un pacient stabil hemodinamic dar cu dureri epigastrice și fără semne de iritație peritoneală, poate prezenta ruptură diafragmatică, leziune pancreatico-duodenală su aortică (23,27,28). Totuși și la nivelul organelor abdominale pot apărea forțe de forfecare, în vecinătatea unor ligamente, care accentuează mișcarea diferențială în timpul decelerării (14). La nivelul ficatului pot apărea forțe de forfecare, anterior la nivelul ligamentului falciform și posterior la nivelul venelor hepatice. Artera renală este ataată medial la artera aortă (imobilă prin fixarea la coloana vertebrală) și lateral la rinichi (relativ mobil). Coadă pancreasului prezintă o mobilitate mai crescută comparativ cu restul organului. Prin decelerare se pot produce fracturi ale colului și corpului pancreatic (14). La nivelul organelor cavitare leziunile apar atât prin compresie directă (explozia organelor) cât și prin forțe de forfecare. La nivelul intestinului subțire forțele de forfecare maxime se dezvoltă în vecinătatea unghiului duodenojejunal și unghiului ileocolic (14).

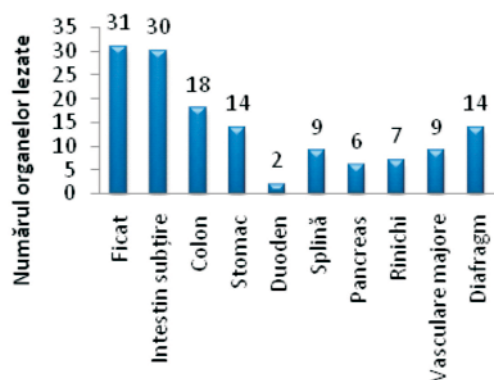
Traumatismul pelvin și al membrelor

Fractura-luxație posterioară de sold poate apărea prin lovirea cu genunchii de bordul mașinii în timpul unui impact frontal. Există autori care consideră că mecanismul răspunzător este prin flexia coapsei, adducția și rotația internă prin apăsarea pe pedala de frână, imediat înaintea accidentului. Fractura longitudinală a condililor femurali este frecvent întâlnită. Aceasta se produce prin lovirea cu genunchiul de bord și prin pătrunderea patelei între cei doi condili femurali. S-a observat că atât șoferul cât și pasagerul prezintă leziuni asemănătoare la nivelul piciorului: fracturi de antepicior (45%), gleznă (38%), mediotarsiene (11%) (29,30). Prezența pedalelor, a volanului, design-ul asimetric al bordului nu influențează incidența leziunilor de picior, a mecanismului lezional sau a severității lezionale (29). Leziunile membrelor superioare se produc prin impact direct (mână – 25%, articulația pumnului – 23%, antebraț – 23%, cot – 9%, braț – 10%, umăr – 10%) și sunt accentuate de explozia airbag-ului (31).

Traumatismele penetrante

Plăgile înjunghiate

Severitatea plăgilor înjunghiate de cuțit depinde de localizare, lungimea lamei cuțitului și unghiul de penetrare. Trebuie reținut că o plagă abdominală superioară poate produce leziuni intratoracice, iar o plagă toracică situată inferior de coasta V poate produce leziuni la nivelul organelor abdominale (11). Un lucru important de luat în calcul când se explorează o plagă înjunghiată de cuțit este că țesuturile sunt elastice, iar dimensiunile plăgii pot să nu corespundă cu dimensiunile armei folosite. De aceea este foarte utilă, când este posibil, examinarea armei, excluzând subiectivitatea din relatările martorilor. De asemenea agresorul poate să răsucescă cuțitul, cu creșterea



Graficul 2. Frecvența leziunilor abdominale în plăgile înjunghiate de cuțit [adaptat după (32)]

agresivității lezionale (3). O "regulă de aur" este ca orice armă penetrantă să fie îndepărtată în sala de operație, deoarece ea poate leza vase mari, sigilate până în momentul extragerii. În plăgile înjunghiate abdominale, leziuni majore apar în 40% din plăgile anterioare, 20-30% din plăgile de la nivelul flancurilor și 7-15% din plăgile posterioare (Graficul 2) (32).

Rata mortalității intraspitalicești pentru plăgile abdominale înjunghiate este de 1-5%, în general prin sângerări masive de la nivelul vaselor mari sau ficatului, leziuni toracice asociate, sepsis sau insuficiență multiplă de organe (32).

Plăgile împușcate

Deși există multiple variabile ce influențează gravitatea plăgilor împușcate, viteza glonțului la ieșirea din țeava armei și caracteristicile glonțului (masa, ușurința cu care se deformează, fragmentarea) sunt foarte importante în determinarea leziunilor apărute (33). Viteza glonțului la ieșirea din țeava puștii este influențată de calibru, cantitatea de pudră explozibilă și de lungimea țevei armei. Velocitatea glonțului crește progresiv pe măsură ce parcurge țeava armei, pentru ca apoi să scadă treptat după ce părăsește arma și întâmpină rezistența aerului. În general pistoalele folosesc gloanțe mai mici, cu mai puțină pudră explozibilă și au țeava mai scurtă decât puștile. Astfel gloanțele de pistol au o viteză mai scăzută decât cele de pușcă (33). Totuși trebuie reținut că o viteză mai crescută nu implică automat și leziuni tisulare mai severe (34). Astfel distrucția tisulară în primii 12 cm ai unei plăgi împușcate cu o armă M-16A1 este asemănătoare cu cea a unei puștii cu gloanțe de 5,59 mm, care prezintă o viteză a glonțului mai mică de jumătate (Fig. 5) (34).

Masa glonțului este determinată de calibru (diametru), lungime și densitatea metalului folosit. Datorită masei crescute și deci a unei energii distructive mai mari pentru o viteză dată, plumbul este metalul cel mai folosit pentru construcția gloanțelor. Dar plumbul este un metal moale ce se deformează ușor la viteze foarte mari. Pentru a împiedica deformarea glonțului în timpul traiectoriei sale prin aer (și deci menținerea unei viteze mai mari și a unei traiectorii mai precise), plumbul este învelit parțial sau total în aliaje metalice (35). Construcția glonțului (dacă este învelit în metal sau nu) va determina dacă



Figura 5. Mitralieră M-16A1 (calibru de 5,56 mm) și pușcă ce folosește gloanțe de 5,59 mm

glonțul se deformează sau nu la contactul cu țesuturile. Gloanțele care se deformează produc leziuni tisulare mai severe, dar au o capacitate de penetrare mai mică (35). Conform Declarației de la Haga din 1899 sunt interzise în conflictele armate gloanțele care se deformează ușor, pentru a limita leziunile și suferința răniților. Pe de altă parte, gloanțele învelite în aliaj (ce nu se deformează) sunt interzise frecvent pentru vânătoare (pentru a nu răni animalul fără a-l ucide). Din această cauză leziunile produse cu arme de vânătoare sunt foarte severe (33). Mecanismul lezional în plăgile împușcate este dublu: (1) strivirea țesuturilor în calea glonțului (formând cavitația permanentă), (2) contuzia radială a traiectului străbătut de glonț (cavitația temporară) (Fig. 6, Fig. 7). Proiectilul este precedat prin țesuturi de o undă sonică, ce nu prezintă însă potențial lezional (34,36).

Cavitația permanentă

Proiectilul strivește țesuturile în calea lui, formând un tunel. Dacă glonțul are axul paralel cu traiectul prin țesuturi (girație de 0°), atunci cavitația permanentă este aproximativ egală cu diametrul glonțului. Dacă glonțul străbate țesuturile cu axul său lung perpendicular pe direcția de zbor (girație de 90°), atunci cavitația permanentă este mult mai mare (36). Gloanțele cu vârful moale sau cele cu vârful cavitat se deformează la contactul cu țesuturile, iau forma unei "ciuperci" și astfel au un efect distructiv mai mare. Un alt mecanism de

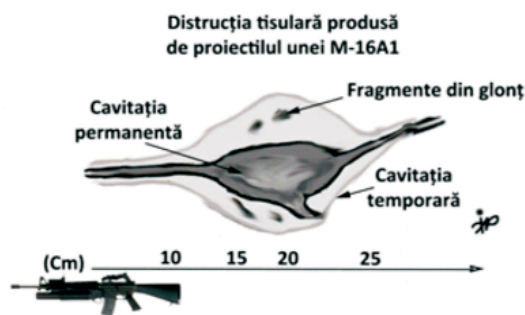


Figura 6. Distrucția produsă de un glonț tras de o mitralieră M-16A1 într-un bloc de gelatină 10% [reprodus după (34)]

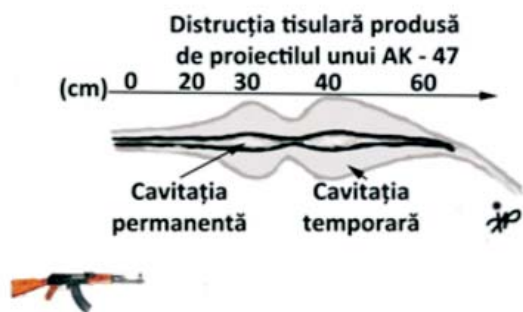


Figura 7. Distrucția produsă de un glonț tras de o mitralieră AK-47 într-un bloc de gelatină 10% [reprodus după (34)]

mărire al cavitației permanente este prin fragmentarea gloanțelor la contactul cu structurile osoase.

Cavitația temporară

Atunci când străbate țesuturile, glonțul produce o undă de șoc ce se împărțește radial. Această undă de șoc produce o contuzie a țesuturilor, numită, cavitație temporară. Modul de producere al acestor unde este asemănător cu undele produse la plonjarea unui înotător în apă. Dacă înotătorul plonjează în apă perpendicular (asemănător unui glonț cu rotație 0°), atunci undele sunt minime. Dacă plonjează paralel cu suprafața apei (atinge suprafața apei cu abdomenul – asemănător unui glonț cu rotație 90°) atunci undele sunt maxime (36). Capacitatea distructivă a acestei contuzii, produse prin cavitația temporară, depinde de caracteristicile țesuturilor străbătute (37). Ea poate fi importantă în țesuturi puțin elastice (creierul, ficatul, splina, oasele) sau în țesuturi pline cu lichide (inima, vezica urinară, tractul gastrointestinal) (36,37). Cavitația temporară este minimă în țesuturile elastice precum mușchii scheletici sau plămânii. Datorită diferenței de elasticitate, contuzia pulmonară prin cavitație temporară poate fi mai importantă la străbaterea peretelui toracic de către glonț decât la străbaterea plămânului însuși (36). Inițial se considera că traiectul glonțului prin țesuturi trebuie excizat datorită cavitației temporare. S-a observat în schimb că țesuturile se vindecă corespunzător dacă vascularizația este păstrată (34).

Extragerea glonțului

Extragerea glonțului de la nivelul unei plăgi împușcate nu este în general necesară și indicația operatorie nu trebuie să fie pusă doar pentru acest lucru (33,38). Atunci când glonțul este în contact cu lichidul sinovial sau cu lichidul cefalorahidian poate apărea intoxicația cu plumb (33,35). Gloanțele care au perforat colonul și apoi s-au impactat la nivelul unui os pot produce osteomielită. De asemenea trebuie extrase gloanțele embolizate la nivelul arterelor, venelor sau blocate intracardiac (33).

Bibliografie

1. Beuran M, Negoii I, Paun S, Runcanu A, Gaspar B. History of trauma care. *Chirurgia (Bucur)*. 2011;106(5):573-80. [Article in Romanian]

2. Păun S, Beuran M, Negoii I, Runcanu A, Gaspar B. Trauma - epidemiology: where are we today? *Chirurgia (Bucur)*. 2011; 106(4):439-43. [Article in Romanian]
3. Barbieri P, Gomez DH, Mahoney PF, Pratesi P, Grande CM. Mechanisms and Demographics in Trauma. In: Simth CE, Como JJ, eds. *Trauma Anesthesia*. Cambridge University Press; 2008. p. 1-8.
4. Mechanism of Injury. In: Greaves I, Porter K, Garner J, eds. *Trauma Care Manual*. Edward Arnold (Publishers) Ltd; 2009. p. 11-6.
5. Boyle MJ, Smith EC, Archer F. Is mechanism of injury alone a useful predictor of major trauma? *Injury*. 2008;39(9):986-92. Epub 2008 Jul 31.
6. Boyle MJ. Is mechanism of injury alone in the prehospital setting a predictor of major trauma - a review of the literature. *J Trauma Manag Outcomes*. 2007;1(1):4.
7. Better Care for The Severely Injured: A Report from The Royal College of Surgeons of England and the British Orthopaedic Association. The Royal College of Surgeons of England, 2000.
8. Armstrong-Brown A, Yee D. Mechanisms of Injury in Trauma. In: Soreide E, Grande CM, eds. *Prehospital Trauma Care*. Informa Healthcare; 2001. p. 39-59.
9. Sasser SM, Hunt RC, Sullivan EE, Wald MM, Mitchko J, Jurkovich GJ, et al. Guidelines for field triage of injured patients. Recommendations of the National Expert Panel on Field Triage. *MMWR Recomm Rep*. 2009;58(RR-1):1-35. Erratum in *MMWR Recomm Rep*. 2009;58(7):172.
10. Rushings GD, Britt LD. Patterns of Blunt Injury. In: Peitzman AB, Rhodes M, Schwab CW, Yealy DM, Fabian TC, eds. *Trauma Manual: Trauma and Acute Care Surgery*. Lippincott Williams & Wilkins; 2008. p. 10-15.
11. Scene Size-up. In: Campbell JE, ed. *International Trauma Life Support for Prehospital Care Providers*. Pearson Education Inc; 2008. p. 1-27.
12. Burke MP. Forensic medical investigation of motor vehicle incidents. Taylor & Francis Group, LLC; 2007.
13. Mackay M. Mechanisms of injury and biomechanics: vehicle design and crash performance. *World J Surg*. 1992;16(3):420-7.
14. Hunt JP, Weintraub SL, Martin LC. Kinematics of Trauma. In: Feliciano DV, Mattox KL, Moore EE, eds. *Trauma*. McGraw-Hill; 2008. p. 105-17.
15. Huelke DF. Mechanisms of injury in automobile crashes. *Calif Med*. 1972;116(2):23-9.
16. Liu BC, Ivers R, Norton R, Boufous S, Blows S, Lo SK. Helmets for preventing injury in motorcycle riders. *Cochrane Database Syst Rev*. 2008;(1):CD004333.
17. Liu B, Ivers R, Norton R, Blows S, Lo SK. Helmets for preventing injury in motorcycle riders. *Cochrane Database Syst Rev*. 2004;(2):CD004333. Update in *Cochrane Database Syst Rev*. 2008;(1):CD004333.
18. Atanasijevic TC, Savic SN, Nikolic SD, Djoki VM. Frequency and severity of injuries in correlation with the height of fall. *J Forensic Sci*. 2005;50(3):608-12.
19. Kiss L, Lăpădatu E, Balint I. The incidence of emergency thoracotomy in thoracic trauma. 7000 cases of thoracic trauma (T.T.) treated in the period of 1978-1995. *Chirurgia (Bucur)*. 1997;92(4):269-75. [Article in Romanian]
20. Strâmbu V, Stoian S, Popa F. Technique of internal surgical stabilization for flail chest. *Chirurgia (Bucur)*. 2007;102(1):71-4. [Article in Romanian]
21. Richens D, Field M, Hashim S, Neale M, Oakley C. A finite element model of blunt traumatic aortic rupture. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2004;25(6):1039-47.
22. Richens D, Field M, Neale M, Oakley C. The mechanism of injury in blunt traumatic rupture of the aorta. *Eur J Cardiothorac*

- Surg. 2002;21(2):288-93.
23. Eid HO, Abu-Zidan FM. Biomechanics of road traffic collision injuries: a clinician's perspective. *Singapore Med J.* 2007; 48(7):693-700; quiz 700.
 24. Beuran M, Nego I, Păun S, Runcanu A, Venter D, Iordache F, et al. Selective nonoperative management of solid abdominal visceral lesions. *Chirurgia (Bucur).* 2010;105(3):317-26. [Article in Romanian]
 25. Safioleas M, Stamatakos M, Safioleas C, Iannescu R, Safioleas P, Mantas D. Adrenal rupture after blunt abdominal trauma. *Chirurgia (Bucur).* 2008;103(1):107-9.
 26. Todor V, Pop T, Turdeanu N, Iștoan S, Porumbel S, Chirilă D, et al. Traumatic diaphragmatic hernia. 2 case reports and review of the literature. *Chirurgia (Bucur).* 2000;95(2):197-202. [Article in Romanian]
 27. Nicolau AE, Merlan V, Ciupan R, Brădiș A, Marin M, Plugaru G, et al. Postoperative early enteral nutrition in a patient with polytrauma and late duodenal perforation. *Chirurgia (Bucur).* 2008;103(1):111-5. [Article in Romanian]
 28. Kiss L, Remescu A. Injuries to the duodenum and pancreas in 42 operated cases. *Chirurgia (Bucur).* 2001;96(1):23-35. [Article in Romanian]
 29. Richter M, Thermann H, Wippermann B, Otte D, Schratt HE, Tscherne H. Foot fractures in restrained front seat car occupants: a long-term study over twenty-three years. *J Orthop Trauma.* 2001;15(4):287-93.
 30. Richter M, Thermann H, von Rheinbaben H, Schratt E, Otte D, Zwipp H, et al. Fractures of the foot region of car drivers and passengers. Occurrence, causes and long-term results. *Unfallchirurg.* 1999;102(6):429-33. [Article in German]
 31. Richter M, Otte D, Jahanyar K, Blauth M. Upper extremity fractures in restrained front-seat occupants. *J Trauma.* 2000; 48(5):907-12.
 32. Leppaniemi A. Penetrating abdominal trauma. XVIII Panamerican Congress of Trauma. 2005.
 33. Mayberry JC, Trunkey DD. Wound Ballistics: What Every Trauma Surgeon Should Know. In: Asensio JA, Trunkey DD, eds. *Current Therapy of Trauma and Surgical Critical Care.* Mosby Elsevier; 2008. p. 82-87.
 34. Weapons Effects and Parachute Injuries. *Emergency War Surgery.* Borden Institute; 2004.
 35. Jurkovich GJ, Wilson AJ. Patterns of Penetrating Injury. In: Peitzman AB, Rhodes M, Schwab CW, Yealy DM, Fabian TC, eds. *Trauma Manual: Trauma and Acute Care Surgery.* Lippincott Williams & Wilkins; 2008. p. 16-21.
 36. Fackler ML. Wound Ballistics. In: Tintinalli JE, Kelen GD, Stapczynski JS, eds. *Emergency Medicine: A Comprehensive Study Guide.* McGraw-Hill Companies; 2004.
 37. Jenkins D, Dougherty P. The Effects of Bullets. In: Mahoney PF, Ryan JM, Brooks AJ, Schwab CW, eds. *Ballistic Trauma: a Practical Guide.* Springer-Verlag London Limited; 2005. p. 40-45.
 38. Beuran M, Nego I, Ispas AT, Păun S, Runcanu A, Lupu G, et al. Nonoperative management of high degree hepatic trauma in the patient with risk factors for failure: have we gone too far? *J Med Life.* 2010;3(3):289-96.