

ROLUL INVESTIGAȚIILOR IMAGISTICE ÎN EVALUAREA MEDICO-LEGALĂ A TRAUMELOR CRANIO-CEREBRALE

Ludmila Tertîşnîi – asist. univ.,
Andrei Pădure – dr. hab. şt. med., conf. univ.,
USMF „Nicolae Testemiţanu”
nircaliuda@mail.ru, tel: 069989404

Rezumat

Traumatismele cranio-cerebrale rămân printre cele mai frecvente cauze ale mortalităţii şi dizabilităţii pe plan mondial. Articolul prezintă o sinteză a modalităţilor imagistice şi rolul acestora în diagnosticul leziunilor posttraumatice şi evaluarea medico-legală. Familiarizarea medicului imagist cu aceste principii permite o interpretare mai detaliată a investigaţiilor efectuate, iar a medicului legist – solicitarea investigaţiilor imagistice în funcţie de potenţialul fiecăreia raportat la particularităţile traumei.

Cuvinte-cheie: traume cranio-cerebrale, modalităţi imagistice, evaluare medico-legală

Summary. The role of medical imaging investigations in the forensic assessment of cranio-cerebral trauma

Traumatic brain injuries are among the leading causes of mortality and disability worldwide. The article presents a review of medical imaging modalities and their role in the diagnosis of various traumatic injuries and their forensic evaluation. Awareness of the radiologist about these principles allows a more detailed interpretation of the performed imaging investigations, and for the forensic doctor - requesting imaging investigations according to their potential in relation to the particularities of trauma.

Key words: cranio-cerebral trauma, medical imaging investigations, forensic evaluation

Резюме. Роль радиологических методов исследования в судебно-медицинской экспертизе черепно-мозговой травмы

Черепно-мозговые травмы являются одной из главных причин смертности и инвалидности во всём мире. В статье представлен обзор радиологических методов исследования и их роль в диагностике различных травматических повреждений и судебно-медицинской экспертизы. Знание этих принципов позволяет более детально интерпретировать проведённые диагностические исследования, а судебно-медицинскому эксперту - запрос методов исследования основанных на особенностях каждого в соотношении с травмой.

Ключевые слова: черепно-мозговая травма, судебно-медицинская экспертиза, радиологические методы исследования

Introducere

Traumatismul rămâne cea mai frecventă cauză a mortalităţii pe plan mondial, primul loc revenindu-le

traumelor cranio-cerebrale [1,2]. Consecinţele traumelor cranio-cerebrale asupra pacienţilor şi familiilor acestora sunt adesea devastatoare, implicând şi

diverse aspecte medico-legale pentru stabilirea leziunilor cauzate și mecanismului formării acestora. În aceste condiții, imagistica medicală vizează stabilirea retrospectivă a elementelor probatorii, iar rezultatele investigațiilor efectuate reprezintă un component esențial pentru încadrarea juridică a faptei. De aceea, cunoașterea tehnicilor imagistice și aplicabilității acestora pentru obținerea informației necesare în diverse tipuri de traumatism capătă o importanță deosebită pentru toate părțile implicate: medicul legist, medicul imagist, organele judiciare, victima, învinutul sau inculpatul.

Progresul tehnologic și noile tehnici imagistice apărute în ultimele decenii au influențat considerabil toate domeniile medicinei, metodele imagistice fiind primordiale pentru diagnosticul și tratamentul majorității afecțiunilor medicale. Medicina legală nu este o excepție, modalitățile imagistice fiind tot mai intens utilizate pentru a facilita rezolvarea obiectivelor expertizei medico-legale în cele mai variate domenii, precum determinarea prezenței leziunilor corporale, stabilirea traiectului proiectilelor, evaluarea potențialelor cauze ale morții, efectuarea expertizei cadavrelor fătului și nou-născutului, aprecierea vârstei osoase, investigarea cadavrelor neidentificate, inclusiv a celor combustiate, dezmembrate sau în stare de putrefacție. În ultimii ani a fost, de asemenea, implementată o serie de tehnici imagistice pentru identificarea cauzei de deces și a traumelor prin efectuarea scanării post-mortem. Ca rezultat, au apărut noi modalități de expertiză a cadavrului bazate pe navigare imagistică, permițând o "autopsie virtuală", cunoscută sub denumirea de "virtuopsie", motiv pentru care au generat și termenul de "autopsie mai umană" [3]. Aplicațiile acestor modalități de expertiză în medicina legală oferă și o serie de alte avantaje, precum posibilitatea realizării de secțiuni în orice plan prin metode non-distructive în stare naturală a specimenelor, modelarea tridimensională a leziunilor, stocarea rezultatelor în format digital, eliminarea subiectivității interpretării, etc [4,5].

Traumele cranio-cerebrale

Traumele cranio-cerebrale (TCC) pot fi asociate cu diverse efecte, care sunt determinate atât de factorii ce cauzează impactul, cât și de structurile anatomice responsabile de modul de absorbție și de transfer al energiei transmise în timpul impactului, inducând o serie de modificări cerebrale de ordin funcțional (comotie cerebrală, dereglări metabolice, vasospasm sau vasodilatație posttraumatică), morfologic (dilatarea și contuzia cerebrală) sau mixt (edemul cerebral și colapsul cerebroventricular). Datorită varietății leziunilor și tipului de producere a TCC, au fost propuse diverse clasificări în funcție de origine, mecanism,

număr, regiunea anatomică afectată etc. Spre exemplu, după comunicarea cu mediul exterior, TCC sunt divizate în deschise și închise [6]. Cele deschise la rândul lor pot fi directe sau indirecte. TCC deschise directe se caracterizează prin comunicări directe ale spațiului endocranian cu mediul exterior prin intermediul cărora se elimină detritusul cerebral sau lichidul cefalo-rahidian [6]. TCC deschise indirecte reprezintă, de obicei, leziuni ale bazei craniului în zona sinusului etmoidal și stânca temporalului, situate la distanță de zona de impact, cu dilacerarea durei mater adiacente și exteriorizarea de lichid cefalo-rahidian sau substanță cerebrală pe cale nazală sau otică [6]. Din punct de vedere al mecanismului de producere, TCC pot fi asociate unor șocuri directe sau indirecte, precum și unei combinații ale acestora. Traiectul fracturii poate varia în funcție de mecanismul de producere și forța aplicată, determinând diverse tipuri de fracturi: liniare, spiroide, cominutive, deplasate sau cu infundare.

În cazul TCC produse prin acțiunea armelor de foc, aspectul leziunilor depinde de tipul proiectilului, modul de acțiune, forța și unghiul sub care acționează. Proiectilele care posedă energie cinetică mare pot produce un efect hidrodinamic semnificativ asupra organelor cu conținut bogat în apă precum creierul sau un efect de zdrobire în cazul contactului cu oasele craniului [7]. Având energia cinetică mare în momentul impactului, proiectilul are în primul rând un efect de perforare, formând un orificiu cu lipsă de țesut („minus-țesut”). Proiectilele cu energia cinetică scăzută, pe de altă parte, au efect de înfundare, supraextinzând și desfășurând țesuturile cu producerea unui orificiu atipic în formă de fantă fără lipsă de substanță [7]. În cazul străbaterii oaselor plate ale craniului, pe fața de intrare orificiul, de obicei, respectă dimensiunile glonțului, iar pe fața de ieșire din osul plat orificiul este mai mare decât calibrul glonțului. Astfel, există o tendință de formare a unui defect osos de formă conică cu baza mare spre direcția de deplasare a glonțului [7]. Studii în domeniu au demonstrat, însă, și varietăți semnificative ale leziunilor osoase în funcție de energia cinetică a glonțului. Astfel, gloanțele cu energie cinetică scăzută tind să producă orificii de formă ovală în lamina externă a oaselor craniene, orificii de formă rotundă în lamina internă și fragmente osoase relativ mari [8]. Gloanțele cu energie cinetică medie, din contra, tind să producă orificii de formă rotundă în lamina externă a oaselor craniene, orificii de formă ovală în lamina internă și fragmente osoase mari și medii în cazul fracturilor asociate. Gloanțele cu energie cinetică mare, pe de altă parte, tind să producă orificii de formă rotundă atât în lamina externă cât și în cea internă, precum și multiple fracturi

osoase cu fragmente de dimensiuni mici și medii [8]. Familiarizarea medicului imagist cu aceste elemente diagnostice, permite o interpretare mai detaliată a investigațiilor imagistice efectuate și furnizarea medicului legist a unui volum mai mare de informații utile pentru demonstrarea originii și mecanismului de producere a traumei, care vor permite organelor de urmărire penală să întregască circumstanțele incidentului. În așa mod, medicul imagist își poate aduce contribuția la investigarea crimelor comise împotriva sănătății, integrității corporale și vieții cetățenilor, și la realizarea actului de justiție. Totodată, devine tot mai importantă cunoașterea și de către medicul legist a potențialului specific al tuturor investigațiilor imagistice pentru solicitarea unei sau altei metode în funcție de posibilitățile diagnostice ale acesteia în raport cu caracterul traumei și sarcinile de expertiză ce urmează a fi clarificate.

Investigații și tehnici imagistice utilizate în scopuri medico-legale

Toate investigațiile și tehnicile utilizate în scopuri diagnostice clinice sunt utile și pentru rezolvarea sarcinilor de expertiză medico-legală.

Radiografia. Radiografia de craniu oferă o imagine de ansamblu a oaselor craniene, deși diagnosticul fracturilor poate fi adesea complicat de prezența sulcusurilor vasculare și a suturilor craniene. În aceste situații, unele principii care pot fi utile pentru evaluarea potențialelor fracturi posttraumatice includ: (1) linia de fractură a oaselor craniene este cel mai frecvent îngustă, sub formă de zig-zag; (2) în traumele penetrante linia de fractură apare de regulă dedublată, cuprinzând atât lamina externă, cât și cea internă a osului; (3) trauma oaselor craniene poate fi asociată cu unele semne indirecte precum opacifierea sinusurilor paranasale și a celulelor mastoideene datorită conținutului sangvinolent al acestora. În funcție de regiunea traumatizată și tipul TCC, diagnosticul poate fi, de asemenea, facilitat prin obținerea unor proiecții

suplimentare, utilizând tehnici speciale și radiografii țintite. Spre exemplu, vizualizarea fracturilor nazale crește semnificativ prin optimizarea tehnicii imagistice, care poate include obținerea unor radiografii nazale țintite la un aparat cu regimul 50 kV și 10 mA; efectuarea radiografiei de față a oaselor nazale prin plasarea casetei cu filmul radiologic sub bărbia pacientului, astfel încât planul filmului să fie la 37° față de linia orbitomeatală; efectuarea radiografiei nazale de profil prin plasarea casetei astfel, încât linia infra-orbitomeatală să fie paralelă cu axa transversală a filmului, iar linia interpupilară să fie perpendiculară pe placă. Un exemplu al detaliilor care pot fi obținute prin ajustarea acestor parametri este redat în *fig. 1A*.

Deși posibilitățile diagnostice ale aparatelor de radiografie ultramoderne au crescut, valoarea radiografiei craniului în managementul TCC continuă să scadă datorită utilizării tot mai frecvente a tomografi- ei computerizate.

Tomografia computerizată. Tomografia computerizată a devenit "standardul de aur" în evaluarea TCC, furnizând informații diagnostice atât despre fracturile craniului, cât și despre alte leziuni sau patologii posttraumatice, precum hemoragiile intracraniane (*fig. 1B*), edemul cerebral, pneumocefalia, hidrocefalia, zonele de infarct sau ischemie cerebrală. Adicional, administrarea substanței de contrast poate fi utilă pentru evaluarea integrității vaselor cerebrale în cazul leziunilor vasculare sau tromboemboliilor cerebrale posttraumatice. Metoda permite, de asemenea, modelarea digitală tridimensională a suprafeței oaselor craniului și tegumentelor (*fig. 1C*), oferind cele mai mici detalii ce pot facilita atât diagnosticul leziunilor, cât și identificarea agentului traumatic incriminat.

Imagistica prin rezonanță magnetică (IRM). Rolul IRM în identificarea patologiei de țesuturi moi este indiscutabil, fiind una dintre cele mai sensibile și informative modalități imagistice. La pacienții cu TCC, metoda are o acuratețe mai înaltă comparativ cu

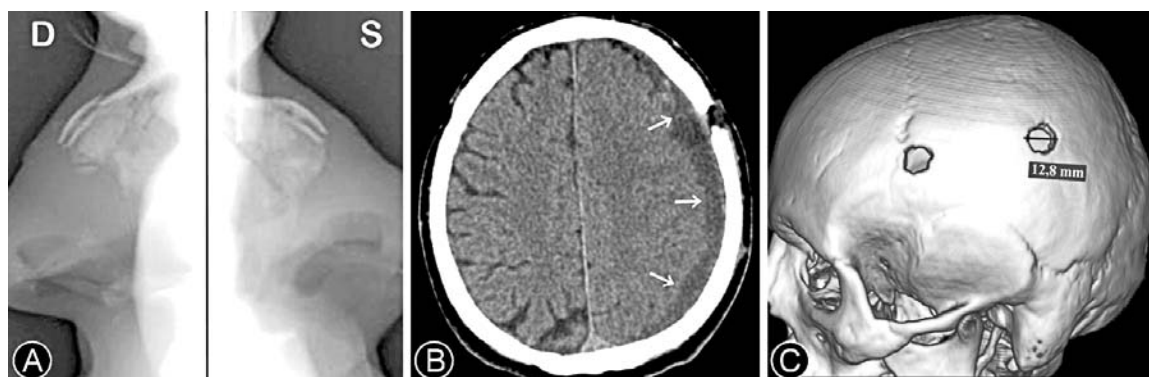


Fig. 1. Imagini obținute prin radiografie și tomografie computerizată. A - radiografia piramidei nazale de profil în incidență laterală dreaptă (D) și stângă (S) demonstrează fracturi cominutive ale ambelor oase nazale. B - secțiune axială a tomografiei computerizate relevând atât un defect osos, cât și o hemoragie subdurală (indicată prin săgeți) cu efect compresiv asupra structurilor cerebrale. C - reconstrucție digitală ce permite evaluarea tridimensională a leziunilor

tomografia computerizată în evaluarea globală a afec-
tării țesutului cerebral, inclusiv a zonelor de contuzie
cerebrală și leziunilor axonale difuze ale substanței
albe. O importanță deosebită în evaluarea medico-le-
gală o pot avea și modificările IRM în funcție de sta-
diul cronologic al hematoamelor intracraniene (*fig.*
2), ce includ:

- **stadiul supra-acut** (primele 12 ore, datele din
literatură variind între 6 - 24 ore), în care semnalul
IRM este echivalent unei soluții proteinacee, hiperin-
tens în secvențele T2 ponderate și discret hipointens
în secvențele T1 ponderate.

- **stadiul acut** (ziua 1 - 3, datele din literatură
variind între 6 ore – 6 zile), în care are loc rezorbt-
ția plasmei, creșterea hematocritului cu o depleție de
oxigen în cavitatea cheagului și transformarea oxi-he-
moglobinei în dezoxi-hemoglobină, modificările fi-
ind reflectate prin hiposemnal atât în secvențele T1
cât și în T2.

- **stadiul subacut precoce** (ziua 3 - 7) este stadiul
de methemoglobină intra-celulară, reflectat prin hiper-
semnal intens în secvențele T1 și hiposemnal în T2.

- **stadiul subacut tardiv** (între săptămânile 1 -
4) este stadiul în care începe hemoliza și eliberarea
methemoglobinei în spațiul extracelular, reflectat prin
hipersemnal intens în secvențele T1 ponderate (deter-
minat de proprietățile paramagnetice ale methemo-
globinei) și hipersemnal în secvențele T2 ponderate
(determinat de conținutul lichid al hematomului în
urma hemolizei).

- **stadiul cronic** (săptămâni - ani) este stadiul fa-
gocitării produșilor de degradare a hemoglobinei de
către macrofagi și depozitarea acestora la periferia
hematomului, rezultând într-un inel periferic cu hipo-
semnal pronunțat pe secvențele T2, care contrastează
cu hipersemnalul T2 lichidian din porțiunea centra-
lă a hematomului (*fig. 3A*). Pe secvențele T1, inelul

	Supra-acut (< 12 ore)	Acut (1-3 zile)	Subacut precoce (3-7 zile)	Subacut tardiv (8-30 zile)	Cronic (> 30 zile)
	<u>Oxi-Hb</u>	<u>Dezoxi-Hb</u>	<u>Met-Hb intracelular</u>	<u>Met-Hb extracelular</u>	<u>Hemosiderină + zone glioze</u>
T1					
T2					

Fig. 2. Reprezentare schematică a stadiilor cronologice ale hematoamelor intracraniene
și vizualizarea acestora pe secvențele IRM T1- și T2 ponderate

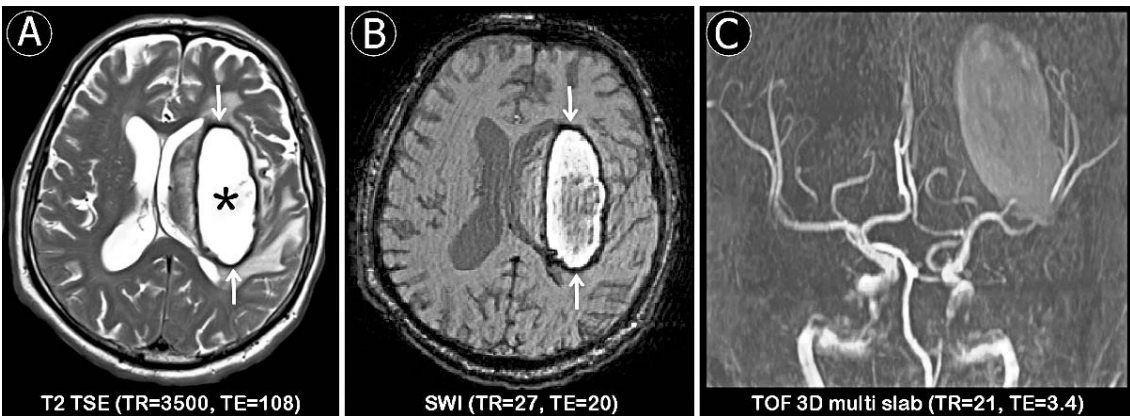


Fig. 3. Hematom intracerebral evaluat prin IRM. A - hipersemnalul T2 este generat de conținutul lichidian al hemato-
mului (asterisc), iar inelul periferic cu hiposemnal T2 (indicat prin săgeți) este sugestiv pentru depozitarea hemosider-
inei fagocitate la periferia hematomului în stadiul cronic. B – depozitarea periferică a hemosiderinei este confirmată
pe secvențele SWI (susceptibility weighted imaging), care reprezintă secvențe gradient-echo cu o susceptibilitate foarte
întă la distorsiunile locale ale câmpului magnetic cauzate de prezența hemosiderinei. C – imagistica bazată pe efectul
TOF (time of flight) și fenomenul de flux sangvin ce permite vizualizarea vaselor cerebrale adiacente hematomului fără
necesitatea injectării unei substanțe de contrast

de hemosiderină poate fi indistinct de hiposemnalul lichidian și gliotic înregistrat în restul hematomului. Deoarece epurarea hemosederinei prin bariera hemoencefalică este mult îngreunată, inelul de hemosiderină poate persista ani în șir, fiind asociat cu un hiposemnal pronunțat în secvențele T2 și secvențele gradient-echo.

Studii recente relevă, de asemenea, noi domenii de aplicare a IRM în evaluarea medico-legală a TCC precum reconstrucția tri-dimensională a leziunilor cauzate și estimarea precisă a modificărilor de volum ale creierului pentru evaluarea în dinamică a atrofiei cerebrale posttraumatice [4,5,9].

Concluzii

Progresul tehnologic oferă noi posibilități pentru diagnosticul și evaluarea medico-legală a traumelor cranio-cerebrale. Familiarizarea cu noile tehnici diagnostice și elaborarea unui algoritm standardizat pentru investigațiile imagistice în funcție de tipul traumei și fenomenele ce nesescită a fi clarificate sunt necesare, întrucât pot facilita atât diagnosticul medical, cât și expertiza medico-legală. Aceste tehnici trebuie să fie cunoscute de o potrivă de medicul imagist și legist pentru a rezolva cu succes într-o echipă multidisciplinară nevoile organului de urmărire penală.

Bibliografie

1. Coronado V.G., Xu L., Basavaraju S.V., McGuire L.C., Wald M.M., Faul M.D., Guzman B.R., Hemphill J.D., *Surveillance for traumatic brain injury-related*

deaths, United States, 1997-2007. *MMWR Surveill Summ*, 2011; 60, p. 1-32.

2. Ludwig C, Koryllos A., *Management of chest trauma*. *J Thorac Dis* 2017; 9: p. 172-177.

3. Dumbrava D. P., Anitan S., Siserman C., Fulga I., Opincaru I., *Virtopsy: An alternative to the conventional autopsy*. *J Forensic Dent Sci*. 2013 Jul-Dec; 5(2): p. 146-148.

4. Oehmichen M, Gehl HB, Meissner C, Petersen D, Hoche W, Gerling I, König HG., *Forensic pathological aspects of postmortem imaging of gunshot injury to the head: documentation and biometric data*. *Acta Neuropathol* 2003; 105: p. 570-580.

5. Thali MJ, Yen K, Vock P, Ozdoba C, Kneubuehl BP, Sonnenschein M, Dirnhofer R., *Image-guided virtual autopsy findings of gunshot victims performed with multi-slice CT and MRI and subsequent correlation between radiology and autopsy findings*. *Forensic Sci Int*. 2003; 138: p. 8-16.

6. Crivceanschi L. D., *Urgențe medicale: ghid practic*. Ediția a 2-a. Chișinău: Tipografia Academiei de Științe a Moldovei, 2009; p. 512.

7. Fulga Iu. *Îndrumar de medicină legală pentru juriști*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 2005. ISBN 973-30-1509-1, capitol 4, p. 60-69.

8. Dubrovin IA., *Forensic-medical significance of the characteristics of gunshot perforating fractures of the skull bones*. *Sud Med Ekspert*. 2006; 49: p. 3-5.

9. Ross DE, Ochs AL, M DZ, Seabaugh JM., *Back to the future: estimating pre-injury brain volume in patients with traumatic brain injury*. *Neuroimage* 2014; 102: p. 565-578.