



Università di Pisa

Dipartimento di Medicina e Chirurgia

Corso di Laurea in Medicina e Chirurgia

Dipartimento di medicina clinica e sperimentale

TESI DI LAUREA

LA VIRTOPSISIA: ruolo dell'imaging post-mortem nella radiologia forense

Relatori

Chiar.mo Prof. Ranieri Domenici

Dr.ssa Claudia Giaconi

Candidata

Diletta Cavallero

Anno Accademico 2015-2016

Indice

1.Introduzione.....	3
1.1. Cos'è la Virtopsia.....	3
1.2. Storia della Virtopsia	4
1.3. Indicazioni	9
1.4. Differenze tra l'imaging ante- e post-mortem	12
1.5. Prospettive future.....	19
2.Materiali e metodi.....	22
2.1. Tecnica autoptica.....	24
2.2. Tecnica TC.....	28
3.Risultati.....	30
3.1. Tabella comparativa	30
4.Discussione.....	53
4.1. Grandi traumatismi da incidenti stradali.....	53
4.2. Grandi traumatismi da precipitazione.....	80
5.Conclusioni	87
Bibliografia	90

1. Introduzione

1.1. Cos'è la Virtopsia

La Virtopsia rappresenta non solo il punto di incontro tra due discipline mediche, la radiodiagnostica e la medicina legale, ma anche l'evoluzione e forse una rivoluzione, nella medicina legale.

L'autopsia virtuale, allo stato attuale ancora in via di sperimentazione, trova in ambito medico il momento di incontro tra le tecniche radiodiagnostiche più propriamente cliniche, TC, RM e quelle più propriamente medico legali, che si sostanziano principalmente negli accertamenti radiografici di base, nell'autopsia e nelle indagini istologiche [1].

Il termine "Virtopsia" è stato coniato dal Prof. Richard Dirnhofer, direttore dell'istituto di Medicina Legale dell'Università di Berna.

E' una fusione delle parole "virtuale" ed "autopsia" [2].

Le origini etimologiche del termine "autopsia" risalgono all'antica Grecia, quando lo storico Erodoto, lo coniò come combinazione di *autos* (se stesso) e *opsomei* (io vedrò), quindi "vedere con i propri occhi". Erodoto descriveva così il suo metodo storiografico, basato sul voler vedere direttamente, i fatti e i luoghi di cui scriveva.

Solo in un secondo momento il termine "autopsia" è stato utilizzato in medicina come "visione e conoscenza diretta dei fatti", per denominare l'indagine sul cadavere, volta ad appurare le cause e le modalità della morte.

Il termine "virtuale" invece, appare per la prima volta nel IXX secolo, ma non come opposto di "reale", bensì come sinonimo di forza ed eccellenza, derivando dal latino "*virtus*"; è diventato poi espressione di qualità potenziali non espresse, rappresenterebbe qualcosa di ipoteticamente possibile e ammissibile, ma che non esiste in atto.

Con il termine “virtopsia” viene eliminato *autos*, nel tentativo di eliminare la soggettività interpretativa dei quadri anatomopatologici operatore-dipendente, e fornire un attributo di oggettività. Il termine *virtual* nella parola “virtopsia” non rappresenta quindi, un mondo forense virtuale, che liquida la realtà, bensì definisce una migliore e potenziale tecnica per l’acquisizione dei reperti medico legali, arricchita dei caratteri della oggettività.

1.2. *Storia della Virtopsia*

La Virtopsia nasce nella metà degli anni '90, da un progetto di ricerca del Prof. Richard Dirnhofer, direttore dell'Istituto di Medicina Legale dell'Università di Berna, Svizzera; portato avanti in stretta collaborazione con l'Istituto di Radiodiagnostica dell'Università di Berna, diretto dal Prof. Peter Vock e poi Gerhart Schroth.

Durante quegli anni, fu richiesta una seconda revisione di un processo di alto profilo in Svizzera e tra le altre cose, la determinazione dell'arma del delitto.

In particolare, ai medici legali era stato chiesto di stabilire, se una chiave a cricchetto, potesse essere l'arma che aveva causato due specifiche lesioni, ossea e cutanea, alla vittima. In questo caso, che era accaduto diversi anni prima, l'attribuzione della chiave a cricchetto come arma, doveva basarsi sulla visualizzazione delle fotografie delle lesioni cutanee. Una porzione della calotta cranica della vittima con una importante frattura che sembrava riproporre la forma era ancora preservata.

Il problema di stabilire una relazione, tra la forma di una ferita sulla superficie corporea della vittima e uno strumento sospetto, fu l'impulso per un nuovo progetto di ricerca.

Per questo servivano modelli anatomici, che riproducessero la superficie corporea e una questione aggiuntiva era quella di capire, come le immagini potessero essere riprodotte in 3D in modo non invasivo.

Discutendo di questo caso, il Dr. Walter Bruschweiler, direttore del dipartimento di Biologia della Polizia Scientifica di Zurigo e il Prof. Dirnhofer, ebbero l'idea di utilizzare il metodo della fotogrammetria, per provare l'attribuzione della prova.

Essi incaricarono quindi, Marcel Braun, un funzionario tecnico di polizia, esperto nel metodo della fotogrammetria, utilizzato per i rilievi degli incidenti, di "spostare" la tecnica fotogrammetrica dalla macroarea della ricostruzione degli incidenti alla microarea delle lesioni "a stampo" o "patterned".

Con un trasferimento di fondi da Berna alla polizia di Zurigo, Braun ha ricevuto tutta l'attrezzatura necessaria per svolgere il suo compito.

Negli anni successivi, la visualizzazione 3D delle lesioni a stampo e la possibile documentazione 3D delle analisi effettuate, utilizzata al fine di includere o escludere possibili armi, nei processi di medicina legale, diventò fulcro degli studi dell'istituto di medicina legale di Berna e nacque una *joint venture*, tra la polizia di Zurigo e tale istituto.

Inizialmente venivano utilizzate normali fotocamere, per la documentazione fotogrammetrica e sono state utilizzate varie sensibilità delle pellicole e speciali proiettori con tratteggio incrociato, che sono stati sviluppati da Braun.

I primi trials, furono fatti su teste di maiale provenienti dal macello e le lesioni vennero documentate utilizzando le tecniche di quel tempo e le ricostruzioni erano tutte compiute manualmente all'epoca.

Presto, le metodiche sperimentate, furono messe al servizio della medicina legale.

In seguito, il Prof. Dirnhofer, con il desiderio di passare da materiali di prova biologici, quali la testa del maiale, a modelli anatomici sintetici, contattò il Dr. Beat Kneubuhel, esperto di balistica, riconosciuto a livello internazionale e collaboratore del Ministero della Difesa svizzero, che ha lavorato per anni su ossa sintetiche. Ne nacque una collaborazione intensa, e a partire dal 1996 furono sviluppati numerosi modelli anatomici sintetici, in particolare fu

sviluppato il modello di una scatola cranica, costituita dall'insieme di componenti individuali, pelle, osso e tessuti molli, somiglianti in quanto a caratteristiche, comportamento e aspetto, ai materiali biologici.

Furono utilizzati per ricostruire ferite da corpo contundente, coltellate, lesioni con particolare forma, che venivano poi documentate con la fotogrammetria per effettuare un'analisi 3D [3].

Nel 1998 il team dell'Istituto di Medicina Legale di Berna guidato dal Prof. Dirnhofer, che nel frattempo si era arricchito di un importantissimo membro, Dr. Michael J. Thali, studiando il caso di una ferita di arma da fuoco alla testa, ebbe l'opportunità di confrontare le immagini della tomografia computerizzata (TC) con i reperti rilevati all'esame autoptico.

I ricercatori videro che tutte le prove raccolte dall'esame autoptico, potevano essere ritrovate anche attraverso le immagini radiologiche: l'introversione dei margini nel foro di entrata del proiettile, l'aspetto imbutiforme del tragitto del proiettile nell'attraversamento osseo, il canale che il proiettile crea attraversando l'encefalo, i frammenti ossei, l'aria e il foro di uscita con l'estroversione dei margini e il diametro maggiore.

Stupiti da quanti dati potessero essere raccolti tramite la Tomografia Computerizzata, cominciarono a pensare di ripristinare un'idea che era nata con la TC, ovvero l'imaging postmortem.

Nel 1895 Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923) mostrò al mondo la prima immagine radiografica: lo scheletro della mano della moglie. Nello stesso anno, una radiografia fu portata come prova in tribunale, per dimostrare la presenza di una pallottola nella gamba di una persona, pallottola che il chirurgo non riusciva a trovare. Quindi la radiologia è stata da sempre utilizzata in ambito forense.

Il gruppo di ricerca sulla Virtopsia ha convertito l'utilizzo della TC e della RM, portandoli al cospetto della medicina legale. Dopo l'Istituto di Medicina Legale di Berna, altri istituti di tutto il mondo hanno abbracciato il progetto sulla Virtopsia.

Il Prof. Dirnhofer discusse dell'idea con il Prof. Vock, direttore dell'Istituto di Radiologia diagnostica e interventistica dell'ospedale universitario di Berna e decisero di inviare

Michael J. Thali a studiare presso il dipartimento di radiologia, le tecniche, i metodi e le applicazioni della radiologia e potremmo dire che, questo sia stato un passo importante nello sviluppo della radiologia forense [4].

Negli anni successivi, nacque quindi il progetto “Virtopsy” guidato dal Prof. Dirnhofer con Eva Scheurer, Wolf Schweitzer, Michael J. Thali, Kathrin Yen, Emin Aghayev, Christian Jackowski e Silke Grabherr, Stephan Bolliger, Steffen Ross, Lars Oesterhelweg e Danny Spendlove.

Nel corso degli anni ci fu un grandissimo sviluppo delle tecniche radiologiche utilizzate in ambito medico-legale, la classica fotogrammetria lasciò il posto ad altri sistemi.

La virtopsia si è avvalsa di tecnologie sempre nuove e in costante evoluzione:

- Tomografia Computerizzata Multistrato
- Risonanza Magnetica (RM)
- micro-TC
- micro-RM
- Spettroscopia RMN
- Biopsia percutanea imaging-guidata
- Angiografia post-mortem

Dirnhofer, dopo il suo ritiro, fondò la “virtopsy foundation”, che ha essenzialmente l’obiettivo di raccogliere i fondi per il progetto; così come la Technical Group Forensic Imaging Methods (TWGFIM), che fornisce le linee guida internazionali per l’applicazione delle tecnologie al campo forense [5].

Deve essere esercitata una certa cautela riguardo l’utilizzo di nuove tecnologie associate alla virtopsia, per evitare che, un cattivo uso degli strumenti di imaging o apparecchi di scarsa qualità, possano screditare i possibili risultati della virtopsia.

I primi risultati furono presentati agli inizi del nuovo millennio, in particolare all’80th “German Forensic Meeting” in Interlaken nel 2001, organizzato dall’Istituto di medicina legale dell’università di Berna.

Il progetto di ricerca sull'autopsia virtuale ha fin da subito suscitato l'interesse di scienziati e giornalisti di tutto il mondo, oltre che della National Institutes of Health (NIH), la Radiological Society of North America (RSNA) e la U.K. Department of Health.

Il progetto ebbe dunque, risonanza mediatica catturando l'attenzione della CNN, Wall Street Journal, il New York Times, Popular Science e altri.

Nel corso degli anni la virtopsia ha acquisito quindi, dimensioni internazionali, con collaboratori di tutto il mondo, comprendenti varie discipline mediche.

Le divisioni tra gli specialisti devono essere quindi bypassate e l'obiettivo ottenuto con la massima condivisione delle conoscenze e dei risultati, poiché la massima collaborazione interdisciplinare è una chiave essenziale per il successo di un progetto di ricerca così innovativo e in evoluzione [6].

1.3. Indicazioni

Nel complesso le indicazioni all'esecuzione di un'autopsia virtuale comprendono:

- I casi in cui l'autopsia non sia strettamente necessaria (la dinamica della morte è già sufficientemente chiara).
- I casi in cui l'autopsia sia poco agevole (carbonizzati, grandi traumatismi, neonati, zone anatomiche di difficile accesso).
- I casi in cui l'autopsia non sia richiesta.
- Tutti i casi in cui, si riscontri un indubbio vantaggio dall'esecuzione della virtopsia.

Tra i vantaggi della Virtopsia sono da menzionare:

- Mini-invasività (evita la distruzione e la deturpazione del cadavere).
- Minore stress psicologico per i familiari.
- Rapidità di esecuzione.
- Basso costo.
- Permette un'autopsia *targeted* di migliore qualità.
- Consente di evidenziare reperti che altrimenti sarebbero sfuggiti all'esame esterno o all'autopsia.
- Consente una conservazione migliore dei risultati dell'esame post-mortem (rivalutabili in ogni momento, anche a distanza di anni).
- Permette un più facile flusso di informazioni (secondo opinioni da specialisti di tutto il mondo).
- Rielaborazione 3D delle immagini.

- In un'aula di tribunale possono essere facilmente visualizzate immagini chiave e c'è una migliore comprensione di dettagli importanti, grazie alle ricostruzioni 3D post-processing.

In un processo legale, il metodo con cui i fatti sono provati è di fondamentale importanza.

La trasmissione delle immagini su schermo in tribunale permette una migliore comprensione e valutazione delle prove in esame, si può mostrare l'intero corpo e ad esempio, scenari alternativi proposti dall'accusa, possono essere più facilmente dimostrati oppure confutati attraverso queste nuove tecnologie [7].

Si possono rapidamente ottenere seconde opinioni di esperti e possono essere consultati anche esperti internazionali, che rilasciano la loro perizia telematicamente, data la facilità del flusso di informazioni. Se nel corso delle indagini, venissero alla luce nuovi dettagli, possiamo avere immagini ancora conservate dell'intero corpo e non solo immagini fotografiche degli aspetti e dei dettagli inizialmente ritenuti importanti.

Possiamo quindi ritenere che la virtopsia, non solo accresce le conoscenze scientifiche, ma ha anche importanti conseguenze legali, sociali, culturali con benefici che vanno ben oltre il puro miglioramento diagnostico [8].

I campi d'applicazione della radiologia alla medicina legale sono numerosi, e le sue potenzialità sono ampie e varie, in particolare è stata utilizzata:

La radiologia tradizionale (Rx):

- Età scheletrica
- Identificazione di genere
- Caratteristiche morfostrutturali
- Corpi estranei
- Esiti traumatici
- Esiti di interventi chirurgici/ ortopedici

La radiologia forense:

- Diagnosi
- Ricostruzione eventi
- Identificazione radiologica
- Casi di annegamento
- Casi di carbonizzati
- Incidenti stradali
- Grandi traumatismi da precipitazione
- Grandi traumatismi da incidenti e investimento
- Stragi di massa: terremoti, alluvioni, esplosioni...
- Buttered child syndrome (sindrome del bambino battuto)
- Asfissia (impiccagione, strangolamento e strozzamento)
- Lesioni da arma da fuoco (ricostruzioni della dinamica, traiettoria della pallottola)
- Lesioni da arma bianca
- Embolia gassosa (subacquei), grassosa e da cemento
- Morte improvvisa
- Documentazione di lesioni ossee e viscerali, alla base del determinismo del decesso
→ differenziazione da altre modalità lesive
- Evidenziazione della presenza di gas, fluidi e sedimenti
- Ricerca di corpi estranei, pallottole, frammenti ossei e metallici

1.4. *Differenze tra l'imaging ante- e post-mortem*

Inizialmente nessuno conosceva l'aspetto Rx (non patologico, normale) degli organi interni nel non vivente, con la decomposizione, la formazione di gas, il livor mortis e il cambiamento della temperatura corporea.

Nel corso degli anni sono stati fatti molti studi, per distinguere quello che era un reperto normale nel cadavere, da quello che non lo era.

La differenza tra l'imaging in vita e l'imaging post-mortem è spesso misconosciuta, come ad esempio, nella rilevazione dell'emorragia cranica; invece la mancanza di mezzo di contrasto rende difficile il riscontro di una lacerazione aortica, anche se questa mancanza, può essere compensata tramite un'analisi combinata, TC e RM insieme.

Molti ritrovamenti radiologici post-mortem perfettamente normali, come bolle di gas da putrefazione o livor mortis interno, sono del tutto nuovi agli occhi del medico radiologo.

Altri aspetti come l'edema cerebrale, l'iperdensità del seno sagittale e il gas intraepatico, sono ben noti al radiologo, ma possono avere significato totalmente diverso dopo la morte: gas intravenoso epatico può anche essere una causa di morte, ma nel cadavere può essere presente come normale conseguenza di un trauma aperto o della decomposizione.

Rispetto alle immagini cliniche sul vivente, un grande problema dell'imaging post-mortem, è la mancanza di mezzo di contrasto intravenoso dopo l'arresto circolatorio, così l'analisi dei parenchimi e delle lesioni vascolari risulta molto più difficile, meno sensibile e meno specifica.

L'imaging sul vivente e quello post-mortem quindi, differiscono quindi tra loro ampiamente. Nello studio dell'imaging post-mortem dobbiamo tenere di conto di tutti quei cambiamenti, del tutto normali, che avvengono dopo la morte, sono segni che vanno saputi bene riconoscere, per non confonderli con segni patologici da documentare.

Il livor mortis (o ipostasi cadaverica) è il fenomeno per cui il sangue per gravità tende a filtrare verso il basso nel cadavere, non essendo più pompato dal sangue, e questo spostamento di sangue fa cambiare colore al corpo.

Il livor mortis è visibile non solo esternamente ma anche internamente, alla TC del torace possiamo vedere opacità a vetro smerigliato nei lobi inferiori. La parete dell'aorta risulta spesso iperdensa a causa della contrazione di parete e della perdita della pressione luminale. Bolle di gas post-mortem sono molto comuni a causa della massiva embolia gassosa a seguito di un trauma maggiore aperto, respirazione artificiale o l'iniziale decomposizione, la putrefazione in particolare produce emboli gassosi sistemici.

È difficile, ad esempio, diagnosticare la morte da stroke, tramite TC post-mortem, quando il paziente muore immediatamente, poiché il tessuto cerebrale non ha il tempo di sviluppare i classici segni di stroke, in modo da poterli differenziare dai segni regolarmente presenti nel cadavere. Comunque sia, neanche l'istologia è in grado di rilevare uno stroke iperacuto o un IMA [9].

Un grande vantaggio dell'imaging post-mortem, è l'assenza di artefatti dati dal movimento, dagli atti respiratori, dalla peristalsi intestinale e dalla pompa cardiaca, oltre che l'annullamento del problema della esposizione ai raggi x, con nessuna evidente limitazione.

Difatti, il difetto della mancanza di mezzo di contrasto è in parte compensato dalla eccellente qualità delle immagini, in assenza di movimenti cardiaci e respiratori.

Di seguito alcuni studi sulle differenze tra l'imaging ante e post-mortem:

Segni aspecifici di morte

- Perdita della differenziazione cortico-midollare.
- Iperdensità del seno sagittale e delle vene cerebrali.
- Livor mortis interno: polmone (opacità a vetro smerigliato).
- Bolle di gas.

Segni specifici post-mortem

- Emorragia intracranica

Non vi è praticamente alcuna differenza nella diagnostica per immagini della emorragia intracranica tra il vivente e il cadavere. Il sangue risulta iperdenso alla TC e aumenta l'iperdensità con l'aumentare della coagulazione ed è quindi ben rilevabile come emorragia epidurale, subdurale o subaracnoidea in radiologia clinica e nelle immagini post-mortem.

- Ferite da taglio e lesioni da arma da fuoco

È molto facile determinare il foro di entrata e di uscita di un proiettile nel cranio, sia ante che post-mortem. In entrambi i casi rileviamo frammenti di osso lungo la traiettoria, distalmente alla perforazione dell'osso [10].

- Infarto cerebrale

I segni dell'infarto nel vivente divengono visibili alla TC dopo due ore. L'iperdensità dei vasi indica una trombosi arteriosa, mentre la regione infartuata apparirà ipodensa, in un secondo momento. Quando un paziente muore immediatamente dopo l'ictus, il tessuto cerebrale non ha il tempo di formare più edema di quello che normalmente si verifica nel processo di morte (per qualsiasi causa). Lo stroke può essere rilevato alla TC, come delle aree ipodense asimmetriche, solamente se il paziente è sopravvissuto per alcune ore dopo lo stroke. La RM è più sensibile nella diagnosi di stroke, almeno nel vivente, rilevandolo anche dopo 30 minuti, ma nel cadavere il problema è di nuovo, che dopo 30 minuti dalla morte, l'intero cervello è ischemico alla RM.

- *Strangolamento e strozzamento*

Spesso i medici legali sono chiamati a stabilire in sede legale il pericolo di vita, cui è andato incontro una vittima di strangolamento o di strozzamento, che è sopravvissuta. Il solo esame clinico, esterno, non è dirimente mentre l'esame TC è di grande aiuto, nel rilevare emorragia cutanea, sottocutanea, muscolare (spesso sono coinvolti i muscoli sternocleidomastoideo e platisma), lesioni e deformazione delle cartilagini laringee, edema ed emorragia linfonodale. Inoltre, la TC post-mortem, ha una maggiore sensibilità, nel riscontro della frattura dell'osso ioide, rispetto al classico esame autoptico.

- *Iperdensità della parete aortica*

Molte TC post-mortem mostrano una ipodensità della parete aortica, l'aorta è collassata e si parla di "vanishing" aorta, a causa della contrazione della parete, della perdita della pressione endoluminale e sedimentazione del sangue al di fuori del lume aortico. Una iperdensità più localizzata nella parete aortica, può essere causata dall'aterosclerosi, molto comune sia nel vivente, sia nel cadavere, aiuta anche a localizzare l'aorta dopo la rottura nel mediastino.

- *"vanishing" aorta*

Nelle emorragie fatali i vasi collassano, è un fenomeno più evidente nei grandi vasi, come l'aorta, ma anche nelle arterie polmonari, vena cava e le camere cardiache che spesso rimpiccioliscono. In misura minore, questo segno è visibile anche nelle morti non causate da emorragia ed è dovuto alla perdita dell'azione di pompa cardiaca.

- *Rottura dell'aorta*

La rottura traumatica dell'aorta è meglio evidenziabile tramite la TC con mezzo di contrasto nel vivente. Nella TC post-mortem senza mezzo di contrasto, spesso non è possibile

visualizzare la rottura aortica. Però la TC e la RM insieme, possono rilevare la rottura aortica con una sensibilità che va dal 75 al 100% [9].

- *Trauma del torace*

Lo pneumotorace, la lacerazione polmonare, lo pneumomediastino, la frattura dello sterno, delle coste o delle vertebre, sono ugualmente ben riconosciute sia alla TC del vivente, sia del cadavere, anche senza mezzo di contrasto, anche se l'atelettasia è più facile da riconoscere dopo la somministrazione del mezzo di contrasto.

- *Embolia polmonare*

Senza il mezzo di contrasto, la diagnosi di embolia polmonare è praticamente impossibile, soprattutto nell'ambito della radiologia forense. A meno che, non si sia formato un classico infarto polmonare a cuneo, ma solitamente necessita di alcuni giorni. Alla TC post-mortem, possiamo ritrovare alcuni segni indiretti di embolia polmonare, quali la dilatazione cardiaca destra, da cuore polmonare acuto, ma non è specifica.

- *Annegamento*

Nell'imaging post-mortem possiamo di solito, rilevare fluidi o schiuma nelle vie aeree. Il 60% dei casi di annegamento mostra un pattern a mosaico del parenchima polmonare a causa di regioni polmonari ipoperfuse, o iperperfuse e aspirazione. Il riassorbimento dell'acqua dai polmoni risulta in una ipodensità del sangue, con emodiluizione e possibile insufficienza cardiaca. Altrimenti, l'aspirazione di acqua salata porta ad edema polmonare, distensione di stomaco e duodeno [11].

- *Trauma addominale*

La sensibilità e la specificità delle lesioni agli organi addominali è più bassa nell'imaging post-mortem, a causa della mancanza di mezzo di contrasto. Nella radiologia clinica la sensibilità della TC per la rottura epatica è del 90% dopo la somministrazione del mezzo di contrasto, mentre nella TC post-mortem, senza mdc è solo del 50%, la TC e la RM insieme raggiungono maggiore sensibilità, ma sempre al di sotto del 90%. La diagnosi di lacerazione splenica è anch'essa più difficile [12].

- *Gas intraepatico*

La presenza di gas nel fegato è comune nella radiologia clinica e di solito si trova nei dotti principali dell'albero biliare, a seguito di una ERCP, post-chirurgia o fistole; il gas nella vena porta è in genere una complicanza della colite ischemica.

Il gas intraepatico post-mortem è molto comune, è più facile ritrovarlo nei vasi a causa dell'embolia gassosa sistemica a seguito di un trauma aperto, o barotrauma polmonare da ventilazione meccanica, o annegamento. Anche la putrefazione determina accumulo di gas intraepatico, ma non prima che si sia formato globalmente.

Anche uno studio francese si è occupato di valutare l'accuratezza dell'imaging post-mortem, in particolare ha messo alla luce, le problematiche che possono insorgere nel differenziare i reperti patologici, dai normali cambiamenti che avvengono dopo la morte.

Sono stati analizzati alla TC multistrato sei scheletri di cranio, presso l'Istituto di medicina legale di Tolosa, Francia. Erano resti scheletrizzati naturalmente e non era stata fatta alcuna preparazione (rimozione di tessuti molli e bollitura) [13].

Venne eseguita una TC assiale con collimazione 16x 0.75 mm e la ricostruzione in due dimensioni fu ottenuta con una ricostruzione multiplanare.

L'esame TC è stato focalizzato sull'osso temporale e sulle strutture dell'orecchio, in tutti e sei i reperti, sono state riscontrate anomalie nella catena degli ossicini.

Nella clinica, lesioni all'orecchio medio sono causate da traumi all'osso temporale, manipolazioni chirurgiche e barotraumi. Danni alla catena degli ossicini sono una complicanza frequente della frattura dell'osso temporale e la dislocazione degli ossicini è più frequente della loro rottura [14].

A seguito di un ordine della polizia, fu riesumato il corpo di una donna, morta tre anni prima per annegamento, poiché vi era il sospetto che la donna in questione fosse stata uccisa per strangolamento, dal marito.

Una TC total body multistrato venne eseguita il giorno della riesumazione con 16x0.75 mm di collimazione e ricostruzioni 2D con MPR (multiplanar reconstruction) e MIP (maximum intensity projection, e 3D con VRT (volume rendering technique).

Nell'orecchio sinistro non sono stati ritrovati ossicini, mentre nell'orecchio destro l'intera catena degli ossicini era dislocata e giaceva sul pavimento della cassa del timpano, ma non fu ritrovata nessuna frattura ossea. L'autopsia confermò questi reperti e nessuna lesione traumatica era visibile per poter confermare l'ipotesi dell'omicidio.

La tomografia computerizzata a strato sottile è il metodo di prima scelta per la valutazione dell'orecchio medio. Gli studi post-mortem dell'orecchio medio tramite TC sono rari e nella maggior parte dei casi sono stati esaminati feti, o mummie. Nel feto, la TC e la RM dell'osso temporale sono buoni strumenti per la valutazione dell'età gestazionale [15].

Gli autori hanno concluso che, la fragile catena degli ossicini subisce un danneggiamento nel periodo post-mortem, e quindi tutti i reperti riscontrati nei sei crani analizzati e nel corpo riesumato, non erano indicativi di patologie ante-mortem.

Non è noto in che momento inizi la degradazione della catena degli ossicini, dopo la morte; sorprendentemente, l'orecchio medio del corpo riesumato presentava alterazioni, anche se era stato sepolto tre anni prima. È importante notare che le concrezioni possono essere presenti nel meato uditivo esterno e nella cassa del timpano, se il cadavere è stato sepolto e queste concrezioni possono avere un aspetto radiologico di iperdensità, da non confondere con corpi estranei, come ad esempio proiettili.

Con lo sviluppo della radiologia forense, strutture piccole come la catena degli ossicini possono essere studiate e i radiologi devono ben conoscere quelli che sono i cambiamenti “normali” che avvengono dopo la morte, per non confonderli con patologie ante-mortem, soprattutto nello studio di corpi riesumati, perché possono assumere un aspetto simil-traumatico [16].

1.5. Prospettive future

La **RM** ha maggiore sensibilità, specificità, e accuratezza rispetto alla TC, nella rilevazione delle lesioni ai tessuti molli, traumi ai tessuti cerebrali e non.

Studi su bambini vittime di abusi, hanno confermato la sensibilità della RM post-mortem, per lesioni da taglio, contusioni ed ematomi subdurali [17].

La **Spettroscopia di Risonanza Magnetica Nucleare** [esame diagnostico non invasivo, che consente di ottenere grafici, chiamati spettri, rappresentativi dei livelli (presenza e quantità) di diversi metaboliti, in specifiche strutture anatomiche, sulla base del loro spettro di risposta a sequenze di impulsi di risonanza magnetica], ha grandi potenzialità, per la documentazione della concentrazione post-mortem dei metaboliti nei tessuti. Dato che con la decomposizione cambiano continuamente le concentrazioni dei metaboliti, è una tecnica utile come supporto per la determinazione dell'epoca della morte.

In alcuni casi, la risoluzione della TC o della RM, non è sufficiente per rispondere a quesiti medico-legali, in modo non invasivo. Perciò ha preso piede l'idea di analizzare tramite **micro-TC** o **micro-RM**, piccoli campioni di tessuto. Ad esempio per analizzare tessuto osseo colpito da ferita da taglio e stabilire l'arma del delitto.

La micro-TC è stata sviluppata all'Istituto di Fisica Medica di Erlangen, Germania, ed è uno strumento capace di creare mappe 3D di campioni di diametro dai 4 ai 40mm, con una risoluzione spaziale dell'ordine dei micrometri.

Queste nuove tecnologie potrebbero portare alla istologia virtuale [18].

Esse rappresentano, la combinazione tra metodiche di indagine non invasive e minimamente invasive. Si possono campionare tessuti da ogni parte del corpo per citologia, istologia, analisi chimiche e microbiologiche.

Tale tipo di documentazione, permette la preservazione di documenti come prova, "*freezing*", vengono catturati e mantenuti reperti in un dato momento; che potrebbero non essere più recuperabili in seguito (dopo la sepoltura, dopo la crematura o la decomposizione).

Ad esempio, un dettaglio che inizialmente non sembrava importante, durante un processo, può essere facilmente rivalutato in un secondo momento tramite l'imaging post-mortem, la sola autopsia risulterebbe così troppo labile e fugace.

La documentazione digitale viene conservata tramite PACS = picture archiving and communication system, sistema di archiviazione e trasmissione delle immagini diagnostiche digitali, i sistemi PACS più evoluti permettono anche l'elaborazione dell'immagine, e la ricostruzione 3D.

In Spagna, presso l'Ospedale universitario San Carlo di Madrid, sono in corso studi, sull'utilizzo dell'ultrasonografia sul cadavere, in un progetto di ricerca che prende il nome di "ECOPSY". Sono stati studiati 130 cadaveri, cui è stato effettuato un prelievo eco-guidato di tutti gli organi, antecedente all'autopsia. Risulta indicata nei casi di malattie altamente contagiose che mettono in pericolo la salute dell'anatomopatologo o nei nati morti o neonati, soprattutto per lo studio dei tessuti molli, in particolare tessuto cerebrale e muscoloscheletrico o per lo studio di versamenti cavitari.

Angiografia post-mortem

La maggiore problematica della virtopsia si è rivelata essere l'assenza del mezzo di contrasto, che comporta una difficoltà notevole nello studio del sistema cardio-vascolare, anche all'autopsia però, lo studio dei piccoli vasi parenchimali può essere difficile e lungo.

Uno studio post-mortem con mezzo di contrasto potrebbe essere molto prezioso. In Svizzera al giorno d'oggi viene eseguita, ove necessario, l'angiografia post-mortem.

È stato sviluppato un metodo per riprodurre l'azione di pompa cardio-circolatoria, attraverso una macchina cuore-polmone modificata, che permette una perfusione a pressione controllata. Viene utilizzato un liquido di perfusione che sostituisce il sangue e un mezzo di contrasto compatibile con il liquido iniettato.

Vengono utilizzate soluzioni oleose colorate con il Sudan rosso, che hanno la capacità di non spandersi al di fuori dei vasi, nei tessuti circostanti, e non sono edemigene. Le soluzioni oleose vengono marcate con contrasto liposolubile, "Lipiodol Ultrafluid".

Inizialmente vengono incannulati due vasi: un'arteria, per introdurre la soluzione e una vena per farla uscire, poi collegati alla macchina cuore-polmone modificata. Viene così stabilita una circolazione e poco dopo, il liquido oleoso appare nella cannula venosa insieme al sangue rimanente del cadavere e piccoli coaguli. Dopo 2-5 minuti di circolazione viene iniettato Lipiodol Ultrafluid, e possono essere rilevate le immagini, tramite rx-tradizionale o MSCT, distanziando la cattura delle immagini di qualche minuto l'una dall'altra [19].

Dalla Virtopsia al Virtobot?

Le prospettive future guardano allo sviluppo del virtobot, un sistema che combina insieme strumenti quali 3D surface scanner, radiological scanner, angiografia postmortem, biopsia e micro-TC e micro-RMN [9].

2. Materiali e metodi

Scopo del nostro studio è quello di verificare il ruolo dell'autopsia virtuale, come tecnica complementare all'attività necroscopico-forense nei grandi traumatismi da precipitazione, investimento e incidenti stradali, per la valutazione della causa di morte e in particolare nella valutazione del complesso lesivo e di conseguenza nel riconoscimento della dinamica del trauma.

Dal 2011 al 2016 sono stati reclutati 62 casi legati all'attività forense di età compresa tra 5 mesi e 84 anni.

Di questi, i casi che possiamo classificare come grandi traumatismi sono stati 16, di cui:

- 2 precipitazioni (età compresa tra 22 e 44 anni)
- 5 vittime di un incidente aviatorio (età compresa tra 28 e 44 anni)
- 9 incidenti del traffico stradale (età compresa tra 9 mesi e 69 anni), di cui:
 - 3 investimenti di pedone,
 - 2 trasportati su autoveicolo,
 - 1 conducente di autoveicolo,
 - 3 investimenti di motociclisti/ciclisti.

Questi casi solitamente presuppongono l'espletamento di un'attività medico-legale che ha, in prima battuta, lo scopo di determinare la causa di morte, inoltre, dalla ricostruzione ragionata della lesività traumatica, possono derivarne informazioni utili alla comprensione delle modalità di accadimento dell'incidente.

I classici strumenti procedurali in questo ambito medico-legale sono l'ispezione esterna di cadavere e l'autopsia.

L'autopsia è una procedura che, se eseguita in maniera completa, permette di definire in maniera sostanziale, il pattern lesivo complessivo. Pur tuttavia, la visualizzazione di alcuni distretti corporei, quali ad esempio, lo splancocranio, le prime vertebre cervicali o le ossa

del bacino, presuppongono difficoltà tecniche di accesso anatomico che talora possono anche compromettere l'integrità delle strutture da analizzare.

In questi pazienti deceduti in circostanze non ben precisate, è stata effettuata una scansione TC dal vertice ai piedi e le immagini TC ottenute, sono state analizzate al fine di valutare eventuali lesioni acute o pregresse a carico dei segmenti scheletrici, ma anche per eventuale riconoscimento e localizzazione di corpi estranei e per effettuare una prima valutazione degli organi interni, nonché per la ricerca di eventuali segni vitali al momento del trauma [20].

2.1. *Tecnica autoptica*

Tutte le società hanno un legittimo interesse nella conoscenza della causa di morte dei loro cittadini, anche se questa cambia a seconda del panorama sociale, politico e scientifico del paese. La maggior parte delle giurisdizioni ha una serie di leggi, per la regolamentazione delle circostanze nelle quali sia necessario investigare sulla morte dei cittadini.

Lo scopo dell'esame autoptico è essenzialmente determinare le cause e le modalità della morte, ma non solo.

L'esame autoptico è di fondamentale importanza e ha numerose applicazioni:

- Stabilire se la morte sia stata causata da un atto criminale.
- Ottenere le evidenze necessarie, a perseguire o eventualmente scagionare, la persona sospettata di aver causato la morte attraverso un atto criminale.
- L'identificazione del corpo.
- Fornire materiale per l'istruzione, la formazione e la ricerca e incrementare le conoscenze medico-scientifiche.
- Fornire evidenze necessarie per contenziosi civili, inclusi reperti necessari a stabilire il risarcimento alla famiglia del deceduto.
- Valutare l'eventuale negligenza medica.
- Determinare eventuali mutazioni genetiche, la cui identificazione porterebbe beneficio ai familiari del deceduto.
- Aiuta nella prevenzione degli incidenti e morti sul lavoro, indagando le cause e le circostanze della morte.
- Valutare l'efficacia o meno, delle misure utilizzate per prevenire la morte, incluse le zone di guerra.
- Aiutare i familiari del deceduto, nella comprensione della causa di morte del loro caro.

La normativa vigente in Italia tutela il cadavere come oggetto del sentimento di pietà, non in quanto soggetto di altri diritti poiché la persona fisica, cessa di essere un soggetto

giuridico con la morte. Il codice penale prevede disposizioni relative ai delitti contro la pietà dei defunti: art. 407 violazione di sepolcro, 408, vilipendio di tombe, 409, turbamento di un funerale o di un servizio funebre, 410, vilipendio di cadavere, 411, distruzione, soppressione o sottrazione di cadavere, 412, occultamento di cadavere, 413, uso illegittimo di cadavere.

Difatti il riscontro diagnostico, l'autopsia giudiziaria, l'iniezione conservativa, il prelievo di parti a scopo scientifico, didattico o terapeutico, l'imbalsamazione e la cremazione sono interventi lesivi del cadavere resi leciti da esplicite norme.

Il D.P.R. 10/09/90, n.285 (Approvazione del regolamento di Polizia Mortuaria) attua una distinzione terminologica fra riscontro diagnostico (art.37) ed autopsia giudiziaria (art.45) basata sull'Autorità sanitaria o giudiziaria che ne fa richiesta e quindi sulle diverse finalità: clinico-scientifiche o giuridico-forensi.

Il riscontro diagnostico sui cadaveri è regolato dalla legge 13/2/61, n.83 e dall'articolo 37 del Regolamento di Polizia Mortuaria.

Nell'eseguire riscontri diagnostici, devono essere evitate mutilazioni o dissezioni non necessarie a raggiungere l'accertamento della causa di morte.

Il riscontro diagnostico è obbligatorio per i cadaveri delle persone decedute senza assistenza medica, trasportati ad un ospedale o ad un deposito di osservazione o ad un obitorio. Negli altri casi è disposto d'autorità dai direttori, primari o medici curanti di persone decedute negli ospedali militari, nelle cliniche universitarie e negli istituti di cura privati per il controllo della diagnosi o per il chiarimento dei quesiti clinico-scientifici. È disposto dal coordinatore sanitario dell'U.S.L. (in precedenza dal medico provinciale) sui cadaveri di persone decedute a domicilio, quando la morte sia dovuta a malattia infettiva e diffusiva o sospetta di esserlo, o a richiesta del medico curante quando sussista il dubbio sulla causa della morte.

Nessuno si può opporre al riscontro diagnostico.

Il riscontro diagnostico va eseguito dall'anatomopatologo universitario od ospedaliero o da altro sanitario competente, incaricato del servizio, alla presenza del primario o del

medico curante ove questi lo ritenga necessario, vi possono essere due risultati conclusivi:

- 1) Rilievo di segni certi o sospetti di un delitto perseguibile d'ufficio; il settore deve sospendere le operazioni e darne immediata comunicazione all'autorità giudiziaria (art.365 c.p.).
- 2) Individuazione delle cause del decesso; viene redatta un'apposita relazione per il direttore sanitario che è tenuto a darne comunicazione al primario ed al sindaco per l'eventuale rettifica della scheda di morte I.S.T.A.T. in caso di malattia infettiva diffusiva la comunicazione al sindaco vale come denuncia.

L'autopsia è l'attività settoriale eseguita per disposizione dell'autorità giudiziaria. Differisce dal riscontro diagnostico perché non ha lo specifico fine di riscontrare l'esattezza della diagnosi clinica, né è soggetta alle limitazioni vigenti per i riscontri diagnostici, che vietano le operazioni settoriali non necessarie ad accertare la causa della morte.

Art.116. Norme di attuazione del c.p.p. – 1 se per la morte di una persona sorge sospetto di reato, il procuratore della Repubblica accerta la causa della morte e se lo ravvisa necessario, ordina l'autopsia... 2. Il disseppellimento di un cadavere può essere ordinato, con le dovute cautele, dall'autorità giudiziaria se vi sono gravi indizi di reato.

Art.5. Regolamento di polizia mortuaria- nel caso di rinvenimento di parti di cadavere o anche di resti mortali o di ossa umane, chi ne fa la scoperta deve informarne immediatamente il sindaco il quale ne dà subito comunicazione all'autorità giudiziaria, a quella di pubblica sicurezza ed all'unità sanitaria locale competente per territorio.

Art.8 Regolamento di polizia mortuaria- nessun cadavere può essere sottoposto ad autopsia prima che siano passate 24 ore.

Quando nel corso di un'autopsia, non ordinata dall'autorità giudiziaria, si abbia il sospetto che la morte sia dovuta a reato, il medico deve sospendere le operazioni e darne immediata comunicazione all'autorità giudiziaria.

Nella valutazione delle informazioni che possono essere ricavate da tecniche non invasive, dobbiamo considerare lo scopo per il quale vengono rilevate, in corso di

autopsie svolte per il solo fine di ricerca scientifica, il consenso all'autopsia è necessario, e spesso c'è maggior disponibilità a dare il consenso verso tecniche minimamente invasive e psicologicamente meno impegnative.

Sebbene seconde autopsie vengano eseguite su richiesta della difesa, della famiglia o della polizia, queste possono essere meno soddisfacenti e talvolta impossibili.

2.2. *Tecnica TC*

Il progetto di ricerca sulla virtopsia, che prese piede nel 2000, guidato da Richard Dirnhofer e Michael J. Thali, ha mostrato al mondo l'importanza dell'utilizzo di tecniche di ultima generazione quali, TC spirale o multistrato e RM 1,5 Tesla, come potenziamento, miglioramento e in alcuni casi alternativa, alla classica tecnica di indagine post-mortem, l'autopsia.

Anche l'ecografia e l'esame radiografico standard hanno mantenuto un ruolo rilevante nel contesto delle indagini diagnostiche post mortali, fornendo informazioni aggiuntive e integrative dell'esame TC.

Le metodiche di indagine radiologica come TC, RM, hanno assunto nel corso degli anni, un ruolo predominante nel panorama medico e in grande evoluzione, con lo sviluppo di nuove tecniche e di risoluzione maggiore.

Per quanto riguarda la tomografia computerizzata, a Pisa utilizziamo la TC Spirale Toshiba Aquilion a 16 corone di detettori, impostata con protocollo di acquisizione a strato sottile, per poter eseguire ricostruzioni 3D e multiplanari.

Analisi e ricostruzioni MPR e VR attraverso software dedicati (Advantage Window 4.4 General Electric Medical System; Vitrea Advanced Imaging Enterprise Toshiba Medical System).

Per quanto riguarda l'ecografia viene utilizzato un ecografo Hitachi Avius con sonda convessa da 5 MHz e lineare da 13 MHz.

- PARAMETRI TECNICI TC

Collimazione: 16x1 mm

Spessore di strato: 1 mm

Incremento di strato: 1 mm

Tensione del tubo: 120 kVp

Corrente del tubo: 250 mAs

Pitch factor: 0.938

Kernel: STD 18B

Il lavoro di post-elaborazione, rielaborazione 3D, nella workstation, fornisce materiale pratico e facilmente riproducibile, e analizzabile in un'aula di tribunale.

In questa fase il contrasto nelle immagini può essere maggiorato, possono essere fatte misurazioni di distanze, aree e volumi e avanzati programmi software aiutano nell'analisi di piccoli dettagli.

3. Risultati

3.1. Tabella comparativa

Numero / Età / Sesso	Dinamica dell'incidente e causa di morte	Risultati indagine necrosettoria	Risultati TC
1/ 16aa/M	Pedone rinvenuto esanime sul marciapiede. Confermata l'iniziale ipotesi di investimento da parte di automezzo mentre giaceva supino. Deceduto a causa di shock traumatico toraco-addominale.	Esame esterno: <ul style="list-style-type: none">• Complesso policontusivo prevalente all'emilato destro, in regione cranio-cervicale e in regione toraco-addominale e (bilateralmente) alla superficie postero-laterale delle braccia, minima lesività escoriativa anche al polso destro, in regione glutea destra e alla caviglia dx Fratture scheletriche: <ul style="list-style-type: none">• Fratture di II e III costa sulla emiclaveare, dalla IV alla VIII sulla linea ascellare posteriore, e dalla IV alla VIII sulla paravertebrale, a dx Frattura della I e II lungo la linea paravertebrale, a sn	<ul style="list-style-type: none">• Enfisema sottocutaneo cervico-toracico • Multiple fratture costali scomposte dalla IV alla VIII nel tratto posterolaterale a dx, fratture della I e II costa posteriormente a sn

		<p>Lesività viscerale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contusioni e lacerazioni polmonari bilaterali, a destra finissime bolle aree in corrispondenza delle quali si apprezza (palpatoriamente) sensazione di crepitio come da enfisema subpleurico • Emoperitoneo (1100 cc) • Lesioni da scoppio del fegato • Lacerazioni del mesocolon e capsulo-renali a destra 	<ul style="list-style-type: none"> • Contusioni e lacerazioni polmonari bilaterali • Pneumotorace bilaterale, prevalente a dx • Versamento endoaddominale a densità ematica perisplenico, periepatico e nello scavo pelvico • Frattura epatica
2/ 35aa/M	<p>Pedone investito da autoveicolo e schiacciato contro un'altra auto in sosta. Deceduto a causa di rottura del cuore destro.</p>	<p>Esame esterno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Segni di mobilità preternaturale della gabbia toracica sospetta per lesività costale bilaterale • Deformità anteriore della parete toracica • Enfisema sottocutaneo <p style="text-align: center;">Autopsia non disposta</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tumefazione evidente dei tessuti molli da riferire a infarcimento emorragico • Enfisema sottocutaneo emitorace superiore sn e emiaddome sn • Frattura scomposta del III distale della clavicola dx • Frattura del tratto posteriore della I, II, III, IV, V e IX costa a dx, I, II, III, IV, VIII, IX e X a sn, lesione della cartilagine condrosterale di II e II costa a dx

			<ul style="list-style-type: none"> • Frattura del processo trasverso sinistro di L2 e L3 • Frattura scomposta e diastasata dell'ala sacrale destra • Frattura scomposta pluriframmentaria della branca ileopubica e ischiopubica dx • Iperdensità a livello di trachea e bronchi • Rottura del cuore destro • Emotorace massivo bilaterale • Focolai contusivi polmonari bilateralmente • Pneumotorace dx • Pneumoperitoneo
3/ 68 aa/M	Motociclista urtato violentemente da tergo da autoveicolo e deceduto a causa di politraumatismo contusivo con interessamento del midollo cervicale alto	<p>Esame esterno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ecchimosi-escoriazioni al volto bilateralmente, più evidenti a sinistra con emissione di sangue dagli orifici nasali e buccale • Ecchimosi-escoriazioni al tronco (fianco-regione glutea di sn), al polso sn e agli arti inferiori. Mobilità preternaturale del rachide cervicale e della gabbia toracica come da fratture scomposte delle coste. Dismorfismo delle gambe, per fratture scomposte di tibia e perone al terzo inferiore 	<ul style="list-style-type: none"> • Tumefazione dei tessuti molli a livello parieto-occipitale dx e temporale sn da riferire ad infarcimento emorragico

		<p>Fratture scheletriche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frattura-lussazione dell'articolazione atlanto-epistrofea, con avulsione del dente dell'epistrofeo • I e la II costa di destra sono fuse tra loro, frattura delle coste dalla III alla V sulla linea emiclaveare, la VIII e la IX sulla ascellare media, dalla I alla VII sulla linea paravertebrale, a sn • Si confermano le fratture delle ossa del bacino a sn e le fratture scomposte di tibia e perone evidenziate alla TC 	<ul style="list-style-type: none"> • Frattura della base del dente dell'epistrofeo con avulsione dello stesso • Frattura dello sfenoide bilateralmente, dell'arco zigomatico e della parete laterale dell'orbita sn, lussazione con disarticolazione tra C5 e C6; frattura del processo spinoso di C6 • Frattura scomposta del tratto anterolaterale della IV costa e del tratto posteriore della VI, VII, VIII, IX e X costa, a dx; frattura del tratto posteriore della XII costa e a livello della porzione anteriore della I costa, a sn • Frattura pluriframmentaria del piatto somatico superiore di L1 • Frattura scomposta pluriframmentaria del III diafisario distale del perone sn e dell'epifisi distale della tibia sn. Frattura scomposta della metafisi distale di tibia e perone a dx e ulteriore frattura composta dell'epifisi distale della tibia; dislocazione a destra di tutti i frammenti distali delle ossa lunghe fratturate
--	--	--	--

		<p>Lesività viscerale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emorragia perimesencefalica e sottotentoriale • Lacerazione della vena cava inferiore, nel tratto toracico extrapericardico • Lacerazioni dell'aorta toracica nei tratti ascendente e discendente • Emotorace massivo bilaterale, maggiore a dx (1200cc a dx, 300cc a sn) • Contusioni sulla faccia costale del polmone sn • Lesioni sfacelative a carico di rene sn e milza • Minima lacerazione della cupola epatica dx • Emoperitoneo di 300cc 	<ul style="list-style-type: none"> • Frattura scomposta pluriframmentaria dell'ala iliaca sinistra, della branca ischiopubica della sinfisi e dell'acetabolo sn • Emorragia perimesencefalica e sottotentoriale • Profilo irregolare della vena cava superiore • Aorta ascendente e arco irregolarmente collabiti • Emotorace massivo bilaterale, maggiore a dx • Focolai contusivi e di lacerazione polmonare bilateralmente • Disomogeneità strutturale della milza riferibile a frattura • Rene sn: fenomeni lacerativi ed ematoma sottocapsulare polare inferiore • Emoperitoneo maggiormente rappresentato a livello perisplenico e presente in minor misura a livello periepatico e pelvico
4/ 69aa/ M	Ciclista rimasto impigliato in una rete di protezione di	<p>Esame esterno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enfisema sottocutaneo cervico-toraco-addominale • Complesso policontusivo prevalente al distretto cranico e al torace: escoriazione-lacerazione del 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfisema sottocutaneo cervico-toraco-addominale • Tumefazione dei tessuti molli al fianco dx

	<p>cantiere adiacente alla strada e quindi caduto e sormontato da un autocarro che procedeva nello stesso senso di marcia. Deceduto a causa di shock traumatico da schiacciamento toracico</p>	<p>padiglione auricolare sn, lesione ecchimotico-escoriata alla spalla sn, vasta area ecchimotica alla superficie laterale del tronco a dx, e sulla spina iliaca antero-superiore sn</p> <p>Fratture scheletriche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confermate le frattura di clavicola dx e bilaterali delle scapole evidenziate alla TC • Fratture con comminuzione della I e II costa tra la linea ascellare posteriore e la linea paravertebrale, fratture scomposte dalla III alla XII nel tratto compreso tra angolo scapolare e la paravertebrale, a dx; Fratture scomposte sulla linea ascellare anteriore dalla I alla III e dalla V alla VIII costa, sulla linea ascellare anteriore, frattura della IV costa sulla ascellare posteriore e della IX sulla ascellare media, a sn <p>Lesività viscerale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lacerazione pericardio e aorta ascendente • Lacerazione del polmone sn e contusione sulla superficie laterale del polmone dx con evidente 	<ul style="list-style-type: none"> • Fratture scomposte di clavicola dx e bilaterali delle scapole • Fratture multiple scomposte di tutte le coste a dx, soprattutto nel tratto posterolaterale, e delle coste dalla I alla IX a sn • Fratture dei processi trasversi da L1 a L3 a dx • Arco aortico collabito e profilo irregolare dell'aorta ascendente e penumopericardio • Lacerazioni e contusioni polmonari bilateralmente
--	--	---	---

		impronta costale <ul style="list-style-type: none"> • Enfisema subpleurico prevalentemente localizzato al lobo medio dx • Pneumotorace • Emotorace sn (650 cc) • Lacerazione longitudinale della milza 	<ul style="list-style-type: none"> • Pneumotorace e pneumomediastino • Emotorace sn • Lacerazione longitudinale della milza
5 / 45aa/M	Motociclista trovato esanime appena fuori dal ciglio della strada, deceduto a causa di trauma toraco-addominale. Non chiarite le modalità dell'incidente	Esame esterno: <ul style="list-style-type: none"> • Numerose superficiali lesioni escoriative alla regione frontale, sovraorbitaria e nasale • Superficiali lesioni ecchimotico escoriate ad entrambi gli arti • Evidente rottura della protesi mammaria destra Fratture scheletriche: <ul style="list-style-type: none"> • Confermata la frattura a cuneo della scapola evidenziata alla TC • Fratture scomposte di III e IV costa sulla linea emiclaveare dx e VII costa sulla linea emiclaveare sn Lesività viscerale: <ul style="list-style-type: none"> • Emoperitoneo di 1700 cc • Soffusione emorragica a carico del meso di stomaco e duodeno, e del mesentere 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfisema sottocutaneo cervico-toraco-addominale • Tumefazione dei tessuti molli a dx soprattutto al fianco e al dorso • Rottura protesi mammaria • Frattura setto nasale • Frattura corpo della scapola dx • Frattura composta di III e IV costa a dx • Pneumomediastino • Pneumoperitoneo • Versamento endoaddominale a densità ematica

		<ul style="list-style-type: none"> • Lacerazioni epatiche, soprattutto alla faccia posteriore • Lacerazioni spleniche e diffuse aree di infiltrazione emorragica al pancreas 	<ul style="list-style-type: none"> • Lesioni epatiche e spleniche
6 / 44aa/M	<p>Cadavere rinvenuto ai piedi di un palazzo di 8m, deceduto a seguito di gravi lesioni cranio-encefaliche da precipitazione. Positiva l'indagine tossicologica per cocaina</p>	<p>Esame esterno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fratture esposte della teca cranica. Appiattimento del torace, più evidente a destra, per plurime fratture costali. Plurime fratture delle apofisi spinose in ambito dorso-lombare. • Sensazione di crepitio "a neve fresca" alla palpazione toracica come per enfisema sottocutaneo. Segni riferibili a frattura scomposta delle scapole bilateralmente, del bacino e "guazzamento" alla palpazione del rachide lombo-sacrale, come per sottostante ematoma <p>Fratture scheletriche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fratture della teca cranica interessanti i temporali, parietali, frontali e soprattutto, l'occipitale • Frattura delle rocche petrose e delle fosse craniche posteriori e medie • Frattura dello sterno • Fratture scomposte della III e IV costa 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfisema sottocutaneo toraco-addominale • Tumefazione dei tessuti molli nella regione lombo-sacrale • Fratture della teca cranica interessanti i temporali, parietali, frontali e soprattutto, l'occipitale • Frattura dello sterno • Fratture scomposte alla scapola bilateralmente • Fratture di tutte le coste nel tratto

		<p>sull'emiclaveare, I-XII tra la paravertebrale e la emiscapolare, e II-IX sulla emiscapolare, a dx</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fratture dalla I alla XII costa tra la paravertebrale e la emiscapolare a sn • Confermate le fratture composte dei corpi di D7, D8, D11 evidenziate alla TC; non evidenti fratture (almeno con le manovre effettuabili), di D12, L1, C3 e C4, che erano state evidenziate con la TC <p>Lesività viscerale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diffusa ma poco intensa emorragia subaracnoidea, presenza di sangue nell'acquedotto del Silvio e nel IV ventricolo • Contusioni e lacerazioni polmonari bilaterali • Emotorace di 250 ml a destra e di 50 ml a sinistra • Contusioni al diaframma • Piccole lacerazioni epatiche • Lacerazioni spleniche • Emorragie renali e surrenali • Contusioni e lacerazioni del meso del tenue 	<p>posterolaterale a dx e a sn</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fratture composte dei corpi D7, D8, D11, D12, L1, C3 e C4 • Frattura del processo spinoso di L5 • Frattura del sacro • Frattura della branca ileopubica dx e ischiopubica bilateralmente, cresta iliaca sn e collo del femore sn • Frattura scomposta del collo del femore dx • Emorragia subaracnoidea • Contusioni e lacerazioni polmonari bilaterali • Pneumotorace bilaterale e pneumomediastino • Pneumoperitoneo • Assenza di corpi estranei Rx percepibili
--	--	--	---

<p>7 / 22aa/M</p>	<p>Cadavere rinvenuto ai piedi di un edificio di 7 m. La causa di morte è da attribuire a grande traumatismo da precipitazione su asfalto stradale, e non a investimento.</p>	<p>Esame esterno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ecchimosi in regione frontale dx, padiglione auricolare dx e labbro superiore. Vasto complesso ecchimotico escoriato all'arto superiore, all'emitorace, all'emiaddome e all'arto inferiore, a dx. Numerosissimi lembetti epidermici all'arto superiore dx incernierati verso il contorno posteriore dell'arto • Appiattimento del torace bilateralmente con segni riferibili a plurime fratture costali bilaterali • Enfisema sottocutaneo al torace anteriormente e superiormente • Frattura del mascellare <p>Fratture scheletriche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frattura del mascellare • Frattura del manubrio dello sterno <ul style="list-style-type: none"> • Fratture costali a dx: I-II costa tra la paravertebrale e l'ascellare posteriore, dalla III alla X tra l'ascellare 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfisema cervico-toraco-addominale <ul style="list-style-type: none"> • Fratture composta del mascellare a dx • Frattura del manubrio dello sterno <ul style="list-style-type: none"> • Frattura della clavicola sn e probabile frattura della dx • Frattura dell'olecrano dx • Fratture multiple alla scapola dx <ul style="list-style-type: none"> • Fratture costali bilateralmente dalla II alla VII a dx, dalla III alla XI a sn
-----------------------	---	---	--

		<p>posteriore e l'ascellare media, la IV e la V anche sulla ascellare anteriore; a sn: la I sulla paravertebrale, dalla II alla VII tra l'ascellare posteriore e la media, dalla VIII alla XI tra l'ascellare media e l'anteriore</p> <p>Lesività viscerale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emotorace dx di 500 ml • Contusioni polmonari bilaterali e lacerazione lobo inferiore a dx • Contusioni e lacerazioni epatiche 	<ul style="list-style-type: none"> • Fratture dell'ala iliaca di dx e delle branche ischio-pubiche bilateralmente • Contusioni polmonari bilaterali e lacerazione lobo inferiore a dx • Contusione epatica • Assenza corpi estranei Rx percepibili
8 / 22aa/M	<p>Guidatore di autovettura deceduto a seguito di sinistro stradale: collisione contro alcuni paletti costituenti la staccionata di confine e in seguito contro un'autovettura parcheggiata. Esami</p>	<p>Esame esterno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ferita lacero trasversale di 7 cm alla regione anterosuperiore del collo, dalla quale fuoriesce alla pressione dei tessuti adiacenti sangue misto ad aria • Segni certi di frattura della laringe alla palpazione e materiale ematico all'apertura della bocca • Frattura mandibolare alla palpazione • Vasta lesione ecchimotico-escoriata maggiormente estesa in senso trasversale in regione toracica sinistra (verosimilmente procurate dalla cintura di 	<ul style="list-style-type: none"> • Diffuso enfisema sottocutaneo a livello della regione del collo e della porzione superiore del torace anteriormente

	<p>tossicologici positivi per alcol e concordanza agli esami emogenetici tra il profilo genetico della vittima ed il sangue presente sulla cintura di sicurezza e sull'airbag lato guida. Causa di morte: insufficienza respiratoria acuta da lesione delle vie aeree superiori</p>	<p>sicurezza mentre il corpo subiva violenta accelerazione in avanti).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escoriazione lineare figurata a banda, orientata obliquamente in senso cranio-caudale e da destra verso sinistra, in regione toracica dx, che risultava teoricamente riconducibile alla compressione esercitata da una cintura di sicurezza, (tuttavia con orientamento compatibile con la posizione della vittima sul sedile anteriore destro e non con quello lato guida), è stata poi attribuita ad un pezzo di legno penetrato nell'abitacolo <p>Fratture scheletriche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frattura scomposta della mandibola • Frattura del corpo di C2 <p>Lesività viscerale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Circoscritta e modesta emorragia sottodurale, diffusa emorragia subaracnoidea • Frattura scomposta dello scudo laringeo e sezione a tutto spessore a livello dei primi anelli tracheali 	<ul style="list-style-type: none"> • Frattura scomposta pluriframmentaria della mandibola • Frattura del corpo di C2 <ul style="list-style-type: none"> • La trachea non risulta chiaramente visualizzabile al di sotto dello scudo cartilagineo tiroideo per circa 2 cm di estensione cranio-caudale • Iperdensità idrica-sovraidrica a livello di trachea e biforcazione fino ai rami segmentari
--	---	---	---

		<ul style="list-style-type: none"> • Polmoni iperespansi e con mazzature emorragiche a livello della superficie anteriore dei lobi anteriori; sangue abbondante nei bronchi • Versamento pleurico ematico di 150 ml a dx e 100 cc a sn • Non versamenti liberi in addome 	<ul style="list-style-type: none"> • Ai polmoni bilateralmente, multiple estese aree confluenti di aumentata densità parenchimale a tipo “vetro smerigliato” a distribuzione peribronchiale • Esile falda di pneumotorace anteriormente a destra e pneumomediastino • Modesto versamento pleurico declive bilateralmente • Modesto versamento peritoneale lungo le docce parietocoliche e scavo pelvico
9 / 9mesi/M	Bambino posizionato sul sedile posteriore di un'autovettura (negli appositi sistemi di ritenuta dei bambini), che in fase di sorpasso in autostrada, è stata travolta da tir. Estrazione del bambino dall'abitacolo difficile (circa un'ora), in quanto il suddetto	Esame esterno: <ul style="list-style-type: none"> • Congestione e numerosissime petecchie al volto • Stravaso ematico rosso scuro in ambito sclerale dx e piccole petecchie all'occhio sn • Liquido brunastro in cavità orale e sulle labbra • Complesso ecchimotico agli arti superiori, in regione anteriore dell'emitorace sinistro e sulla parte superiore dell'addome • Escoriazione ovalare sul fianco destro, ecchimosi a livello pubico e del gluteo sinistro • Sulla faccia laterale di entrambe le cosce, ecchimosi figurata, rappresentata da una serie di quadrettature 	<ul style="list-style-type: none"> • Non si apprezzano lesioni rilevanti

	<p>sistema di ritenuta era scivolato e risultava incastrato sotto i sedili dell'autovettura guidata dal padre. Deceduto a seguito di asfissia e compressione dell'emitorece sinistro</p>	<p>Autopsia non disposta</p>	
<p>10 / 9mesi/M</p>	<p>Stessa dinamica del precedente caso</p>	<p>Esame esterno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stravaso ematico sclerale bilaterale • Congestione del volto ed ecchimosi al volto, al torace agli arti superiori e regione addominale destra 	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione del diametro antero-posteriore dell'emitorece sinistro • Aree di addensamento parenchimali polmonari bilaterali • Esile falda di pneumotorace anteriore a sede basale con distanza massima del parenchima polmonare dalla parete toracica di circa 4 mm • Sospetto pneumomediastino

		<ul style="list-style-type: none"> • Sulla faccia mediale della gamba dx, due aree di avvallamento contornate da area di escoriazione, probabilmente prodotte da compressione • Ipermotilità delle ossa della gamba. Escoriazione profonda lineare, lunga circa 3 cm, in sede sottorotulea <p style="text-align: center;">Autopsia non disposta</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Frattura composta del III medio della tibia dx • Esile raccolta fluida a livello dei tessuti molli della regione sovrarotulea sn
11 / nn/M	Cadavere rinvenuto sul ciglio della strada, deceduto a seguito di trauma cranico- toraco- addominale per investimento da parte di autovettura.	<p>Esame esterno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escoriazioni al volto, otorragia sn e alla palpazione del capo, cedevolezza e diffusi rumori di scroscio, come per la presenza di multiple fratture del tavolo osseo sottostante • Strie escoriative all'emitorace sn e all'arto inferiore sn, soluzione di continuo in regione cucullare sn <p>Fratture scheletriche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fratture multiple e complesse della base cranica, con una rima di frattura trasversale che attraversa le fosse craniche medie subito al davanti delle piramidi temporali e una frattura con andamento "ad anello" attorno al forame occipitale. Notevole comminuzione della metà posteriore delle ossa parietali e della squama occipitale 	<ul style="list-style-type: none"> • Fratture multiple scomposte della base cranica, frattura ad "anello" attorno al forame occipitale. Notevole comminuzione della metà posteriore delle ossa parietali e della squama occipitale

		<ul style="list-style-type: none"> • Frattura bilaterale delle clavicole • Fratture costali: a dx dalla I alla III hanno un duplice focolaio di frattura, uno sulla linea emiclaveare e l'altro sull'arco posteriore, mentre la IV e la V hanno un unico focolaio sull'arco posteriore. A sinistra frattura delle coste dalla I alla IV sulla linea ascellare anteriore <p>Lesività viscerale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diffusa emorragia subaracnoidea • Focolai cerebrali lacero-contusivi multipli • Duplice lacerazione epatica 	<ul style="list-style-type: none"> • Frattura bilaterale delle clavicole • Frattura bilaterale delle scapole • Frattura scomposta di I, II e III costa a dx posterolateralmente e frattura scomposta delle coste dalla I alla IV anteriormente a sn • Diffusa emorragia subaracnoidea e focolai cerebrali lacero-contusivi multipli • Duplice lacerazione epatica
12 / 30aa/M	Passeggero di velivolo C-130J precipitato in fase di decollo durante un'esercitazione, deceduto a causa di lesioni traumatiche polidistrettuali produttive di depezzamento corporeo	<p>Esame esterno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sfacelo del cranio, con ampia perdita di sostanza alla volta cranica, completa assenza delle strutture encefaliche e perdita dei tratti somatici • Massiccio facciale pluriframmentato con residui mandibolari e mascellari adesi ai fasci muscolari • Depezzamento: distacco del tronco dagli arti inferiori • Torace diffusamente abbruciato con carbonizzazione cutanea. Eviscerazione, fratture 	<ul style="list-style-type: none"> • Sfacelo del cranio • Completa assenza delle strutture encefaliche • Massiccio facciale pluriframmentato con residui mandibolari e mascellari • Depezzamento: distacco del tronco dagli arti inferiori • Torace diffusamente abbruciato

		<p>multiple di rachide e coste</p> <p>Fratture scheletriche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pluriframmentazione della clavicola • Fratture costali a sn dalla III costa alla VII sulla linea ascellare posteriore, dall'VIII all'XI sulla linea marginale della scapola con penetrazione dei monconi di frattura nel cavo pleurico; fratture costali a dx di II e III costa sulla paravertebrale con pluricomposizione dei frammenti; fratture costali scomposte e con monconi aggettanti nel cavo pleurico a dx, della IV e V costa su un piano obliquo compreso tra l'ascellare posteriore ed ascellare anteriore e dalla VII alla XII • Frattura esposta del terzo medio dell'ulna • Sezione in corrispondenza del corpo di D12 • Pluriframmentazione dello scheletro del bacino e dell'articolazione coxo-femorale dx • Frattura scomposta del terzo distale del femore <p>Lesività viscerale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • I tessuti risultano irregolarmente dilacerati con alcune aree di abbruciamento • Soluzione di continuo endo-miocardica di 3x2 cm del ventricolo sn 	<ul style="list-style-type: none"> • Pluriframmentazione della clavicola • Fratture multiple costali con completa perdita dei normali rapporti anatomici <ul style="list-style-type: none"> • Frattura scomposta del terzo medio dell'ulna • Sezione in corrispondenza del corpo di D12 • Pluriframmentazione dello scheletro del bacino e dell'articolazione coxo-femorale dx • Frattura scomposta del terzo distale del femore <ul style="list-style-type: none"> • Gravi lesioni a tutti gli organi toraco-addominale con completa perdita dei normali rapporti anatomici
--	--	--	---

		<ul style="list-style-type: none"> • Plurime aree contusive ed emorragiche ad entrambi i polmoni • Sezione completa dell'aorta toracica a livello di D12 • Vescica ampiamente dilacerata 	
13 / 28aa/M	Pilota dello stesso incidente del precedente caso, trattenuto al sedile di pilotaggio mediante cinture di sicurezza ancora allacciate e deceduto a seguito di asfissia meccanica acuta da posizione	<p>Esame esterno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scarsa lesività esterna • "Maschera ecchimotica": fine punteggiatura petecchiale estesa ad interessare la cute del volto e le congiuntive • Soluzione di continuo a tutto spessore del cuoio capelluto, in regione parietale destra, a forma stellata con esposizione della teca cranica • Diffusa marezza rossastra di collo, torace, addome e arti superiori • Complesso ecchimotico-escoriativo agli arti inferiori <p>Fratture scheletriche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confermate fratture del mascellare sn, spalla dx, L1 e perone dx evidenziate alla TC • Frattura completa dello sterno • Frattura composta delle coste dalla IV alla VII sulla linea emiclaveare dx, dalla IV alla VI sull'emiclaveare sn, dalla III alla V e dalla VI all'VIII 	<ul style="list-style-type: none"> • Frattura del mascellare sn • Frattura spalla dx • Frattura sterno • Fratture scomposte delle coste VI, VII e VIII nel tratto laterale a dx e VI e VII anteriore a sn

		<p>sull'ascellare posteriore sn</p> <p>Lesività viscerale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diffusa ma modesta soffiusione emorragica leptomeningea • Sangue e schiuma in trachea e bronchi • Plurime punteggiature emorragiche subpleuriche a entrambi i polmoni • Multiple lesioni epatiche 	<ul style="list-style-type: none"> • Frattura di L1 • Frattura di perone dx <ul style="list-style-type: none"> • Spandimento emorragico subdurale • Iperdensità in trachea e bronchi • Multiple contusioni polmonari • Modesta lesività lacerativa epatica • Non coinvolte strutture viscerali ad elevata dignità funzionale o causa di intensi fenomeni emorragici tali da giustificare la causa del decesso
14 / 40aa/M	<p>Pilota dello stesso incidente aereo dei precedenti casi, trattenuto al sedile di pilotaggio mediante cinture di sicurezza ancora allacciate, deceduto a seguito di lesioni cranio-encefaliche</p>	<p>Esame esterno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scarsa lesività esterna • Ampia soluzione di continuo a tutto spessore del cuoio capelluto dalla bozza frontale alla regione parietale sn • Complesso ecchimotico-escoriativo in regione deltoidea e abnorme mobilità del femore al terzo inferiore, come per frattura 	

		<p>Fratture scheletriche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fratture della fossa anteriore della base cranica • Frattura composta delle coste dalla VI alla IX sull'ascellare posteriore a sn • Confermate le frattura di radio, ulna sn, femore dx, tibia e perone sn evidenziate alla TC <p>Lesività viscerale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lieve emorragia subaracnoidea • Ampie aree contusive emorragiche, all'encefalo, al cuore e a entrambi i polmoni • Sangue e schiuma in trachea e bronchi 	<ul style="list-style-type: none"> • Frattura della fossa anteriore della base cranica • Fratture costali multiple all'emitorace sn • Fratture del corpo vertebrale di L1 e di L4 e dell'apofisi trasversa di L3 e di L4 • Frattura completa di radio e ulna sn al terzo medio • Frattura scomposta del femore dx • Frattura scomposta di tibia e perone sn • Lieve emorragia subaracnoidea • Multiple contusioni all'encefalo, al cuore e a entrambi i polmoni • Iperdensità a livello di trachea e bronchi
15 / 44aa/M	Vittima di incidente aereo, viaggiava in veste di passeggero, ritrovato immerso nel carburante del velivolo. Deceduto a causa di lesività meccanica, e terminalmente, lesività termica.	<p>Esame esterno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corpo carbonizzato, identificato solo mediante indagine genetica • Ampia perdita di sostanza a carico della teca cranica e della gamba destra, quale attiene a "lesioni da calore" e dunque riferibili a fatti post-mortali 	<ul style="list-style-type: none"> • Corpo carbonizzato

	Stesso incidente dei casi precedenti	<p>Fratture scheletriche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frattura del corpo dello sterno • Fratture costali a multiple a sn • L'emicostato di dx risulta completamente carbonizzato <p>Lesività viscerale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disfacimento di tutto il parenchima encefalico alla sezione • Carbonizzazione lobo inferiore polmone dx • Plurime aree contusivo-emorragiche al polmone sn • Esposizione degli organi endoaddominali da carbonizzazione completa dei tessuti molli della regione addominale dx • Vasta lacerazione da scoppio al lobo epatico dx • Ampia lacerazione trasversale al terzo medio del rene sn 	<ul style="list-style-type: none"> • Frattura mandibola sn • Frattura del corpo dello sterno • Fratture della scapola sn • Fratture costali multiple a sn • L'emicostato di dx risulta completamente carbonizzato • Frattura del corpo vertebrale L4-L5 • Frattura del perone sn • Contusioni polmonari bilaterali • Sospetta lacerazione del lobo epatico dx • Ampia lacerazione trasversale al terzo medio del rene sn
16 / 39aa/M	Vittima di incidente aereo, viaggiava in veste di passeggero, esposto al calore dell'incendio della fusoliera e deceduto	<p>Esame esterno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infiltrazione emorragica congiuntivale diffusa all'occhio dx • Multiple fratture del tavolo cranico • Diffuso abbruciamento del capo con appiattamento 	

	<p>a seguito di lesioni cranio-encefaliche. Stesso incidente aereo dei casi precedenti</p>	<p>dei tratti somatici</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diffuse bolle di epidermolisi al torace, agli arti superiori e agli arti inferiori • Frattura lussazione ampiamente scomposta del ginocchio dx <p>Fratture scheletriche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vasto complesso fratturativo alla teca cranica, prevalentemente localizzato in regione fronto-parieto-occipito-temporale destro, con plurime rime fratturative • Frattura composta delle coste dalla I alla IX sulla linea ascellare posteriore dx • Confermata la frattura del corpo della XII vertebra toracica evidenziata alla TC <p>Lesività viscerale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lacerazione della dura madre • Emorragia subdurale e subaracnoidea • Focolaio contusivo emorragico dell'emisfero destro 	<ul style="list-style-type: none"> • Vasto complesso fratturativo alla teca cranica, prevalentemente localizzato in regione fronto-parieto-occipito-temporale destro, con plurime rime fratturative • Fratture del massiccio facciale • Frattura della scapola sn • Frattura dell'omero sn • Fratture costali a dx • Frattura del corpo della XII vertebra toracica • Frattura/lussazione della tibia e del perone di dx • Emorragia subdurale e subaracnoidea • Gravi lesioni encefaliche soprattutto all'emisfero dx
--	--	---	---

		<ul style="list-style-type: none">• Plurime contusioni polmonari bilaterali• Sangue e schiuma in trachea e bronchi• Plurime aree contusive subepicardiche al terzo superiore del ventricolo destro e diffuse punteggiature emorragiche epicardiche in sede atriale e ventricolare; ampia lacerazione endocardica al taglio, all'apertura del ventricolo dx	<ul style="list-style-type: none">• Plurime contusioni polmonari bilaterali• Iperdensità in trachea e bronchi
--	--	--	--

4. Discussione

Il campo dei grandi traumatismi comprende una grande varietà di traumi, da lesioni appena visibili ed escoriazioni superficiali, alla distruzione del cadavere in caso di impatti ad alta energia come incidenti aerei o ferroviari [21].

Nella valutazione forense della vittima di un trauma ad alta energia viene valutato:

- Identificazione
- Natura ed entità delle lesioni (con distinzione tra lesioni ante-mortem e post-mortem)
- Causa del decesso
- Mezzi produttivi e modalità dell'evento [22].

All'interno della casistica presa in esame presso l'Università di Pisa, sono stati evidenziati 7 casi che hanno fornito spunti di riflessione e maggiore dialogo tra medici radiologi e medici legali, tra questi: 2 investimenti di pedone da parte di automezzo, 3 investimenti di motociclisti / ciclisti e 2 precipitati.

4.1. Grandi traumatismi da incidenti stradali

Gli incidenti stradali che coinvolgono veicoli a motore, come da statistiche provenienti dalla maggior parte dei paesi industrializzati, rappresentano la prima causa di morte nella fascia di età al di sotto dei 40 anni.

Nel caso in cui la dinamica del trauma sia complessa è necessario valutare caso per caso il pattern lesivo completo, dato che stress meccanici di natura diversa possono causare lesioni diverse, a seconda della modalità del trauma [23].

Le immagini TC sono state analizzate al fine di valutare eventuali lesioni acute o pregresse a carico dei segmenti scheletrici, per eventuale riconoscimento e localizzazione di corpi

estranei e per effettuare una prima valutazione degli organi interni, nonché per la ricerca di eventuali segni vitali al momento del trauma.

La ricostruzione dinamica degli incidenti basata sui dati 3D di superficie della TC, può essere utile come strumento complementare, perché valutata insieme al complesso fratturativo, può dare ulteriore indicazione della **posizione** del soggetto al momento del trauma.

La lesività che comunemente si osserva negli investimenti di pedoni da parte di autoveicoli, può essere schematizzata in cinque fasi successive e subentranti l'una con l'altra: **l'urto**, ossia il contatto tra veicolo e corpo umano; la **proiezione** del corpo al suolo, che può avvenire in avanti o lateralmente al veicolo; **propulsione o accostamento**, per azione di spinta in avanti esercitata sul corpo abbattuto; **arrotamento o sormontamento**, in cui il veicolo transita con le ruote sul corpo steso al suolo e infine **trascinamento**, che si produce quando il corpo rimane impigliato in parti del veicolo. Di norma però, l'investimento si verifica secondo un numero inferiore di fasi (due o tre), rari sono infatti il sormontamento e il trascinamento e talora, quando il baricentro del corpo è più in basso rispetto al frontale del veicolo, anziché l'abbattimento si osserva la proiezione del corpo (caricamento) su cofano e parabrezza.

Ad ognuna delle fasi prospettate che si realizzano in rapida successione, corrispondono determinate tipologie lesive, alcune delle quali, caratteristiche di una delle fasi stesse e che talora possono indicare, per morfologia, distribuzione, e indipendentemente dalla loro gravità, una determinata azione traumatica, in grado di consentire la ricostruzione della dinamica dell'investimento [24].

Nella fase d'urto in cui il pedone subisce l'impatto del veicolo, predominano lesioni dirette, sono tipiche quelle prodotte dall'urto con parti rigide dell'auto quali ad esempio mascherina frontale, specchietto laterale, montanti dell'auto, paraurti o bordi dei fari, non di rado nella sede d'impatto si possono produrre lesioni cutanee ecchimotico-escoriative figurate, con un meccanismo tipo "*punzonatura*", riproducenti parti del veicolo. Nell'urto sono frequenti le fratture del bacino e degli arti inferiori, tipiche le fratture scomposte alle gambe.

Nella fase di proiezione si realizzano con maggiore frequenza lesioni al capo, in quanto il corpo è abbattuto violentemente a terra e predominano le lesioni alla testa conseguenti alla

caduta: ferite lacero-contuse o ecchimosi del cuoio capelluto, della faccia, fratture craniche, spesso associate a gravi lesioni encefaliche.

Nell'arrotamento possono realizzarsi, lesioni ecchimotiche-escoriate "figurate", cioè che riproducono a "stampa in negativo" il disegno del battistrada della ruota e che talora, si associano a vere e proprie lesioni di scuoiamento della cute dai soggiacenti piani, oppure a schiacciamenti muscolari e viscerali.

Nel sormontamento e nella propulsione la gamma contusiva varia da escoriazioni profonde, lacerazioni e lesioni da schiacciamento, tuttavia molto frequentemente, ai modesti segni esterni di propulsione e di arrotamento, consistenti essenzialmente in lesioni escoriative, corrispondono imponenti lesioni viscerali.

Inoltre nel caso del pedone investito in piedi si realizzano fratture da impatto primario e da impatto secondario. Solitamente, le fratture da impatto primario sono quelle connotate da maggior energia cinetica, anche se le lesioni secondarie, da proiezione, caricamento ecc... possono a loro volta dare lesioni gravissime.

Nel caso della proiezione del pedone sul selciato stradale da parte di un'automobile si osserveranno lesioni da impatto primario a carico di tibia, perone, o femore (dipendentemente dalla tipologia del paraurti), e fratture da impatto secondario, prevalentemente a carico di bacino, torace e cranio.

Di fatto l'altezza del complesso fratturativo può variare a seconda dell'altezza a cui avviene il primo impatto, che dipende dall'altezza del paraurti e dalla posizione del pedone al momento dell'urto: se viene colpito davanti, di dietro o di lato. La frattura che si realizza a livello della tibia e del perone è di solito una frattura in tre punti, una dei quali è disposto come un cuneo. In questo tipo di frattura all'apice del cuneo indica la direzione dell'impatto (frattura di Messerer) [25].

A livello della gabbia toracica il pattern fratturativo tipico varia a seconda del sito di compressione: se la compressione viene dal davanti osserviamo di consueto fratture sternali da compressione e fratture costali anterolaterali, se la compressione proviene da dietro osserviamo di consueto fratture posteriori e il distacco dalla cartilagine costocondrale [26].

Nel caso n. 1 non erano evidenti lesioni esterne tali da poter far supporre la causa di morte e la modalità dell'evento, quindi grazie all'utilizzo combinato della tecnica TC e autoptica è stato possibile stabilire se il giovane trovato esanime sul marciapiede, fosse stato investito in piedi oppure da sdraiato.

La cute data la sua estensione e localizzazione superficiale mostra spesso i maggiori segni del trauma contusivo, con lesioni che variano da escoriazioni superficiali ed ematomi sottocutanei fino a lesioni da schiacciamento e avulsioni. Per lo studio delle lesioni cutanee, l'imaging post-mortem non fornisce informazioni aggiuntive.

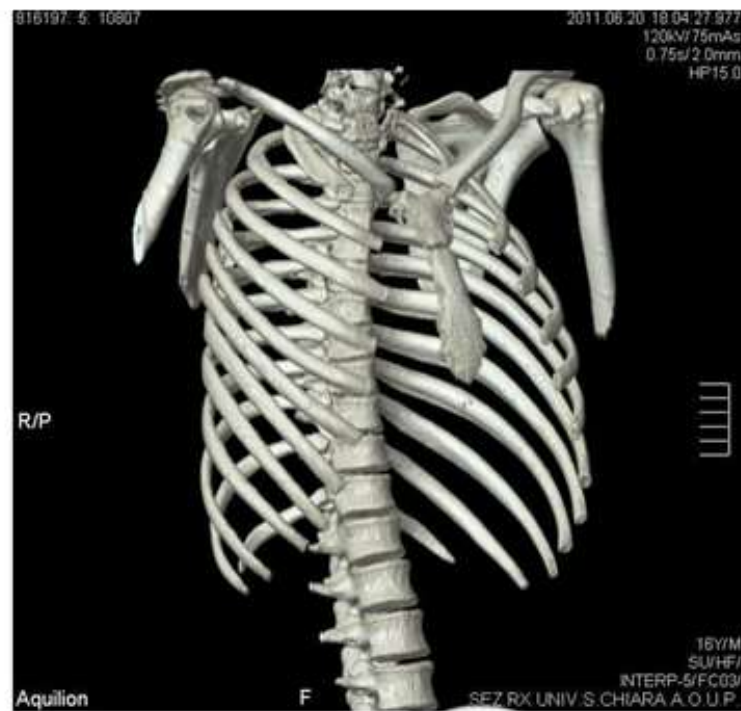


Lesione figurata al fianco dx

Nel caso di compressioni a livello della gabbia toracica, come in questo caso, si osservano fratture costali multiple spesso scomposte, ematomi, contusioni, lacerazioni polmonari, pneumotorace ed enfisema sottocutaneo (segno indicativo del fatto che il trauma sia avvenuto a soggetto ancora in vita).

È possibile inoltre osservare fenomeni di lacerazione polmonare, conseguenti al trauma chiuso, che spesso si associano a contusione. A livello dei punti di lacerazione si osserva la formazione di cavità sferiche, per fenomeno di retrazione elastica, tipica del parenchima

polmonare. Tali reperti sul torace sono stati ben definiti tramite la TC e confermati perfettamente all'autopsia.



Ricostruzioni VR delle strutture scheletriche della gabbia toracica: fratture costali a dx



Ricostruzioni VR della gabbia toracica, particolare dello scheletro costale: fratture costali multiple lievemente scomposte a livello del tratto postero laterale

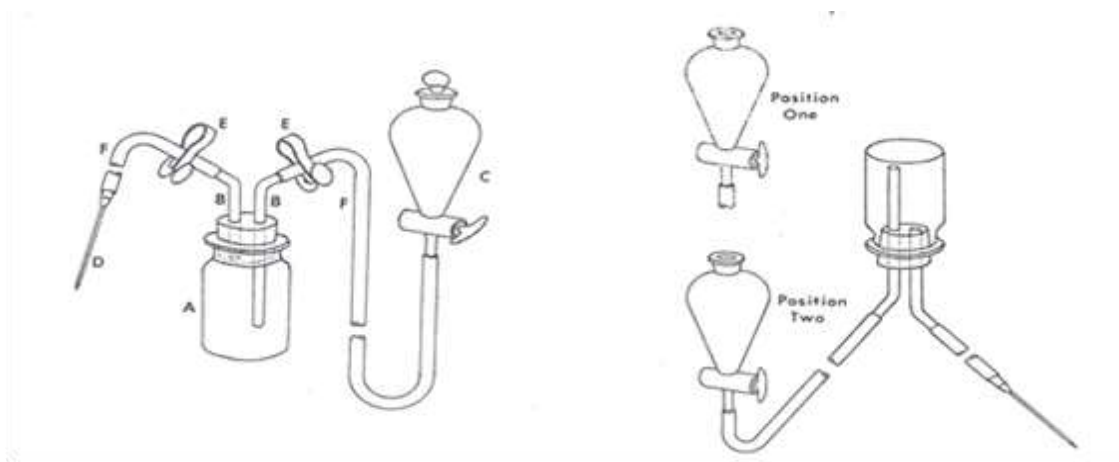
Lo pneumotorace non è visibile dall'esame esterno e può essere difficilmente evidenziabile all'autopsia. Ci sono diversi metodi per la rilevazione di tale accumulo di gas, uno è la valutazione del diaframma prima della dissezione del torace. Se si espande verso la cavità addominale, possiamo ipotizzare uno pneumotorace o una massiva emorragia intratoracica. Se il diaframma è localizzato in sede, possiamo escludere lo pneumotorace iperteso, ma non un classico pneumotorace. Quest'ultimo può essere visualizzato tramite puntura dello spazio intercostale e annotando la posizione dei polmoni: se i polmoni affondano nella cavità toracica, allora un rilevante pneumotorace è possibile. Per confermare il sospetto di pneumotorace iperteso viene effettuata la seguente procedura: si scuote il torace e si crea una tasca tra la gabbia toracica e la cute. Se la tasca viene riempita di acqua e il torace è punto si formano bolle nel caso di uno pneumotorace iperteso. Non è sempre affidabile, e inoltre non si riesce a misurarne l'estensione. Questi problemi sono stati risolti con la post-mortem MSCT, che rileva anche esili falde di pneumotorace [27].

Per la valutazione della presenza di gas nei vasi sanguigni o nelle cavità un sistema di poca affidabilità quantitativa è costituito da una siringa di vetro ermetica riempita di acqua, il cui ago è inserito nelle cavità o nei vasi in questione e il gas è aspirato con cautela. Un metodo combinato qualitativo e quantitativo è costituito da una bottiglia di vetro a bocca larga con un tappo di gomma con due fori e due sistemi di tubi di vetro, di diametro approssimativo di 3mm, ognuno piegato a 120° e uno più lungo dell'altro; il più corto dovrebbe arrivare solo ad attraversare il tappo e fermarsi alla superficie interna di questo, il più lungo arriva a 1-1.5 cm dal fondo della bottiglia.

Un imbuto di separazione è connesso al tubo più lungo tramite un tubo di gomma e un ago da trasfusione di 14 o 15 Gauge è connesso con il tubo di vetro più corto, inoltre sono presenti due clamp, una per ogni tubo.

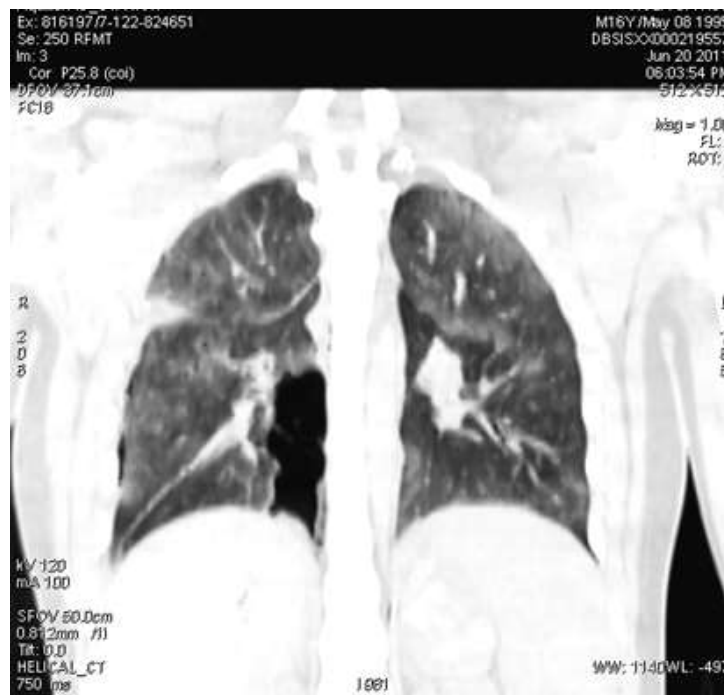
L'intero sistema è riempito di olio minerale in modo che, quando l'imbuto è a livello con la bottiglia in verticale, l'olio arrivi solo alla metà dell'imbuto. Durante l'operazione, l'imbuto viene prima sollevato fino a 30-40 cm sopra il livello della bottiglia verticale, tutti i rubinetti sono aperti e la posizione è mantenuta fino a che tutte le tracce di gas sono portate fuori dal sistema attraverso l'ago che è rivestito internamente con un film di olio. In seguito, i

rubinetti sono chiusi e l'imbuto viene riabbassato alla posizione originale. Per fare il test, la bottiglia è invertita e l'ago inserito nella cavità in questione. Quando l'ago è in posizione, tutti i rubinetti sono aperti e l'imbuto è più basso di 70-90 cm o fino a che non si crea un adeguato tubo d'aspirazione. Viene quindi aspirato il contenuto della cavità, che può essere gas puro o misto a sangue o altri liquidi. Ogni gas o liquido che entra nel sistema può essere osservato nel sistema di tubi piegati e in un test positivo, bolle di gas si accumulano nella bottiglia al di sopra del livello dell'olio. Chiudendo tutti i rubinetti il gas può essere conservato per ulteriori analisi chimico-fisiche ed esami microbiologici del gas rinvenuto che aiutano nella distinzione con il gas putrefattivo [28].

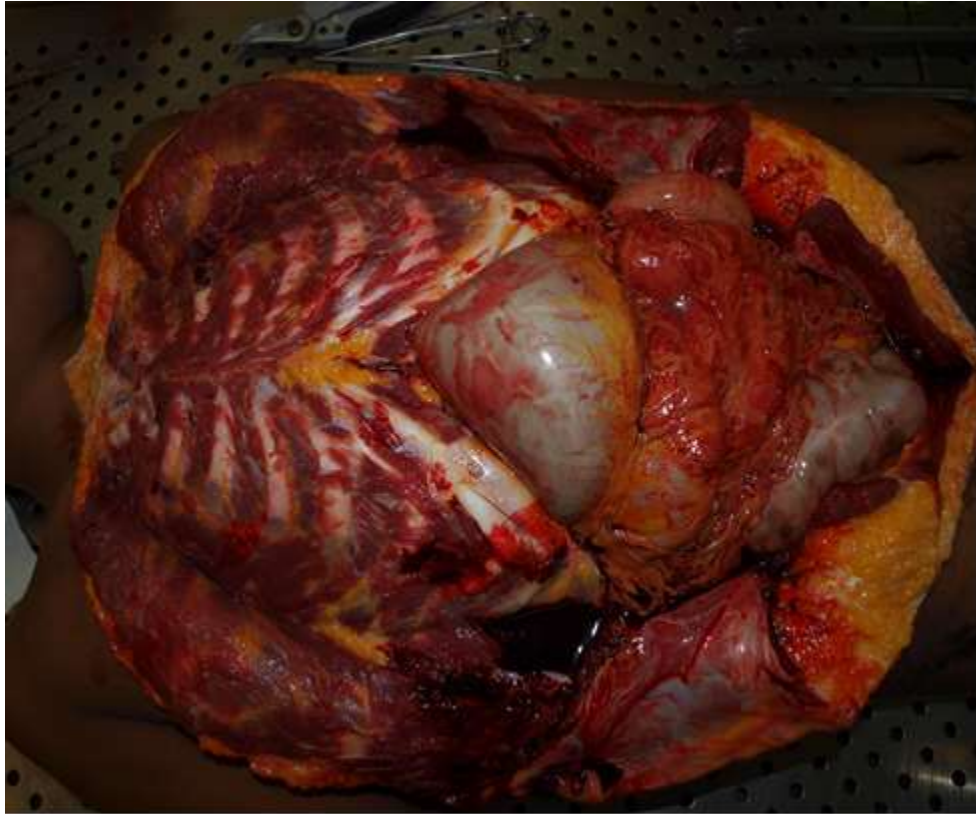




Contusioni e lacerazioni polmonari



Ricostruzioni MPR coronali della gabbia toracica: contusioni e lacerazioni polmonari bilaterali, ematoma, pneumotorace, enfisema sottocutaneo



La compressione della gabbia toracica può provocare anche lesioni degli organi interni addominali, in particolare a livello epatico può provocare lacerazione, ematoma intraparenchimale o sottocapsulare, emorragia attiva, lesione dei vasi epatici maggiori.

La TC in questo caso è risultata importante per la comprensione della dinamica dell'investimento, poiché ha permesso di esplorare con chiarezza e rapidità la pelvi (zona di difficile accesso autoptico) e gli arti inferiori, escludendo fratture in queste zone, è stata scartata una dinamica di investimento col pedone in posizione eretta.

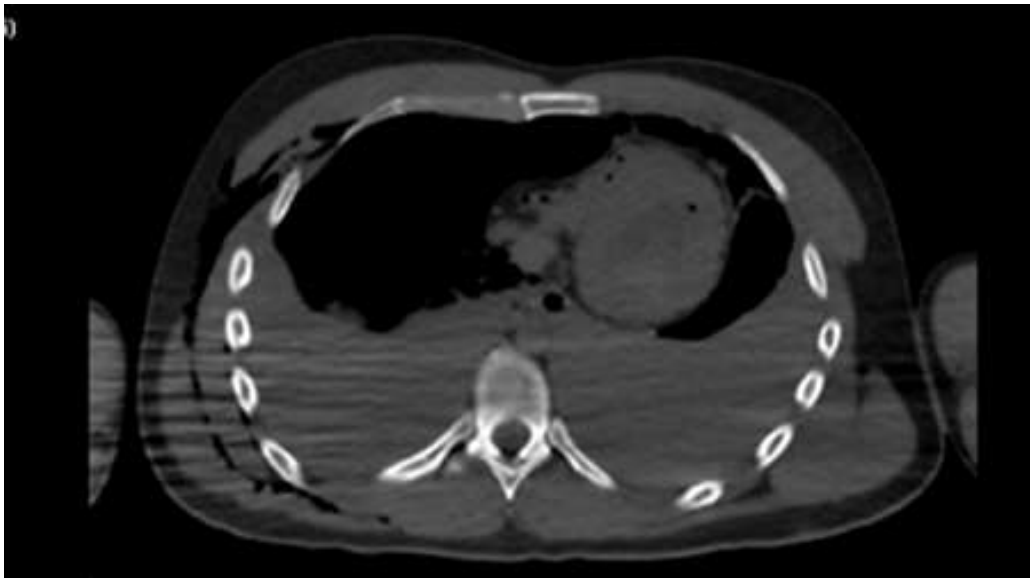
Considerato anche che nel caso di urto avvenuto a pedone già sdraiato non si osservano lesioni da urto primario e secondario, ma piuttosto lesioni della gabbia toracica, lesioni viscerali da compressione e marchi da pressione sulla cute [29].



Ricostruzioni VR delle strutture scheletriche del cingolo pelvico: non lesioni traumatiche

Quindi la valutazione globale delle lesioni riscontrate sul pedone indica un meccanismo di violenta compressione esercitatosi sul fianco destro, fortemente suggestivo per attribuirne la natura a sormontamento o propulsione: la tipologia e la sede delle lesioni osservate, l'assenza di reperti indicativi di abbattimento, trascinamento, rendono quindi del tutto attendibile l'ipotesi formulata dagli inquirenti, secondo la quale il ragazzo fu sormontato mentre si trovava in posizione sdraiata sul piano stradale, pur non potendo escludere l'ipotesi di altre posizioni "atipiche", ad esempio seduta o rannicchiata.

Nel caso n.2 del pedone che ha subito un trauma da schiacciamento, in quanto, a seguito di un investimento da parte di un autoveicolo, è stato schiacciato contro un'altra auto in sosta, l'esame autoptico non è stato richiesto dalle autorità competenti e il solo esame TC, ha consentito comunque di identificare una causa precisa di morte. Questo dimostra come la virtopsia possa in alcuni casi, permettere di non eseguire un esame autoptico, poiché consente con ragionevole sicurezza di dedurre la causa della morte. L'enorme forza contusiva subita dal soggetto, ha causato la lacerazione del cuore, dei grandi vasi, e dei polmoni.



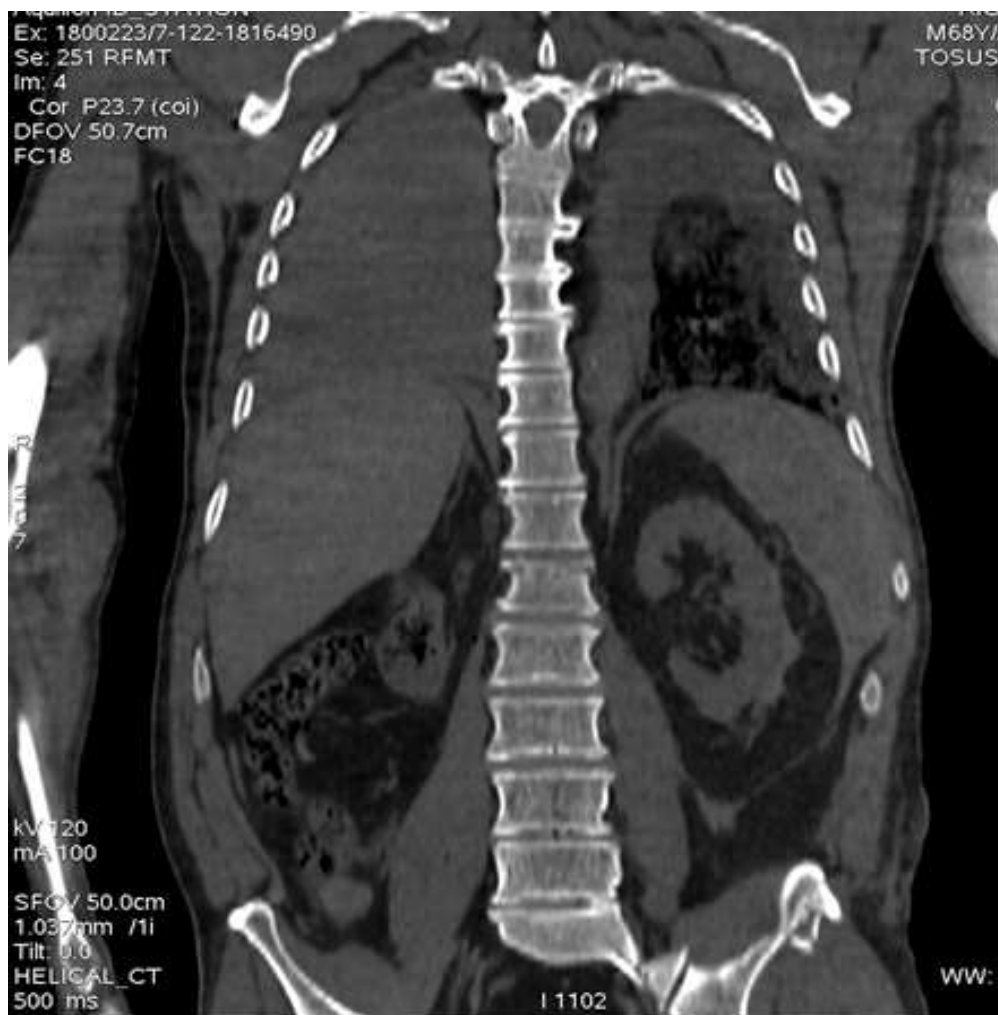
Scansione assiale del torace: emotorace massivo bilaterale



Ricostruzione MPR coronale del torace: rottura del cuore dx

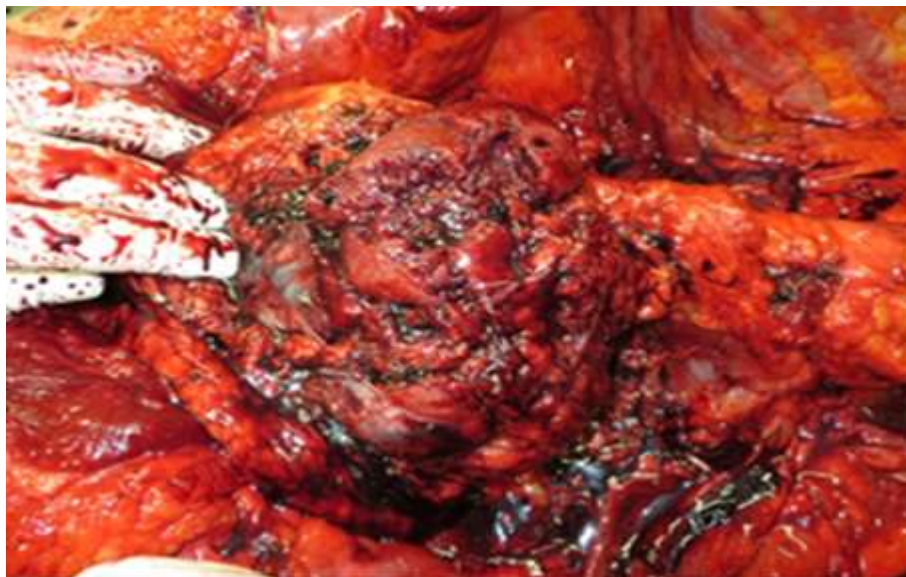
Il progressivo aumento del numero di vittime di incidenti coinvolgenti veicoli a due ruote ha comportato un notevole incremento dell'attività peritale di tipo medico-legale. Le tipologie di urto di più frequente riscontro sono: *urti fronto-laterali, laterali, tamponamenti, a solo* (cioè urti derivanti dalla perdita di controllo del mezzo, senza coinvolgimento di altri veicoli) e *misti*. In rapporto alla tipologia lesiva, invece, si osserva una netta prevalenza delle lesioni di tipo contusivo-escoriativo, subito seguite da quelle di tipo fratturativo-emorragico. La tipologia d'urto più ricorrente, è quella di tipo fronto-laterale. Seguono i tamponamenti, gli urti laterali e gli a solo. Dalla correlazione tra la sede di lesione e la tipologia lesiva si evince che il cranio e gli arti inferiori risultano maggiormente interessati da un quadro lesivo di tipo fratturativo-emorragico, mentre il tronco e gli arti superiori da complessi lesivi di tipo contusivo emorragico. Considerando la sede di lesione in rapporto all'urto sono gli arti inferiori e il tronco i distretti anatomici più frequentemente traumatizzati, seguiti dal cranio e dagli arti superiori. Quadri lesivi contraddistinti da emorragie interne sono prevalentemente associati a urti fronto-laterali. Lesioni di tipo contusivo-escoriativo, con localizzazione elettiva al tronco e agli arti inferiori, si associano, invece, prevalentemente a urti a solo o a tamponamenti. Nel caso in cui risulti essere il tronco il distretto anatomico più traumatizzato per questa stessa tipologia lesiva, unitamente a lesioni di tipo fratturativo-emorragico (elettivamente localizzate alla pelvi), la tipologia di urto più frequentemente implicata è quella a solo o laterale nella circostanza in cui alle contusioni-escoriazioni si associno fratture-emorragie, distribuite oltre che al tronco, anche al cranio e agli arti inferiori, la tipologia di urto all'origine di tale complesso lesivo è quella di tipo fronto-laterale [30].

Il caso n. 3 del motociclista investito da autoveicolo ha dimostrato come la TC post-mortem e l'autopsia siano esami complementari, poichè da un lato abbiamo lesioni che vengono rilevate e confermate da entrambi gli esami, dall'altro abbiamo lesioni che vengono evidenziate in maniera completa, solo dall'uno o dall'altro esame. La TC post-mortem ha rilevato un'importante disomogeneità strutturale della milza, riferibile a frattura e aree iperdense a carico del rene sinistro, con irregolarità del profilo, ascrivibili a fenomeni lacerativi ed ematoma sottocapsulare polare inferiore, elementi poi confermati dall'indagine necrosettoria.





Ricostruzioni MPR coronali del torace e dell'addome: abbondante emotorace bilaterale, irregolarità del profilo e disomogeneità strutturale del rene sn, in particolare a livello dell'anello corticale

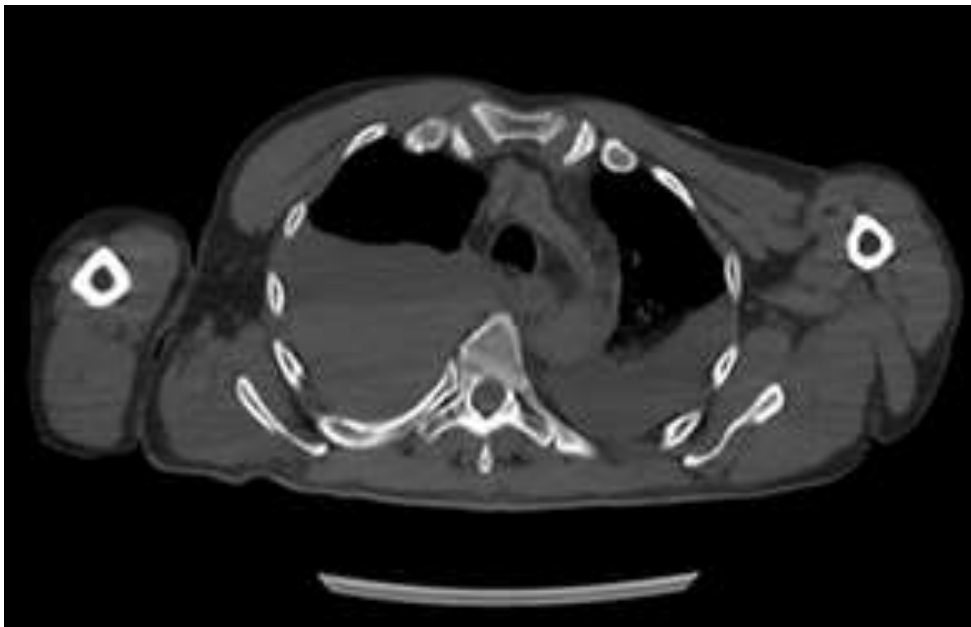


Sfacelo del rene sn e della milza



Lacerazione della cupola epatica dx

L'emotorace massivo bilaterale più evidente a destra, l'emomediastino e i focolai contusivi e di lacerazione polmonare bilateralmente, evidenziati alla TC sono stati confermati dall'esame autoptico.

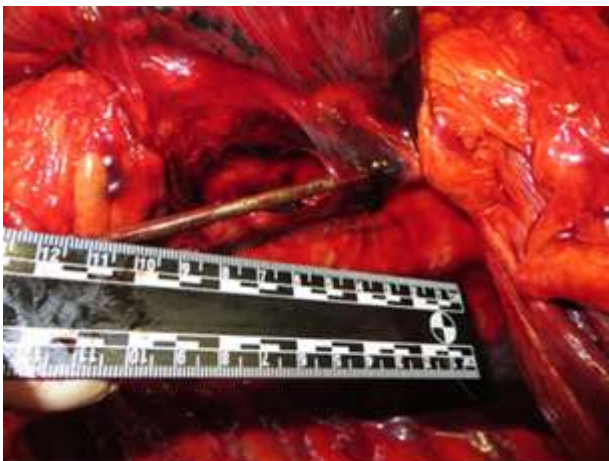


Scansione assiale a livello della carena tracheale: emotorace massivo più abbondante a dx

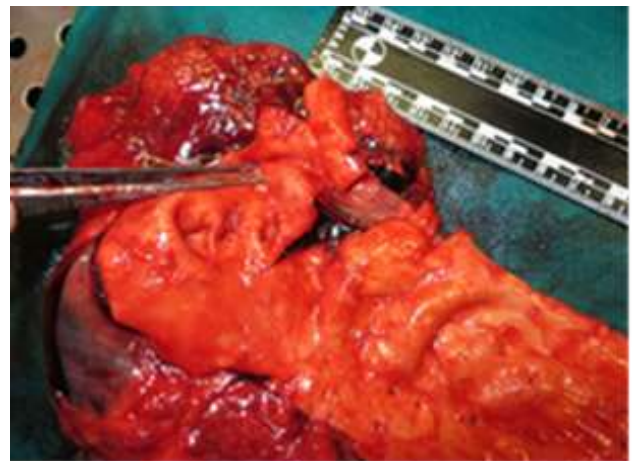


Infarcimento contusivo faccia antero-laterale costale del polmone sn

Alla TC post-mortem, la lacerazione dell'aorta discendente e della vena cava e la lesione epatica, erano mal valutabili, si riscontrava solo un profilo irregolare della vena cava superiore, a causa dell'assenza di mezzo di contrasto, quindi tali reperti sono stati valutati approfonditamente tramite l'esame necrosettorio.



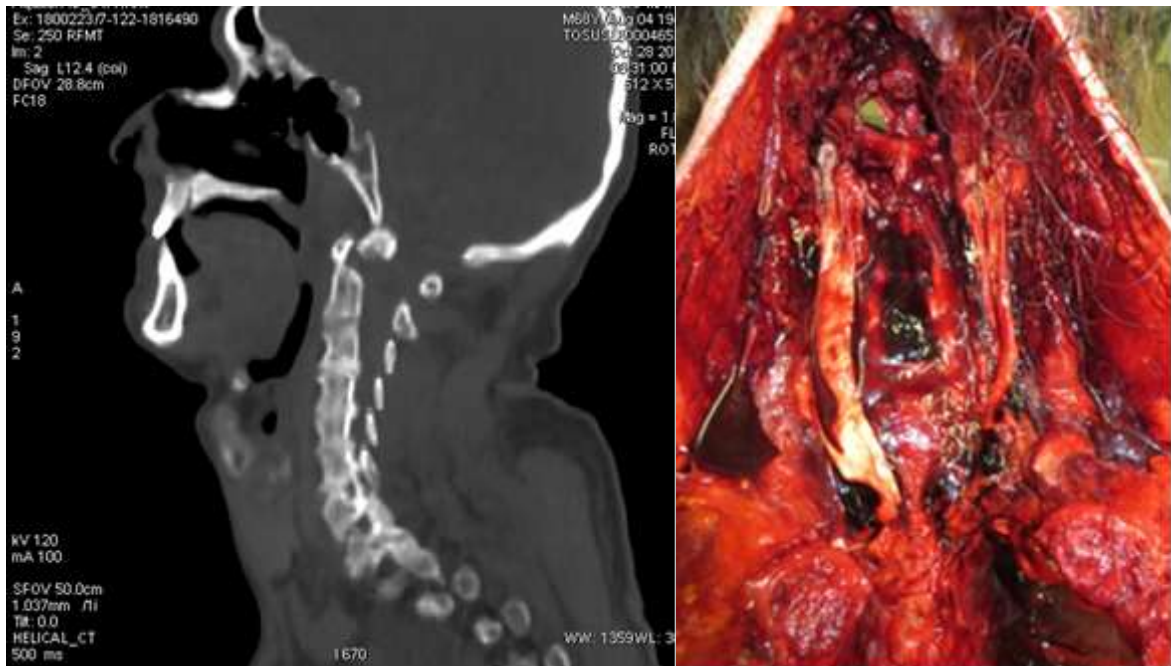
Lacerazione di vena cava inferiore



Lacerazione aorta nel tratto discendente

La frattura vertebrale è spesso mal valutabile all'esame autoptico, talvolta non supposta e difficile da rilevare. In alcuni casi, uno spandimento emorragico fa da indizio, in altri è

necessario un lungo processo di dissezione e valutazione minuziosa, soprattutto se la frattura è a carico dei processi trasversi o spinoso. La virtopsia mostra con chiarezza e rapidità le fratture vertebrali e accorcia notevolmente i tempi dell'esame autoptico, guidando la ricerca delle lesioni [31]. Anche le fratture delle ossa del bacino a sinistra e le fratture scomposte di tibia e perone sono state rapidamente rilevate e descritte tramite l'esame TC, e poi confermate quindi all'esame necrosettario grazie alla guida della virtopsia, in quanto soprattutto la pelvi, è una zona difficile da esplorare.



Frattura della base del dente dell'epistrofeo, con avulsione dello stesso



Frattura pluriframmentaria della limitante somatica superiore di L1

La virtopsia e l'autopsia insieme hanno fornito quindi importanti prove per la ricostruzione della dinamica dell'incidente. La presenza di frattura di milza, rene sinistro e L1, con deviazione dei frammenti verso destra, la presenza di frattura del bacino a sinistra, nonché la presenza di dislocazione a destra dei segmenti distali di tutte le fratture hanno portato a concludere che l'impatto maggiore fosse avvenuto dal lato sinistro.

Nel caso n.4 del ciclista investito da Tir, l'esame TC post-mortem si è rivelato utile come guida per l'esame necroscopico, nell'evidenziare la frattura della scapola che sarebbe potuta sfuggire ad un esame autoptico.



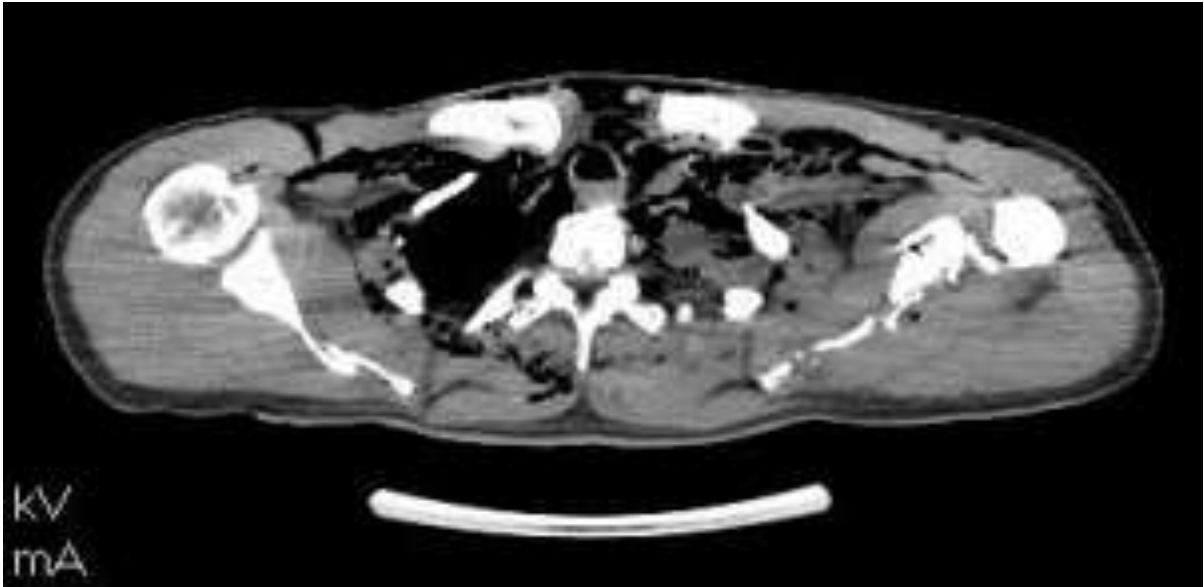
Ricostruzione MPR sagittale che evidenzia la frattura della scapola



Complesso contusivo sulla superficie laterale del tronco, a dx



Ricostruzione VR dello scheletro: fratture costali scomposte a dx e clavicola dx. Bacino integro

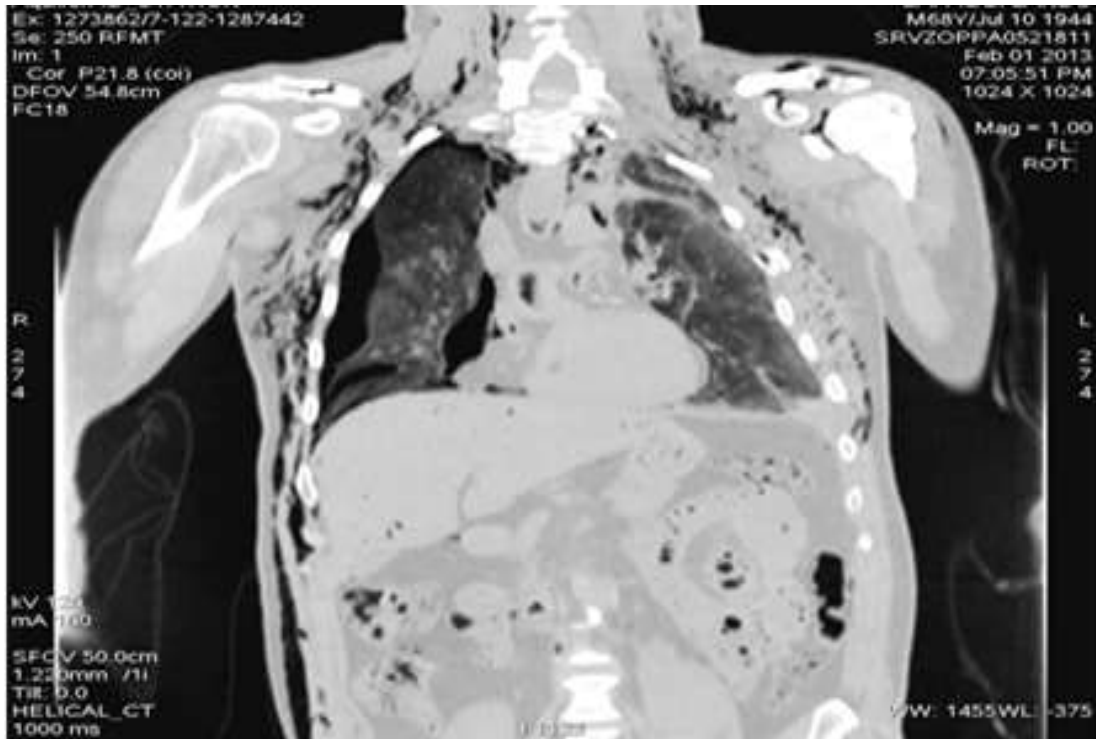


Scansione assiale a livello degli apici polmonari: fratture scomposte delle scapole, squasso gabbia costale



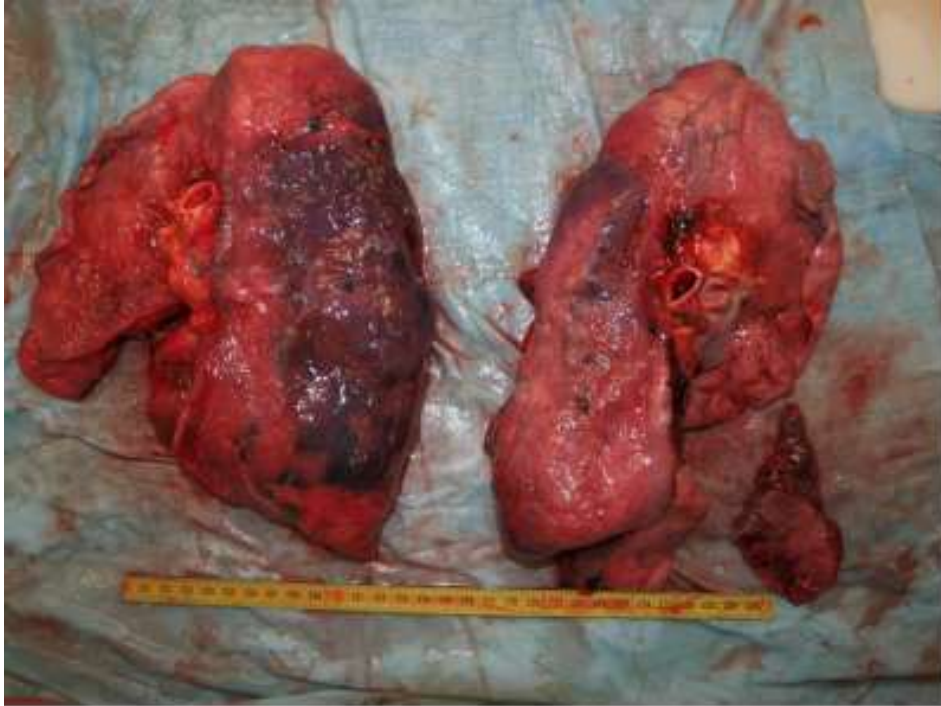
Scansione assiale a livello del torace: emotorace sn, enfisema sottocutaneo, fratture costali scomposte

Sebbene svolto senza mezzo di contrasto l'esame TC post-mortem ha messo in risalto l'ematoma polmonare che appare come addensamento polmonare omogeneo, a margini netti, delimitato da aree di parenchima polmonare compresso che hanno subito contusione. Le aree contuse appaiono come aree di ground glass, con aumento della densità che non presenta distribuzione lobare o segmentale, dovuta all'emorragia alveolare che si verifica in seguito al trauma [32].

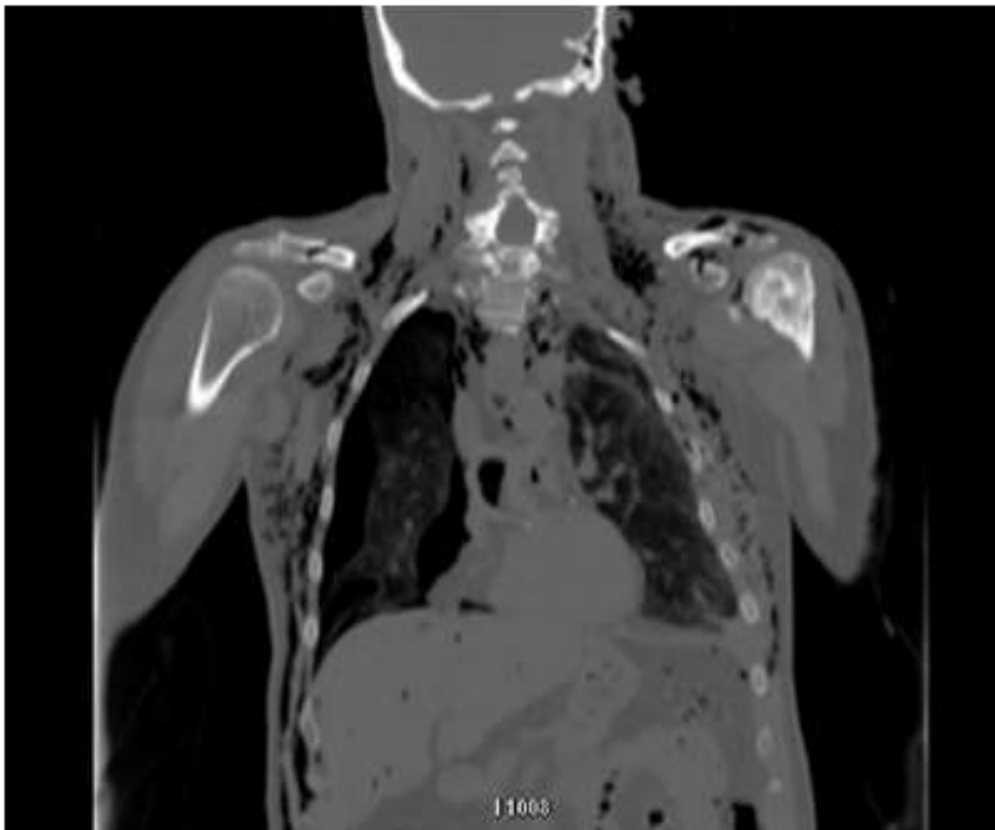


Ricostruzione MPR coronale del torace: pneumotorace e enfisema sottocutaneo, emotorace sn

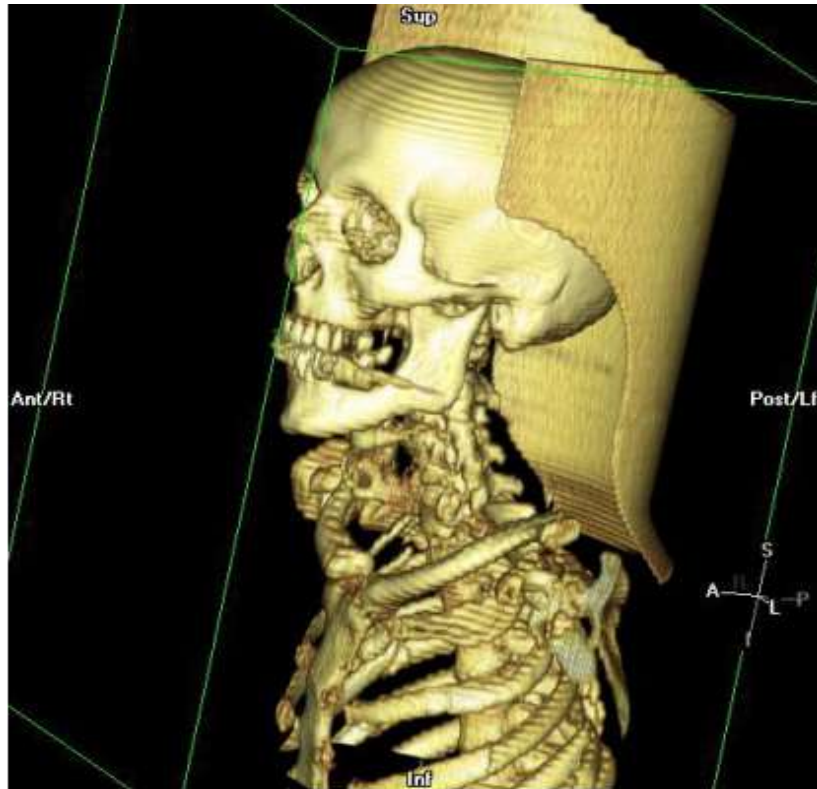
All'esame autoptico risulta evidente la lacerazione del polmone sinistro, con distacco di frammenti a carico del lobo inferiore, mentre il destro è sede di una vasta area di infarcimento contusivo sulla superficie laterale, quadro che conferma il precedente esame TC.



Polmoni con lacerazione di frammento del lobo inferiore del sn



Ricostruzione MPR coronale del torace con finestra 'per osso': pneumotorace e enfisema sottocutaneo



Ricostruzione 3D

Il pattern lesivo costituito dal complesso lesivo cutaneo e dal pattern fratturativo, per tipologia, sede e distribuzione, ha le caratteristiche di un trauma da schiacciamento.

Azione traumatica che nelle dinamiche di investimento comunemente si osserva nelle fasi di propulsione-arrotamento da parte del mezzo investitore e che si è prodotta quando il corpo del ciclista giaceva sul piano stradale o stava cadendo, a causa dello scontro con la rete protettiva del cantiere adiacente alla strada, in accordo con quanto dichiarato dal guidatore del Tir coinvolto.

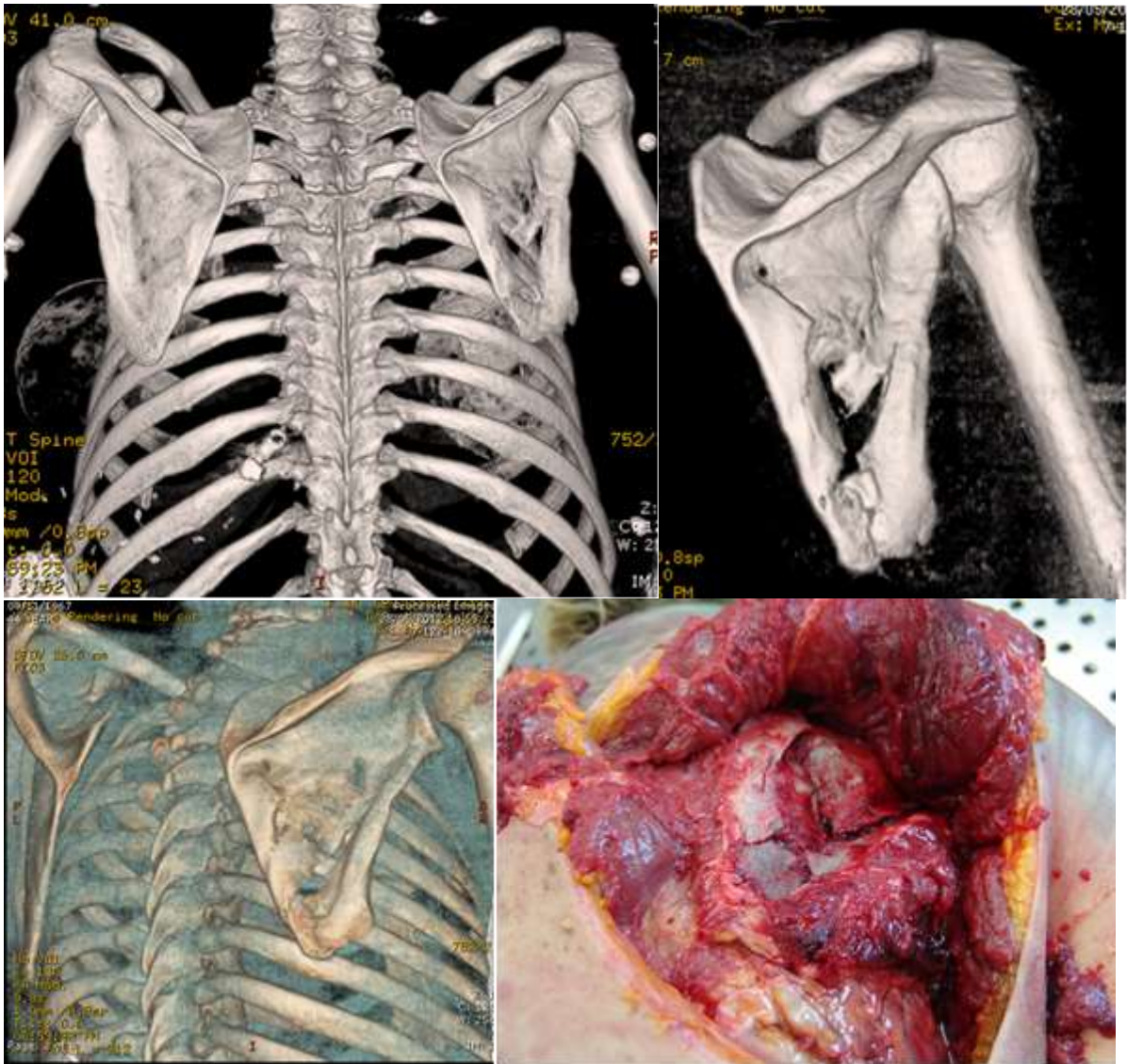
Anche nel caso n.5 del transessuale ritrovato appena fuori dal ciglio della strada, a fronte di una scarsa lesività esterna, la virtopsia ha consentito di mettere in luce, un complesso fratturativo atipico in sede scapolare, che sarebbe potuto sfuggire all'autopsia.

La particolare frattura a cuneo della scapola destra si sarebbe verosimilmente persa con il solo esame autoptico, dato che raramente durante un'autopsia vengono indagate tali zone posteriori, a maggior ragione se non compare un pattern lesivo esterno.



Scarsa lesività esterna

Suddetta lesione interessa il corpo della scapola ed è rappresentata da più frammenti ossei con evidente affossamento verso l'interno. Essa rappresenta un indizio importante per la ricostruzione della dinamica dell'incidente, dato che potrebbe indicare un urto diretto da parte di un oggetto dotato di una "punta" smussata e dura, come può essere una pietra, un nodo nel tronco di un albero, una parte dello stesso motoveicolo, ma anche una parte di un altro veicolo.



Ricostruzioni VR della gabbia toracica posteriore: frattura corpo scapola dx. A dx, esame autoptico della scapola destra su indicazione della virtopsia

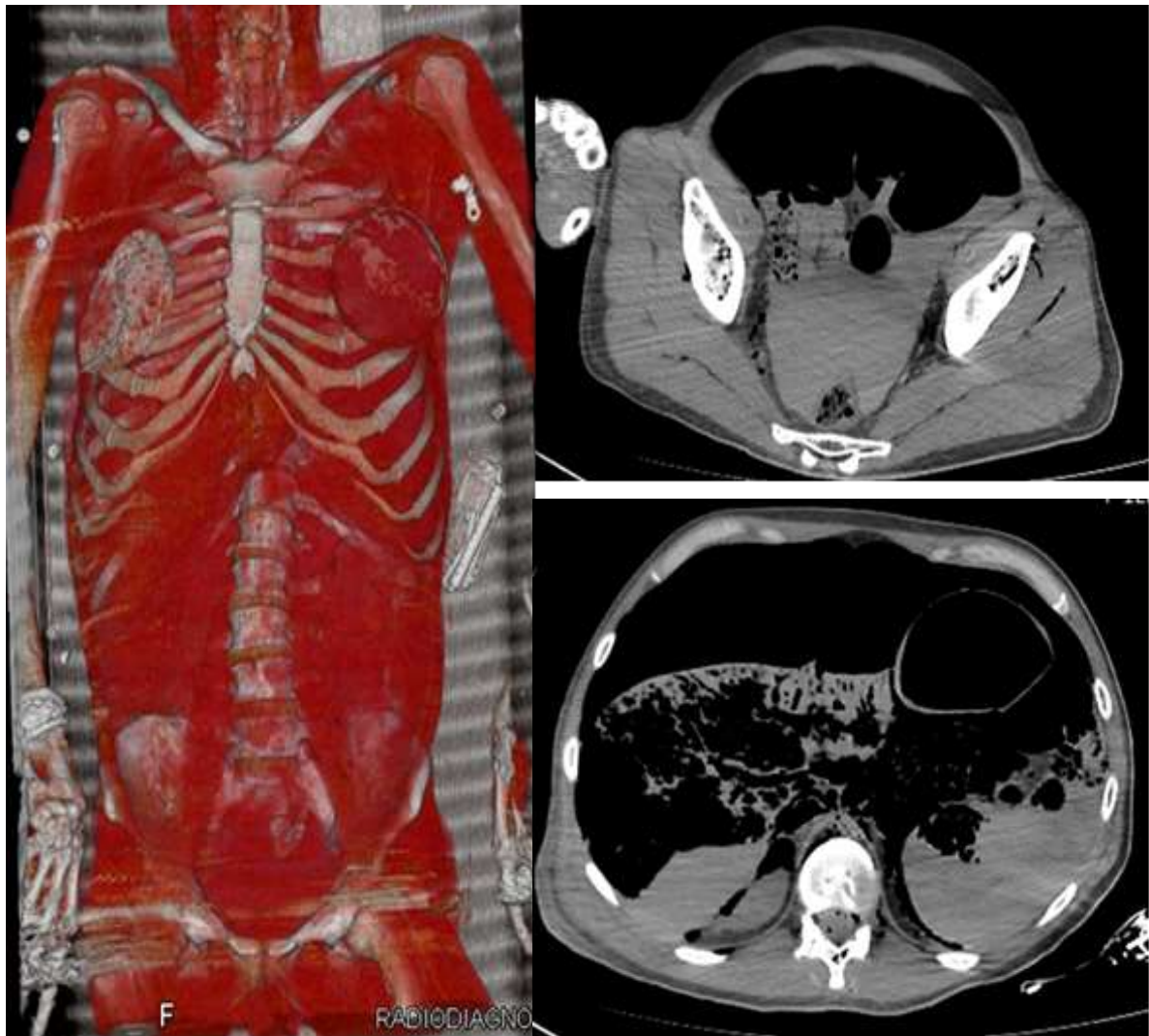
Il soggetto in esame presentava anche la rottura del setto nasale, che di solito, è una lesione autolimitantesi e che non mette in pericolo di vita, può rappresentare però un indizio importante, del coinvolgimento di una terza persona. Ad esempio, se un corpo altrimenti illeso presenta una frattura del setto nasale, devono essere svolte approfondite indagini, dato che la frattura del setto nasale potrebbe indicare una precedente colluttazione.

Però, la lesione nasale può sfuggire all'esame necrosettoria, anche perché spesso il medico legale evita di sezionare la faccia, se non lo ritiene necessario, per evitare ogni mutilazione non necessaria sul cadavere. Diventa quindi importante la tomografia computerizzata post-mortem che individua facilmente e in maniera del tutto non invasiva la frattura facciale.



Ricostruzione VR del cranio: frattura del setto nasale

Ben evidenti ad entrambi gli esami, TC e esame necrosettario, come si vede dalle immagini, sono la rottura della protesi mammaria e le fratture costali, che potrebbero rappresentare sia una lesione “indipendente”, sia la conseguenza di un trauma da “schiacciamento” in cui da una lato vi era l’oggetto che ha determinato la frattura scapolare e dall’altro una superficie piana, quale ad esempio lo stesso terreno. Le importanti lesioni viscerali riscontrate dimostrano anche un valido traumatismo addominale e l’assenza di lesività cutanea a questo livello indica un impatto avvenuto contro una superficie piana.



Ricostruzioni VR coronali del torace e dell'addome, scansioni assiali condotte a livello addominale.

Protesi rotta e fratture costali multiple sotto la protesi. Lacerazione di fegato e milza, a dx

La virtopsia in questo caso ha quindi permesso tramite l'evidenza della frattura scapolare destra di porre il dubbio di un sinistro causato da altro veicolo, e non autonomamente.

4.2. Grandi traumatismi da precipitazione

Le cadute da grande altezza possono determinare lesioni diverse a seconda della prima porzione del corpo che impatta il suolo. Generalmente nel caso di avvenuta precipitazione da grande altezza si osservano fratture a livello del bacino, fratture vertebrali da compressione, lesioni craniche, intossicazione e intento suicida.

Si distinguono cadute di tipo “head-first”, “feet-first” oppure con trauma laterale.

Nel tipo “head-first” si può osservare frattura isolata della testa, nella precipitazione di tipo “feet-first” si associano fratture dei piedi e delle caviglie e nel caso di trauma laterale si possono osservare oltre alle tipiche fratture presenti nel caso di precipitazione, anche alterazioni della gabbia toracica e contusioni polmonari [33].

Le fratture del cranio nei soggetti che presentano caduta da grande altezza presentano un pattern tipico: le linee di frattura assumono una forma reticolare a partire dal punto di impatto. Il pattern risulta diverso da quello tipico della lesione da corpo contundente in cui si osserva una depressione sul cranio, più o meno profonda, a livello del punto di impatto del corpo contundente stesso [34].

Se l’impatto avviene ad alta energia in una piccola area, ad esempio un colpo con martello, ne risulta una piccola frattura depressa e in questo caso, il cervello è di solito coinvolto solo nelle immediate vicinanze dell’impatto. Una serie di colpi alla testa possono oscurare la piccola frattura depressa, con una severa distruzione della regione interessata.

In questi casi la TC mostra rapidamente e in modo affidabile il quadro lesivo, consentendo la visualizzazione dell’encefalo, delle lesioni da contraccolpo e il tipo di frattura.

Così il medico legale è in grado di discernere tra morte per caduta o per colpo alla testa, anche quando le lesioni esterne siano oscurate, evitando la perdita di importanti indizi che potrebbero sfuggire al medico legale durante l’autopsia.

A livello del cingolo pelvico possiamo avere fratture dirette, ad esempio causate dal terreno a seguito di una caduta e fratture indirette quando un’altra parte anatomica trasmette l’energia alla pelvi, ad esempio in caso di cadute sui piedi da grandi altezze.

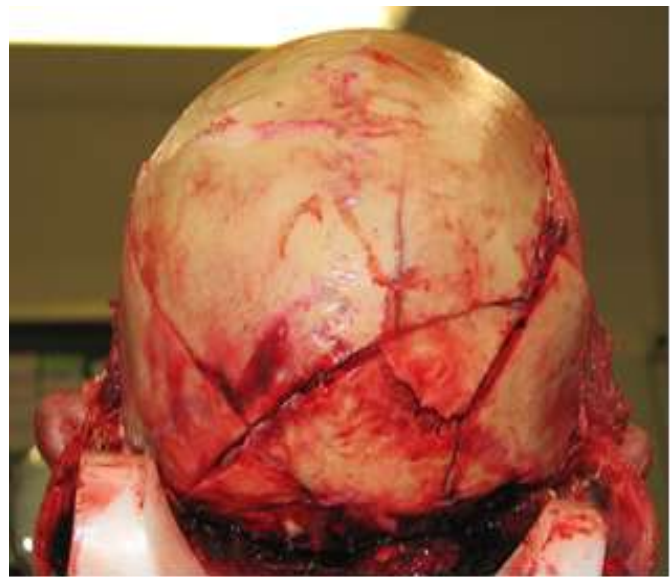
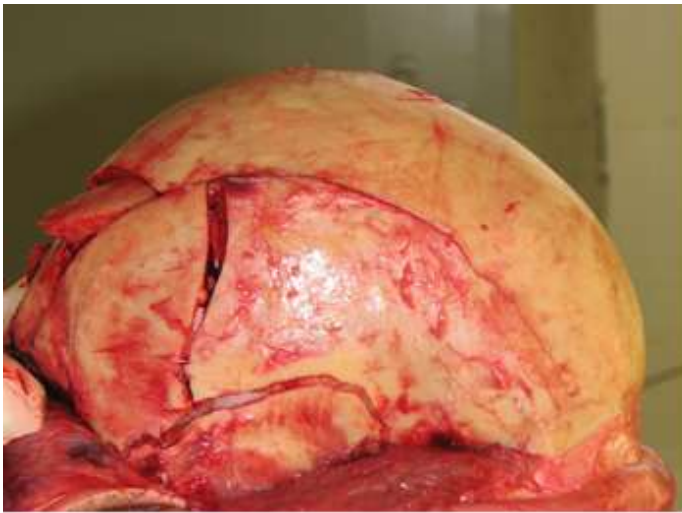
Nelle cadute da grandi altezze il femore può essere spinto attraverso le strutture pelviche nella cavità addominale.

Fratture della pelvi possono portare a emorragie fatali, a embolismo grassoso potenzialmente letale, o a danno d'organo dovuto a frammenti ossei.

Nei casi dei precipitati presi in esame (caso n.6 e n.7) l'indagine TC è stata eseguita al fine di avere una visione d'insieme delle lesioni ossee e per mettere in evidenza eventuali corpi Rx percepibili (proiettili, schegge metalliche, ecc...).

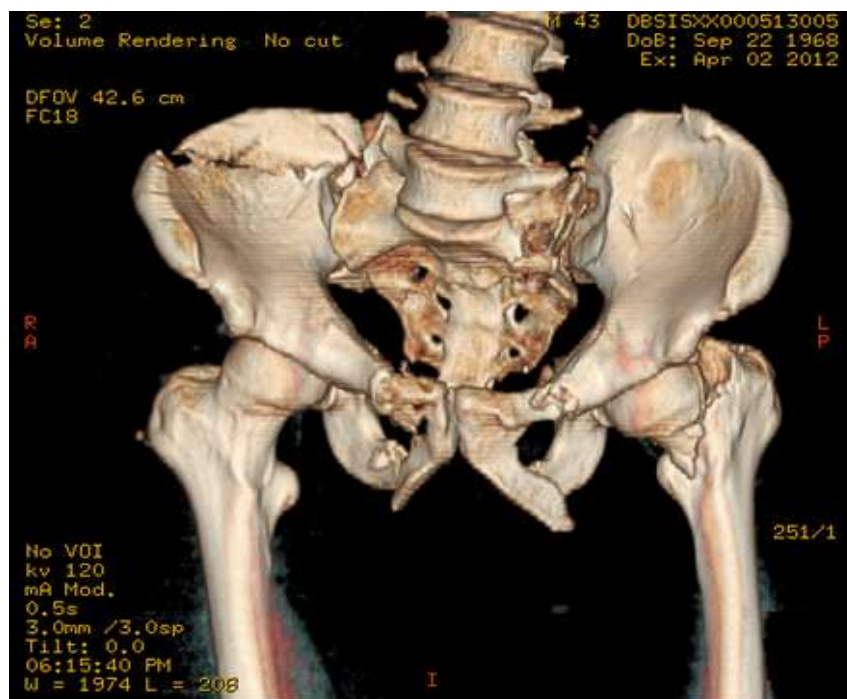
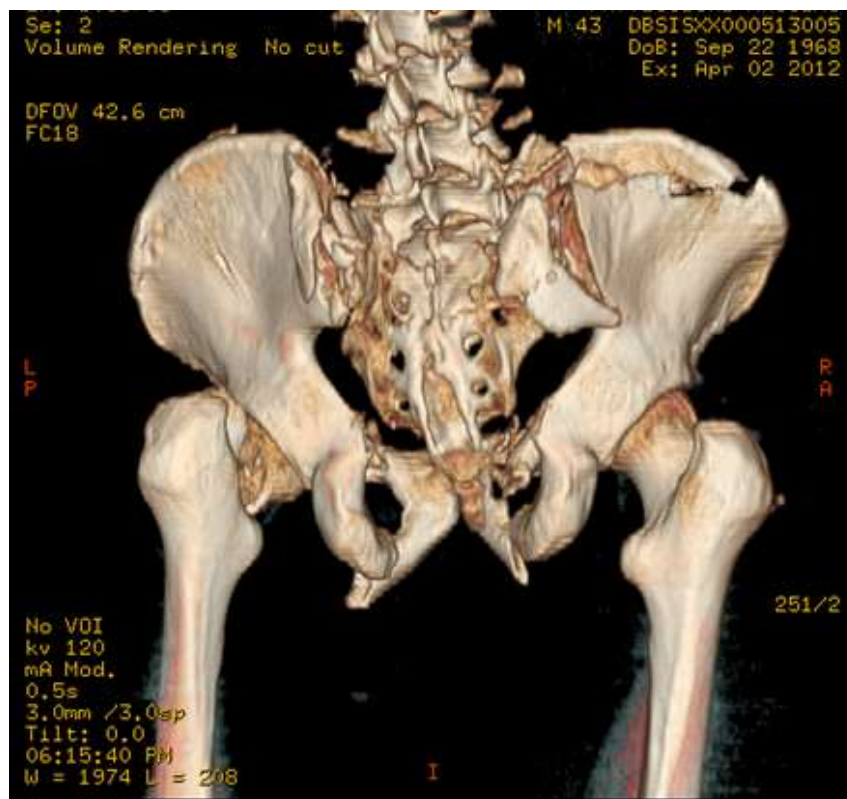
Nel caso n.6 dell'uomo di 44 anni rinvenuto esanime ai piedi di un palazzo di 8m, le immagini TC delle fratture della teca cranica, confermate perfettamente all'esame necrosettoriale, indicanti un pattern lesivo da precipitazione e non un trauma da corpo contundente hanno fornito una prova importante sulla dinamica dell'incidente.

Come si può vedere dalle immagini sottostanti, vi è una perfetta concordanza tra i reperti TC e autoptici, quindi l'autopsia non ha aggiunto informazioni alla precedente TC e viceversa.



Immagini autoptiche e ricostruzioni VR del cranio: fratture della teca cranica

Negli stessi casi (n.6 e n.7) grazie alle immagini TC con ricostruzione 3D è stato possibile valutare perfettamente il quadro lesivo alla pelvi, senza ulteriori indagini autoptiche, per questo motivo all'autopsia tale zona non è stata indagata.



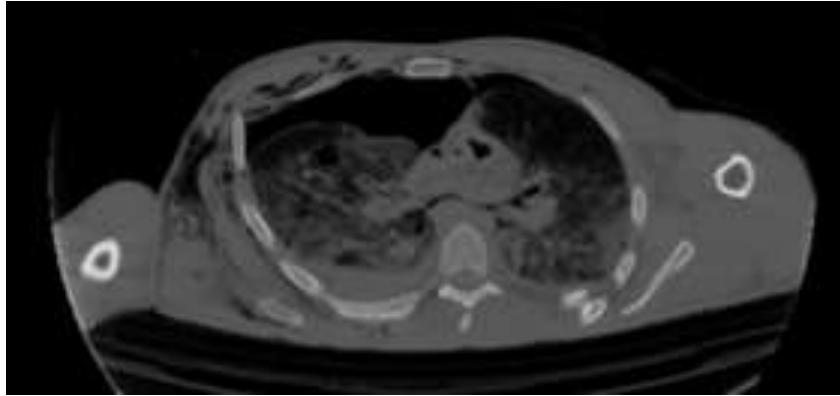
Ricostruzioni VR delle strutture scheletriche del cingolo pelvico: multiple fratture scomposte del bacino

L'enfisema sottocutaneo che spesso può essere rilevato a seguito di grandi traumatismi, è da considerarsi come reazione vitale, significa che il soggetto respirava ancora al momento del trauma: può essere utile nell'identificare il trauma da precipitazione come causa di morte e per escludere la cessazione delle funzioni vitali precedente al trauma.

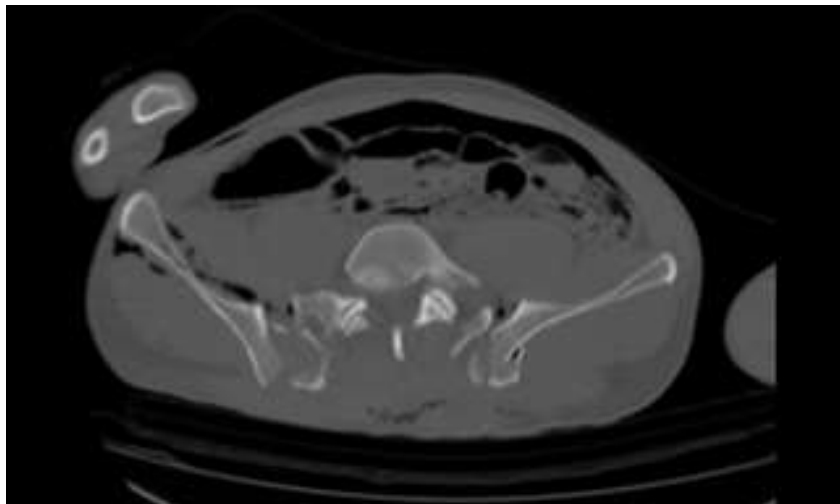
Nei casi presi in esame quindi, la virtopsia ha fornito un valido aiuto nella valutazione e quantificazione dell'enfisema sottocutaneo dato che è difficile valutarne l'entità con la palpazione all'esame autoptico (sensazione di tipo "neve fresca") e può essere misconosciuto in caso di entità minima.



Ricostruzioni MPR coronali della parete toracica posteriore: fratture costali multiple e fratture scomposte delle scapole bilateralmente



Scansione assiale condotta sul torace: PNX a dx esile PNX a sn, versamento pleurico declive a dx, lacerazioni parenchimali a dx, enfisema sottocutaneo a dx



Scansioni assiali condotte sul bacino: fratture delle ali iliache con segni di enfisema sottocutaneo e pneumoperitoneo

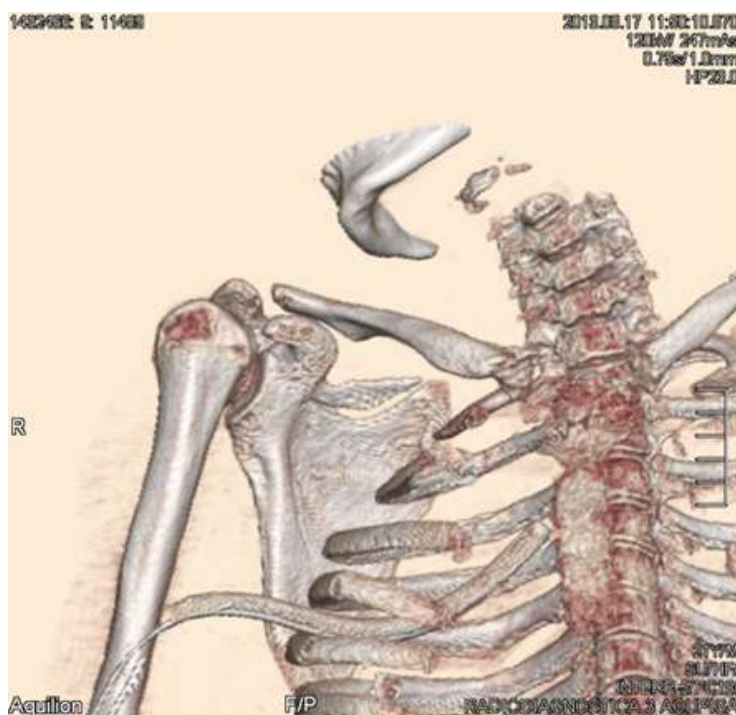
L'importanza dell'esame TC si è vista soprattutto nel caso n.6, poiché grazie a tale esame (che ha fornito in pochi minuti una scansione dal vertice ai piedi), è stato possibile escludere con certezza, la presenza di corpi estranei, che possono sfuggire ad un esame autoptico, fornendo così un'ulteriore prova che la caduta del soggetto, non possa essere ascritta alla volontà lesiva da parte di terzi.

Nel caso n.7 del cadavere di 22 anni ritrovato ai piedi di un edificio di 7m, la TC post-mortem è stata utile per dirimere tra precipitazione e investimento, l'ipotesi era sorta poiché due guidatori di auto trovatisi nei pressi, non avevano chiamato i soccorsi.

Nella zona non erano presenti telecamere di sorveglianza, ma telecamere locate in altri punti avrebbero identificato le due autovetture, aprendo l'ipotesi di un investimento, o di omissione di soccorso.

In questo caso l'assenza di fratture a livello degli arti inferiori che si presentano tipicamente in caso di pedone investito in piedi, ha permesso di orientare verso una morte avvenuta per precipitazione con trauma laterale e non per investimento.

La TC rilevava infatti l'associazione di fratture multiple alla scapola destra, delle coste bilateralmente, dell'ala iliaca di destra e delle branche ischio-pubiche bilateralmente.



Ricostruzione VR del cingolo scapolare dx

5. Conclusioni

Inizialmente il progetto di ricerca sulla virtopsia fu visto da molti come un tradimento, “il bacio di Giuda” della tradizionale e classica attività necroscopica medico-legale (ispezione esterna e/o autopsia), ma nella realtà dei fatti le indagini radiologiche, anche avanzate, come TC e RM, rappresentano piuttosto l'evoluzione della centenaria tradizione della tecnica autoptica, introducendo nuovi spunti di riflessione ed elementi aggiuntivi nel campo dell'indagine forense.

All'interno della casistica studiata in 3 casi su 16 l'autopsia non è stata disposta e la TC ha permesso comunque di definire con certezza la causa e i mezzi della morte.

La virtopsia risulta quindi di fondamentale importanza per determinare la causa di morte, laddove, l'esame autoptico non trovi spazio, ma venga svolto soltanto l'esame esterno, per motivi economici, di pietà o anche in caso di stragi di massa, terremoti, tsunami ecc ...

In 13 casi alla TC sono state visualizzate fratture vertebrali, del massiccio facciale, scapola o bacino che si sarebbero potute perdere all'esame autoptico in quanto aree spesso mal esplorabili. La TC ha fornito una linea guida per la ricerca autoptica di tali elementi fratturativi e in particolare in 1 caso tra questi, l'evidenza aggiuntiva di una frattura scapolare avrebbe potuto modificare l'orientamento dell'indagine giudiziaria.

La virtopsia rappresenta dunque una valida alternativa o un esame addizionale, per l'esplorazione di aree di difficile accesso autoptico, sia per pietà (faccia e collo), sia per complessità (pelvi).

In quasi tutti i casi è stato possibile evidenziare, quantificare e localizzare mediante esame TC l'enfisema sottocutaneo, identificabile alla palpazione solo come sensazione di crepitio “a neve fresca”, segno di vitalità al momento del trauma.

Nei 2 casi di precipitazione presi in esame, l'esame TC ha permesso una rapida esclusione di corpi estranei Rx percepibili, difficilmente attuabile all'autopsia.

In 12 casi la TC eseguita senza mezzo di contrasto non è stata esaustiva nella rilevazione delle lesività parenchimali, soprattutto le lesioni spleniche, epatiche e renali, sono state identificate e descritte solo all'esame necrosettoria.

Le lesioni ai tessuti molli sono difficilmente reperibili, così come le lesioni vascolari, che sono solo ipotizzabili alla TC senza mezzo di contrasto e l'intervallo di trattamento tra l'insorgere del danno e la morte può oscurare importanti reperti alla TC e alcuni normali cambiamenti post-mortem, possono essere scambiati per alterazioni patologiche all'autopsia virtuale.

La virtopsia quindi non si propone di sostituire l'indagine necrosettoria, bensì deve essere considerata una tecnica mininvasiva, complementare e ausiliaria all'indagine forense.

Rappresenta un potenziamento e miglioramento della qualità dell'abituale attività necroscopica medico-legale, quando eseguita prima dell'indagine forense può indirizzare e guidare l'esame, consentendo un'autopsia *targeted* e riducendo il tempo necessario per l'autopsia tradizionale, essendo il medico legale informato preventivamente dei reperti più significativi.

Si ha inoltre l'indubbio vantaggio di avere una documentazione radiologica completa del corpo, dal vertice ai piedi, in una sola scansione, solitamente non presente nella classica autopsia, tale documentazione è permanente e valutabile anche in tempi successivi, anche dopo che il corpo è stato tumulato o cremato.

La documentazione che deriva dalla registrazione e archiviazione dell'imaging radiologico è ad elevata risoluzione e fedelmente rappresentativa dello stato del cadavere in una fase antecedente alla inevitabile manomissione autoptica.

I dati forniti dalla virtopsia sono oggettivi e operatore-indipendenti, a differenza dell'indagine autoptica tradizionale, la quale presenta i caratteri della soggettività, oltre che della non ripetibilità.

Da ricordare che essa consente inoltre un più rapido e facile flusso di informazioni tra colleghi, consentendo, al bisogno e in qualsiasi momento, di richiedere seconde opinioni di esperti e di specialisti distanti dalla sede dove viene svolto l'esame autoptico (si parla quindi di *teleradiopathology* e *teleforensic*).

Con la registrazione e l'archiviazione dei dati provenienti dall'autopsia virtuale possono essere creati database che forniscono un substrato importante per l'insegnamento, la formazione e l'aggiornamento e attraverso lo studio delle immagini post-mortem possiamo anche acquisire nuove conoscenze, applicabili alla clinica e al paziente vivente, così come in anatomia, le conoscenze anatomiche, sono utili per la clinica.

Nei casi presi in esame presso l'Università di Pisa la virtopsia si è rivelata uno strumento utile nella delineazione del pattern lesivo complessivo delle vittime dei grandi traumatismi da incidenti del traffico stradale, incidenti aviatori e da precipitazione, oltre che per la ricostruzione della dinamica del trauma, fornendo quindi un valore aggiunto all'opinione medico-legale.

Bibliografia

1. Giusti G. Trattato di medicina legale e scienze affini. Volume 2. Roma: CEDAM; 2009.
2. Thali M.J., Dirnhofer R., Peter Vock. The virtopsy approach: 3D optical and radiological scanning and reconstruction in forensic medicine. Bern: Taylor&Francis Group; 2009. 1-11.
3. Thali M.J., Brawn M., Buck U., Aghayav E., Jackowski C., Vock P., et al.,2005, VIRTOPSY- scientific documentation, reconstruction and animation in forensic: individual and real 3D data based geo-metric approach including optical body/object surface and radiological CT/MRI scanning. J Forensic. 424-438.
4. Thali M.J., Dirnhofer R., Peter Vock. The virtopsy approach: 3D optical and radiological scanning and reconstruction in forensic medicine. Bern: Taylor&Francis Group; 2009. 11-27.
5. Matiello J.A., Munz. Images in clinical medicine: four types of acute post-traumatic intracranial haemorrhage. Nehgl J Med; 2001.
6. Thali M.J., Yen K., Schweitzer W., et al. Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by post-mortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI)-a feasibility study. J Forensic Sci. 2003. 386-407.
7. Thali M.J., Dirnhofer R., Peter Vock. The virtopsy approach: 3D optical and radiological scanning and reconstruction in forensic medicine. Bern: Taylor&Francis Group; 2009. 254-274
8. Fornaro S. The relevance of a multidisciplinary approach towards the identification of skeletal remains: a case report. American academy of forensic sciences annual scientific meeting Orlando, FL. 2015.
9. Thali M.J., Dirnhofer R., Peter Vock. The virtopsy approach: 3D optical and radiological scanning and reconstruction in forensic medicine. Bern: Taylor&Francis Group; 2009. 452-474.

10. Papi L., Bassi Luciani A., Pedretti M., Caramella D., Barattini M., Barbieri G., Balzi V., Incidente venatorio mortale da proiettile ad alta velocità. Utilità della metodica TC multislice con ricostruzione 3D. Zacchia, Atti del VII Convegno Nazionale G.I.P.F. Santa Margherita Ligure, 2012; volume 30.
11. Christe A., Aghayev E., Owski J., et al. Drowning post-mortem imaging findings by computed tomography, *Eur Radiol*; 2008.
12. Kelly J., Raptopoulos V., Davidoff A., et al. The value of non-contrast enhanced CT in blunt abdominal trauma. *AM J roentgenol*. 1989.
13. Oedouit F., Loubes-Lacroix F., Costagliola R., Guillebeau C. et al. Post-mortem change of the middle-ear: multislice computer Tomography study. *Forensic Science International*; 2007.
14. Meriot P., Veillon F., Garcia J.F., Nonent M., et al. CT appearances of ossicular injuries. *Radiographics*; 2000.
15. Nemzek W.R., Brodie H.A., Chong B.W., Babcock C.J., Hecht S.T., Salamat S., Elliot W.G., Seibert J.A. Imaging findings of the developing temporal bone in fatal specimens; 2000.
16. Poulsen K., Simonsen J. Computed tomography as routine in connection with medico-legal autopsies. *Forensic Science International*; 2007.
17. Shkrum M., Ramsay D., *Forensic Pathology of trauma*; 2006.
18. Weilemann Y., Thali M.J., Kneubuehl B.P., Bolliger S.A. Correlation between skeletal trauma and energy in falls from great height detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT); 2009.
19. Ross S., Spendlove D., Bollinger S., Christe A., Oesterhelveg L., Grabherrs, et al. Post-mortem whole body CT angiography: evaluation of two contrast media solutions, *AJR AMJ Roentgenol*; 2008. 190.
20. Di Paolo M., Guidi B. Fatal cardiac tamponade following self-inflicted intracardiac needle on the twelfth attempt. *American Journal of Cardiology*; 2016.

21. Marinelli E., Zaami S. Grandi traumatismi. In: Macchiarelli L., Feola T. Medicina Legale. Volume 2. Torino: Edizioni minerva medica; 1995. 983-988.
22. Giaconi C., Scionti A., Forni D., Di Paolo M., Papi L., Caramella D. Ruolo della virtopsia nei grandi traumatismi. Napoli: FIRM; 2016.
23. Pancrazi F., Giaconi C., Forni D., Di Paolo M., Caramella D. The role of the virtopsy in the interpretation of fatal collisions involving motor-vehicle accidents. ECR, 2015.
24. Teresinski G., Madro R. Ankle joint injuries as a reconstruction parameter in car-to-pedestrian accidents. Forensic Science International 118; 2001. 65-73.
25. Teresinski G., Madro R. Knee joint injuries, as a reconstructive factors in car-to-pedestrian accidents. Forensic Science International 124; 2001. 74-82.
26. Dettmeyer R. B., Verhoff M.A., Schutz H.F., Traffic medicine. In: Forensic Medicine. Berlino: Springer; 2014. 337-355.
27. Ludwig J. Current methods of autopsy practice. Seconda edizione. W.b. saunders company. Philadelphia, London, Toronto; 1979.
28. Teresinski G., Madro R. Evidential value of injuries useful for reconstruction of the pedestrian-vehicle location at the moment of collision. Forensic Science International 128; 2002. 127-135.
29. Dirnhofer R., Jackowski C., Vock P., et al. VIRTOPSY: minimally invasive, Imaging-guided Virtual Autopsy; Radiographics; 2006.
30. Lanino A., Verrì A., Morandi A., Marinoni A. L'incidente motociclistico in ottica medico-legale. Metodologia di identificazione e di attribuzione delle lesioni alle diverse tipologie di urto. Emergency care journal medicina legale anno IV numero 1; febbraio 2008.
31. Poulsen K., Simonsen J. Computed tomography as routine in connection with medico-legal autopsies. Forensic Science International; 2007.
32. Aghayev E., Christe A., Sonnenschein M., et al. Postmortem imaging of blunt chest trauma using CT and MRI: comparison with autopsy. J Thorac Imaging; 2008.

33. Pancrazi F., Giaconi C., Fornaro S., Forni D., Caramella D. The role of virtopsy in the interpretation of great height fall lesions. ECR, 2015.

34. Weilemann Y., Thali M.J., Kneubuehl B.P., Bollige S.A. Correlation between skeletal trauma and energy in falls from great height detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT); 2007.

Ringraziamenti

Desidero innanzitutto ringraziare il Prof. Ranieri Domenici per i preziosi insegnamenti, per tutto l'aiuto fornito durante la stesura e per le numerose ore dedicate alla mia tesi.

Inoltre ringrazio sentitamente la Dr.ssa Claudia Giaconi, per me fonte di ispirazione, che è stata sempre disponibile a dirimere i miei dubbi durante la redazione di questo lavoro.

Ringrazio anche il Prof. Davide Caramella per la disponibilità, la cortesia e l'interesse dimostrato.

Un sentito ringraziamento a mia madre, che con il suo incrollabile sostegno morale ed economico, mi ha permesso di raggiungere questo traguardo.

Desidero inoltre ringraziare mio fratello, di fondamentale importanza, che ha sempre creduto in me, sostenendomi ed incoraggiandomi.

Un ultimo ringraziamento ai compagni di studi e alle amiche, che con grande affetto mi sono stati vicini sia nei momenti difficili, sia nei momenti felici.