



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Radiodiagnostika post-mortem

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: **RADIOLOGICKÁ ASISTENCE**

Autor: Bc. Dominika Konrádová

Vedoucí práce: PhDr. Zuzana Freitinger Skalická, Ph.D.

České Budějovice 2026

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem Radiodiagnostika post-mortem jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů i záznam o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 17. 4. 2026

.....

podpis

Poděkování

Mé poděkování patří vedoucí bakalářské práce PhDr. Zuzaně Freitinger Skalické, Ph.D. za cenné připomínky a odborné vedení práce. Zároveň děkuji své přítelkyni a rodině za neustálou podporu a motivaci během studia.

Radiodiagnostika post-mortem

Abstrakt

Bakalářská práce se věnuje rozvíjejícímu se oboru post-mortem radiodiagnostiky, který v posledních dvou desetiletích zásadně transformoval postupy v soudním lékařství a patologii. Hlavním cílem textu je systematicky zmapovat současné možnosti zobrazovacích metod při vyšetřování zemřelých a posoudit jejich diagnostický přínos v komparaci s konvenční invazivní pitvou. Práce se zaměřuje především na technické a metodické aspekty post-mortem výpočetní tomografie (PMCT), která v současnosti představuje standard v rámci tzv. virtuální pitvy (virtopsy), a dále analyzuje specifika magnetické rezonance (PMMR) a post-mortem angiografie (PMCTA). Teoretická část práce definuje roli radiologického asistenta v tomto multidisciplinárním procesu a rozebírá limity plynoucí z posmrtných změn tkání, které ovlivňují interpretaci obrazové dokumentace. Pozornost je věnována také etickým otázkám a využití těchto metod v pediatrické praxi, kde neinvazivní přístup představuje šetrnější alternativu pro pozůstalé. Rešerše odborné literatury ukazuje, že ačkoliv zobrazovací metody zatím nemohou plně nahradit klasickou sekci, jejich integrace do forenzní praxe zvyšuje objektivitu nálezů, umožňuje trvalou digitální archivaci dat a poskytuje klíčové informace v případech traumatologie, identifikace osob či detekce cizích těles. Závěry práce potvrzují rostoucí význam radiodiagnostiky jako komplementárního nástroje, který zvyšuje kvalitu a přesnost post-mortem vyšetření v moderní medicíně.

Klíčová slova

Post-mortem radiodiagnostika; PMCT; PMMR; virtuální pitva; soudní lékařství

Radiodiagnostics post-mortem

Abstract

This bachelor's thesis focuses on the evolving field of post-mortem radiodiagnostics, which has fundamentally transformed procedures in forensic medicine and pathology over the last two decades. The primary objective of the text is to systematically map current imaging modalities used in the examination of the deceased and to evaluate their diagnostic contribution in comparison with conventional invasive autopsy. The work mainly addresses the technical and methodological aspects of post-mortem computed tomography (PMCT), which currently represents the standard within the "virtual autopsy" (virtopsy) framework, while further analyzing the specifics of post-mortem magnetic resonance (PMMR) and post-mortem angiography (PMCTA). The theoretical part defines the role of the radiologic technologist in this multidisciplinary process and discusses the limitations arising from post-mortem tissue changes, which significantly influence the interpretation of imaging documentation. Attention is also given to ethical considerations and the application of these methods in paediatric practice, where a non-invasive approach provides a more sensitive alternative for the bereaved. A review of professional literature indicates that although imaging methods cannot yet fully replace traditional dissection, their integration into forensic practice increases the objectivity of findings, enables permanent digital archiving of data, and provides critical information in cases of traumatology, identification of persons, and foreign body detection. The conclusions of the thesis confirm the growing importance of radiodiagnostics as a complementary tool that enhances the quality and accuracy of post-mortem examinations in modern medicine.

Key words

Post-mortem radiodiagnostics; PMCT; PMMR; virtopsy; forensic medicine

Obsah

Úvod.....	9
1 Zobrazovací metody v post-mortem diagnostice.....	11
1.1 Vymezení post-mortem radiodiagnostiky	11
1.2 Přehled modalit využívaných v post-mortem praxi.....	12
1.2.1 Rentgenové vyšetření.....	12
1.2.2 Výpočetní tomografie	14
1.2.3 CT angiografie	15
1.2.4 Magnetická rezonance	17
1.2.5 Ultrazvuk	19
1.2.6 Doplňkové metody a 3D dokumentace (fotogrammetrie, 3D sken, VR)	19
2 Virtuální pitva a post-mortem zobrazovací protokoly	20
2.1 Vymezení pojmu a význam virtuální pitvy (virtopsy)	20
2.2 Historický vývoj konceptu virtopsy.....	21
2.3 Základní technické složky virtuální pitvy.....	22
2.4 Praktické provedení a zpracování dat	22
2.4.1 Průběh vyšetření (akvizice dat).....	22
2.4.2 Post-processing a 3D vizualizace	24
2.4.3 Rozšířené protokoly: PMCTA, PMMR, CT navigované odběry.....	25
2.5 Indikace virtuální pitvy	25
2.5.1 Obecné indikace.....	25
2.5.2 Traumatická úmrtí.....	25
2.5.3 Střelná poranění	26
2.5.4 Hromadné katastrofy.....	26
2.5.5 Případy bez klasické pitvy	27
2.6 Srovnání virtuální a klasické pitvy	27
2.6.1 Virtuální pitva	27

2.6.2	Klasická pitva	28
2.6.3	Komplementární využití obou metod	28
2.7	Limity a diagnostická omezení virtuální pitvy	28
2.7.1	Diagnostická omezení zobrazovacích metod.....	29
2.7.2	Faktory ovlivňující interpretaci nálezů	29
3	Interpretace nálezů: posmrtné změny a artefakty	30
3.1	Specifika post-mortem radiologické interpretace	30
3.2	Posmrtné změny v obraze CT/MR.....	31
3.2.1	Časné posmrtné změny	32
3.2.2	Plyn vznikající při rozkladu	32
3.2.3	Autolytické změny tkání	32
3.2.4	Riziko záměny s patologickými nálezy	33
3.3	Artefakty v post-mortem zobrazování	33
3.3.1	Artefakty vznikající manipulací s tělem	33
3.3.2	Artefakty vznikající resuscitací a lékařskými zákroky	34
3.3.3	Technické artefakty zobrazovacích metod.....	34
3.3.4	Význam správné indikace a klinicko-forenzního kontextu	34
4	Legislativní a etické aspekty post-mortem radiodiagnostiky	35
4.1	Legislativní rámec post-mortem vyšetřování	35
4.2	Etické aspekty post-mortem radiodiagnostiky.....	35
4.2.1	Kulturní a náboženské aspekty	36
4.2.2	Ochrana osobních údajů a obrazových dat	36
4.2.3	Etická a právní pravidla v praxi	36
4.3	Právní rámec post-mortem vyšetření v České republice	37
4.4	Mezinárodní doporučení a standardy.....	38
5	Organizace a technické zajištění post-mortem zobrazování	39
5.1	Organizace pracoviště	40

5.2	Multidisciplinární tým	40
5.2.1	Role radiologa.....	40
5.2.2	Role soudního lékaře	41
5.2.3	Role radiologického asistenta	41
5.3	Technické vybavení pracoviště	43
5.4	Standardizace postupů	44
5.5	Vzdělávání a odborná příprava	45
6	Současný stav a implementace post-mortem radiodiagnostiky	46
6.1	Globální rozšíření post-mortem zobrazovacích metod	47
6.2	Technologický rozvoj a nové diagnostické přístupy.....	47
6.3	Situace v zahraničí	47
6.4	Situace v České republice	48
6.5	Bariéry implementace	49
7	Cíl práce	50
8	Metodika	51
9	Výsledky	52
	Závěr	53
	Seznam literatury	54
	Seznam obrázků	59
	Seznam zkratk	60

Úvod

Radiodiagnostika post-mortem je dynamicky se rozvíjející oblast na rozhraní radiologie, soudního lékařství a patologie. V posledních desetiletích došlo k významnému technologickému pokroku v zobrazovacích metodách, který umožňuje detailnější analýzu lidského těla i po smrti. Tyto moderní techniky vytvářejí nové možnosti dokumentace patologických změn, traumatických poranění a dalších forenzně důležitých nálezů a doplňují tradiční metody při klasické pitvě. Začlenění radiologických metod do posmrtných vyšetření znamená zásadní krok vpřed v určení příčin úmrtí a rekonstrukci mechanismu poranění.

V současnosti se v post-mortem diagnostice nejčastěji používají rentgenové snímky, výpočetní tomografie, magnetická rezonance a CT angiografie. Tyto zobrazovací metody poskytují objektivní informace o vnitřních strukturách těla bez nutnosti okamžitých invazivních zásahů. Výhodou je také možnost vytvoření digitální dokumentace, kterou lze dlouhodobě uchovávat a opakovaně analyzovat různými odborníky. Získaná obrazová data jsou využitelná nejen v medicíně, ale také jako důkazní materiál v soudních a právních řízeních.

Virtuální pitva je důležitou součástí moderní forenzní medicíny a využívá pokročilé zobrazovací technologie k neinvazivní analýze těla zemřelého. Tento přístup umožňuje detailní zobrazení anatomických struktur a dokumentaci traumatických změn bez narušení těla. Často se používá při vyšetřování traumatických úmrtí, střelných poranění nebo při identifikaci obětí hromadných katastrof. V některých případech může virtuální pitva doplnit nebo i částečně nahradit tradiční pitevní sekci, nebo být jejím klíčovým doplňkem při plánování pitevního zásahu.

Interpretace radiologických nálezů u zemřelých představuje specifické výzvy v diagnostice. Po smrti v těle probíhají přirozené posmrtné změny, které na zobrazovacích metodách mohou napodobovat patologie. Proto je správná interpretace těchto nálezů závislá nejen na znalostech radiologických principů, ale i na porozumění thanatologickým procesům a úzké spolupráci mezi radiologem a soudním lékařem.

Tato bakalářská práce má za cíl shrnout aktuální poznatky o využívání radiodiagnostických metod v post-mortem diagnostice a zdůraznit jejich význam v moderní soudní lékařské praxi. Nabízí přehled zobrazovacích technik používaných při

vyšetřování zemřelých, vysvětluje princip a význam virtuální pitvy, zabývá se specifiky interpretace radiologických nálezů a zahrnuje i legislativní, etické a organizační aspekty této problematiky. Dále hodnotí současný stav využívání post-mortem radiodiagnostiky v zahraničí a v České republice.

1 Zobrazovací metody v post-mortem diagnostice

Zavádění moderních zobrazovacích metod do procesů soudního lékařství a patologie představuje v posledních desetiletích jeden z nejvýraznějších technologických posunů v rámci vyšetřování zemřelých. Tyto postupy umožňují provádět neinvazivní nebo minimálně invazivní analýzu těla, čímž zásadně doplňují, nebo v přesně definovaných indikacích i částečně nahrazují klasické sekční techniky (Baxa et al., 2021). Hlavní význam těchto metod spočívá v možnosti získat objektivní trojrozměrná data o stavu vnitřních struktur ještě před provedením destruktivního zásahu do integrity těla, což usnadňuje predikci pitevního nálezu a volbu optimální preparační strategie (Fábera, 2023). Moderní post-mortem radiodiagnostika nachází uplatnění zejména tam, kde klasická pitva naráží na své limity, například při detekci plynových kolekcí nebo při vyšetřování těl v pokročilém stupni rozkladu (Dirnhofer et al., 2006).

1.1 Vymezení post-mortem radiodiagnostiky

Termín post-mortem zobrazování (post-mortem imaging či post-mortem radiodiagnostika) definuje aplikaci radiologických metod na tělo po smrti s primárním cílem stanovit příčinu a mechanismus úmrtí, dokumentovat rozsah a povahu utrpěných poranění nebo provést identifikaci neznámé osoby (Society of Radiographers, 2024). Zatímco forenzní radiologie v širším slova smyslu zahrnuje i vyšetřování živých osob pro právní účely, post-mortem radiodiagnostika se specificky zaměřuje na analýzu posmrtných změn a patologií u kadáverů (O'Donnell & Woodford, 2008). Tento obor využívá schopnosti záření pronikat tkáněmi k detekci traumatických změn, cizích těles a patologických stavů, které mohou být pro klasickou pitvu obtížně zachytitelné (Grabherr et al., 2016).

Vývoj využití zobrazovacích metod v soudnělékařské praxi započal bezprostředně po objevu rentgenového záření Wilhelmem Conradem Röntgenem v roce 1895, přičemž již v roce 1896 byly publikovány první případy lokalizace projektilů v těle pomocí skiografie (Brogdon et al., 2011). Historicky tvořilo rentgenové vyšetření po dlouhou dobu jediný pilíř oboru, zaměřený primárně na identifikaci osob a diagnostiku skeletálních poranění. Zásadní zlom nastal v roce 1977 s prvním využitím výpočetní tomografie (CT) pro analýzu střelných poranění hlavy, což odstartovalo transformaci směrem k řezovým zobrazovacím metodám (Dedouit et al., 2025). Následná implementace magnetické

rezonance (MR) a rozvoj multidetektorových CT skenerů umožnily přechod od prosté sumace stínů k detailní prostorové rekonstrukci vnitřních orgánů (Thali et al., 2003).

Hlavní výhody post-mortem radiodiagnostiky vyplývají především z její neinvazivní povahy a schopnosti generovat digitální záznam, který je na rozdíl od biologického materiálu trvale archivovatelný. Výstupem je digitální dokumentace, která umožňuje zpětné odborné posouzení nálezu a podporuje jeho využitelnost v právním kontextu (Bolliger & Thali, 2015). Metody jako post-mortem výpočetní tomografie (PMCT) vykazují mimořádnou citlivost při detekci plynových kolekcí, jako jsou vzduchové embolie či pneumotorax, a při dokumentaci traumatických poranění v anatomicky obtížně přístupných oblastech, jako je báze lební či páteř (Baxa et al., 2021).

1.2 Přehled modalit využívaných v post-mortem praxi

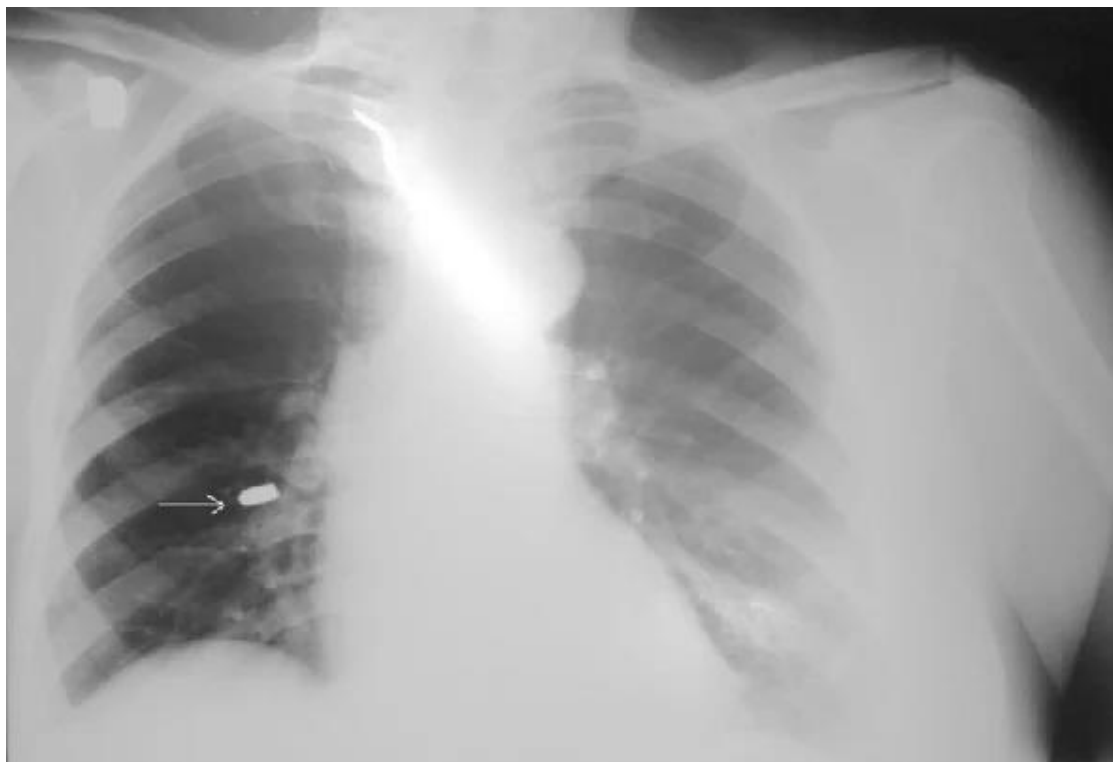
V současné post-mortem diagnostice se uplatňuje široké spektrum technik, z nichž každá disponuje specifickou diagnostickou výtežností pro různé typy tkání. Základní metodu představuje rentgenové vyšetření, které zůstává standardem pro rychlý skeletální screening, zatímco PMCT tvoří v mnoha centrech základní vyšetřovací protokol (Kučerová et al., 2014). K vizualizaci cévního systému se využívá post-mortem CT angiografie (PMCTA), která vyžaduje simulaci krevního oběhu pomocí perfuzních médií (Grabherr et al., 2016). Magnetická rezonance (PMMR) nachází uplatnění zejména při hodnocení měkkých tkání a v dětské forenzní radiologii (Shelmerdine et al., 2019). Mezi doplňkové techniky se řadí ultrazvuk, využívaný především pro navigaci při minimálně invazivních odběrech tekutin (Grabherr et al., 2016).

1.2.1 Rentgenové vyšetření

Fyzikální podstata rentgenového vyšetření je založena na produkci vysokoenergetického elektromagnetického vlnění a jeho následné interakci s hmotou lidského těla. Rentgenové záření vzniká rentgenovým procesem, při kterém jsou elektrony emitované ze žhavené katody urychlovány vysokým napětím směrem k anodě, kde dochází k jejich náhlému zabrzdění (Malíková et al., 2022). Při průchodu tělem dochází k zeslabení neboli atenuaci svazku záření v závislosti na tloušťce, hustotě a atomovém čísle prvků v tkáních. Kosti vykazují díky vysokému obsahu vápníku a fosforu výrazně vyšší míru absorpce než měkké tkáně, které jsou tvořeny prvky s nízkým atomovým číslem (Heřman et al., 2014).

Výsledkem je sumační stínový obraz, na němž se kosti jeví jako světlé oblasti a měkké tkáně či plynem naplněné orgány jako oblasti tmavé.

V post-mortem diagnostice představuje rentgenové vyšetření základní metodu využívanou především pro rychlý screening skeletu a detekci cizích těles. Stěžejní roli hraje při vyšetřování střelných poranění, kde umožňuje lokalizaci projektilů a jejich fragmentů, což zásadně usnadňuje jejich následné pitevní zajištění (Brogdon et al., 2011). Snímkování ve dvou na sebe kolmých projekcích dovoluje přesnou lokalizaci polohy cizích předmětů, například úlomků nožů či jehel. Významnou oblastí je antropologická identifikace neznámých těl, která využívá komparaci post-mortem nálezů s ante-mortem dokumentací, zejména v případě dentálních záznamů (Štefan & Hladík, 2012). Celotělové rentgenové vyšetření je rovněž nezastupitelné při podezření na fyzické týrání dětí, neboť dokáže prokázat zlomeniny v různých fázích hojení (Society of Radiographers, 2024).



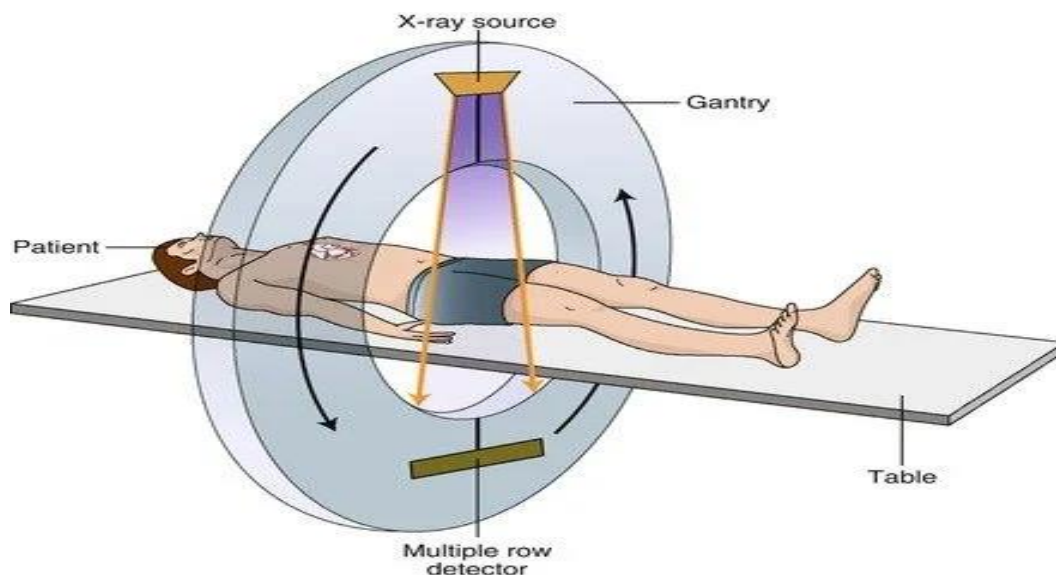
Obrázek 1: Rentgen hrudníku zobrazující střelu ve střední zóně pravé části hrudníku v blízkosti hilu pravé plíce (Dulić et al., 2007)

Hlavní výhody rentgenového vyšetření v soudním lékařství spočívají v jeho vysoké dostupnosti, rychlosti provedení a možnosti využití mobilních přístrojů přímo v prostorách pitevního traktu (Kučerová et al., 2014). Metoda je však limitována svou sumační povahou, která vede k superpozici anatomických struktur, což může maskovat drobné patologie či linie zlomenin v určitých projekcích. Dalším omezením je nízký

kontrast pro zobrazení vnitřních orgánů a měkkých tkání, kde rentgenový snímek neposkytuje dostatečné informace o parenchymatózních lézích (O'Donnell & Woodford, 2008). Z těchto důvodů je v moderní praxi rentgenové vyšetření postupně doplňováno nebo nahrazováno CT, které nabízí vyšší rozlišovací schopnost (Baxa et al., 2021).

1.2.2 Výpočetní tomografie

Technický princip CT spočívá ve využití rotujícího systému rentgenky a detektorů v gantry. Během skenování je tělo prozařováno vějířovitým svazkem záření z mnoha úhlů, přičemž detektory registrují míru jeho zeslabení (Malíková et al., 2022). Data jsou zpracována do obrazové matice tvořené voxely, kterým jsou přiřazeny hodnoty v Hounsfieldových jednotkách. Výsledkem jsou digitální obrazy ve formě příčných řezů, které eliminují sumaci a umožňují zobrazení anatomie v libovolné rovině.



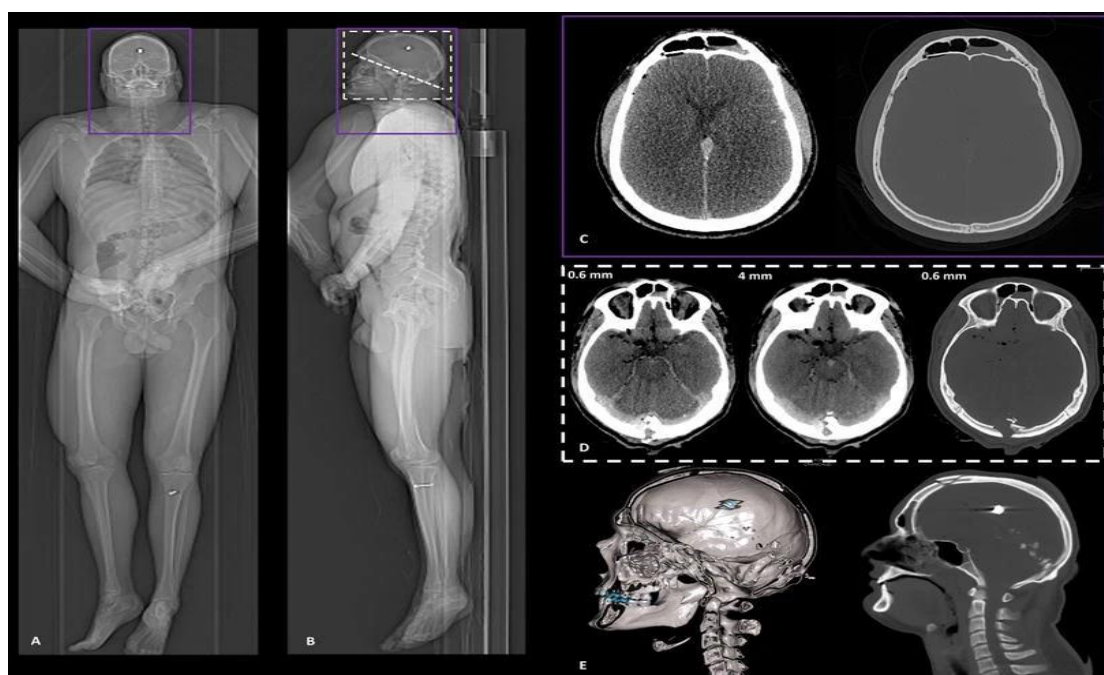
Obrázek 2: Obrázek znázorňující hlavní součásti CT přístroje, včetně gantry, rentgenky, pole detektorů a stolu sloužícího k posunu vyšetřovaného objektu (Pelberg, 2015)

Využití této technologie u zemřelých se označuje jako PMCT a tvoří základ konceptu virtuální pitvy. Tato metoda zajišťuje objektivní zobrazení celého těla ještě před zahájením invazivního výkonu (Gascho, 2025). Význam PMCT spočívá v možnosti vytvořit trvalý digitální archiv, který je přístupný pro opakované hodnocení (Bolliger & Thali, 2015). PMCT slouží jako nástroj pro plánování strategie sekce a v určitých případech může vést k potvrzení příčiny smrti i bez klasické pitvy (Fábera, 2023).

Mezi hlavní indikace PMCT patří vyšetření traumatických poranění, obětí pádů a dopravních nehod, kde metoda vyniká v detekci fraktur v obtížně přístupných oblastech

(Baxa et al., 2021). U střelných poranění PMCT umožňuje přesnou identifikaci střelného kanálu (Kučerová et al., 2014). Přínosem je také schopnost zobrazit patologické plynové kolekce, které jsou při konvenční pitvě často maskovány artefakty (Dirnhofer et al., 2006). Metoda je rovněž nepostradatelná u zuhelnatělých či hnilobně rozložených těl (Grabherr et al., 2016).

Hlavní výhody PMCT zahrnují vysoké prostorové rozlišení a možnost vytváření trojrozměrných rekonstrukcí (Douis et al., 2025). Oproti klinické praxi je výhodou absence radiačních limitů a pohybových artefaktů, což dovoluje využití vyšších expozičních dávek (Thali et al., 2003). Metoda má však i své limity při hodnocení měkkých tkání bez kontrastní látky (Grabherr et al., 2016). Diagnostickou hodnotu mohou rovněž snižovat artefakty z kovových implantátů (Ross et al., 2014).



Obrázek 3: Post-mortem CT vyšetření hlavy (Flach et al., 2014)

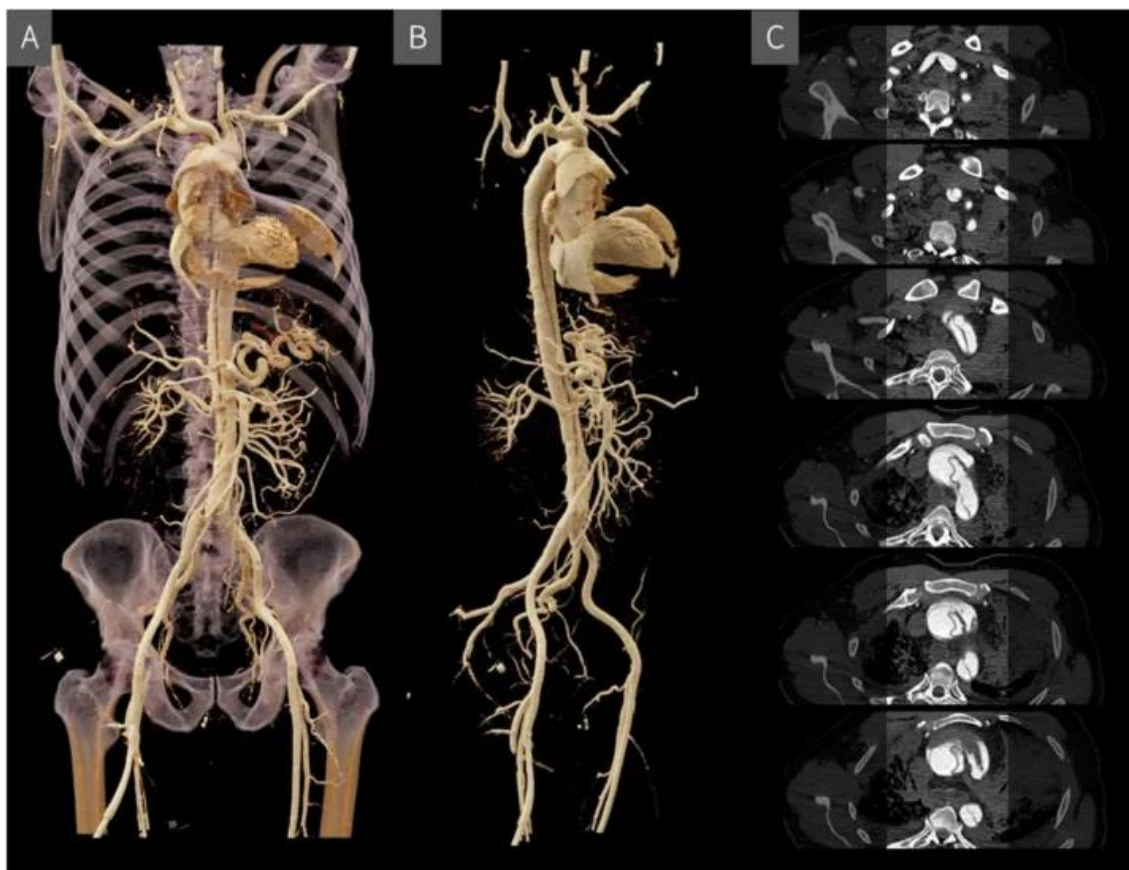
1.2.3 CT angiografie

PMCTA představuje pokročilou metodu, která rozšiřuje možnosti základního nativního vyšetření o detailní vizualizaci cévního systému. Vzhledem k zástavě cirkulace po smrti je pro úspěšné zobrazení nezbytná simulace krevního oběhu pomocí mimotělního oběhu (Pohlová Kučerová et al., 2025). Princip metody spočívá v kanylaci velkých cév, obvykle v pravém třísele, a následné aplikaci směsi kontrastní látky a perfuzního média do řečiště (Grabherr et al., 2016). K dosažení optimálního plnění se využívají válečková čerpadla

nebo modifikované přístroje pro mimotělní oběh, které umožňují dynamické snímkování v arteriální i venózní fázi. Volba média, například polyethylenglykolu nebo parafinového oleje, zásadně ovlivňuje kvalitu zobrazení a stabilitu kontrastu v cévách (Ross et al., 2008).

V soudnělékařské praxi je využití PMCTA indikováno především v případech, kdy je nutné identifikovat přesný zdroj vnitřního krváčení nebo lokalizovat komplexní vaskulární patologie (Pohlová Kučerová et al., 2025). Klíčovou roli tato metoda sehrává při vyhledávání míst ruptur u disekcí aorty či ruptur aneurysmat, kde dovoluje precizní dokumentaci poruchy kontinuity cévní stěny (Ross et al., 2014). U násilných trestných činů umožňuje PMCTA přesné sledování trajektorie zraňujícího nástroje a detekci cévních poranění v anatomicky hůře přístupných lokalitách (Grabherr et al., 2016). Specifickým přínosem je rovněž možnost detailního hodnocení stavu věnčitých tepen, což významně přispívá k diagnostice náhlých srdečních úmrtí na podkladě ischemie (Michaud et al., 2012).

Mezi hlavní výhody této techniky patří dosažení vysoké diagnostické senzitivity u orgánových nálezů a tvorba objektivní, trvale archivovatelné prostorové dokumentace cévního systému (Grabherr et al., 2018). PMCTA umožňuje zobrazení anatomických struktur v jejich přirozené poloze, což je stěžejní pro následnou forenzní rekonstrukci děje (Bolliger & Thali, 2015). Realizace vyšetření je však spojena se značnou personální a technickou náročností, neboť vyžaduje specializované vybavení a přítomnost zkušeného perfuziologa či zaškoleného lékaře (Baxa et al., 2021). Určitým omezením může být interference posmrtných koagul s kontrastní směsí a případné změny haptických vlastností tkání, které mohou komplikovat následné makroskopické hodnocení v rámci klasické sekce (Grabherr et al., 2016).



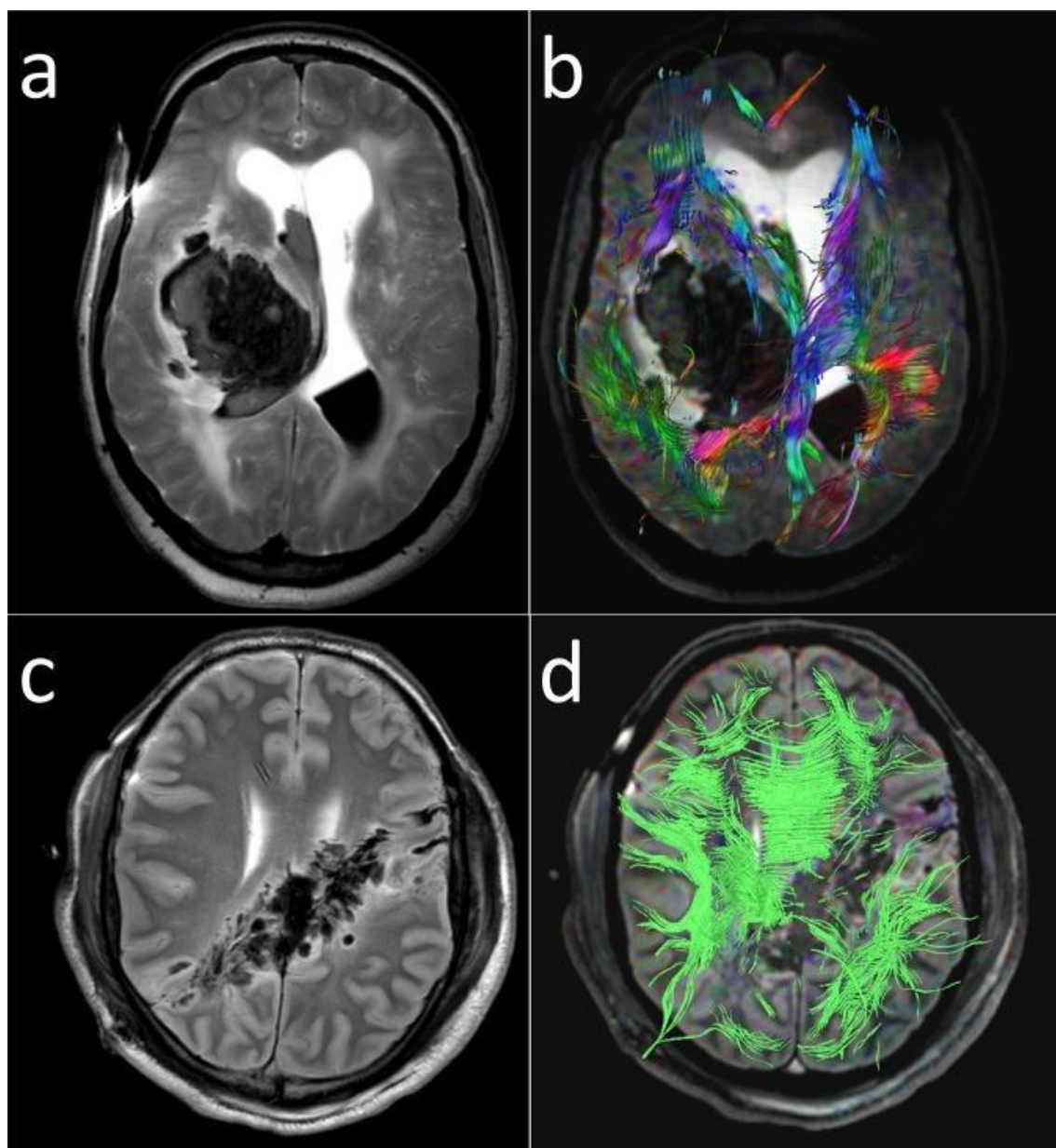
Obrázek 4: Post-mortem CT angiografie zobrazená ve 3D pomocí techniky cinematic rendering (Gascho, 2025)

1.2.4 Magnetická rezonance

Fyzikální podstata MR je založena na interakci jader vodíku se silným vnějším magnetickým polem a následné excitaci pomocí radiofrekvenčních impulzů (Malíková et al., 2022). Po vložení těla do magnetického pole dochází k uspořádání magnetických momentů jader paralelně nebo antiparalelně se směrem siločar pole (Heřman et al., 2014). Následná aplikace pulzu vychýlí tato jádra z rovnovážného stavu a po jeho skončení dochází k emisi signálu, který je registrován přijímacími cívkami a následně digitálně zpracován do výsledného obrazu (Gascho, 2025).

V PMMR zaujímá MR dominantní postavení zejména při hodnocení morfologických změn měkkých tkání a vnitřních orgánů (Dedouit et al., 2025). Metoda je považována za klíčovou pro vyšetřování centrálního nervového systému, kde umožňuje vysoce detailní zobrazení struktur mozku a míchy, které mohou být při standardní pitvě hůře přístupné (O'Donnell & Woodford, 2008). Významnou roli hraje PMMR rovněž v perinatální a pediatrické medicíně, kde slouží k neinvazivní identifikaci vrozených vývojových vad a patologií plodů (Arthurs et al., 2015). V oblasti forenzní kardiologie

pak tato modalita umožňuje přesnou detekci a lokalizaci ischemických změn myokardu (Ross et al., 2012).



Obrázek 5: MR zobrazení mozku s využitím difuzního tenzorového zobrazení (DTI) (Soni & Husain., 2017)

Zásadní předností PMMR je vynikající kontrastní rozlišení tkání bez nutnosti mechanického narušení integrity těla (Dirnhofer et al., 2006). I přes tyto výhody však metoda vykazuje určité limitace, mezi které patří především značná časová náročnost vyšetření v porovnání s CT (Baxa et al., 2021). Specifickým fenoménem v posmrtném zobrazování je vliv klesající tělesné teploty kadáveru na intenzitu výsledného signálu, což v praxi vyžaduje optimalizaci a úpravu standardních vyšetřovacích sekvencí (Gascho, 2025).

1.2.5 Ultrazvuk

Princip ultrasonografie je založen na šíření mechanického vlnění tkáněmi, přičemž zdrojem vlnění jsou piezoelektrické měniče v sondě (Heřman et al., 2014). Obraz vzniká zpracováním odrazů na rozhraní prostředí s odlišnou akustickou impedancí. V diagnostice se obvykle používají frekvence v rozmezí 2 až 20 MHz v závislosti na hloubce vyšetřované oblasti (Malíková et al., 2022).

V post-mortem praxi se ultrazvuk uplatňuje především pro navigaci minimálně invazivních zákroků. Význam spočívá v přesném zacílení jehel při odběrech vzorků pro toxikologickou či mikrobiologickou analýzu (Bolliger et al., 2010). Metoda slouží jako cenný doplněk zejména v pediatrické praxi, kde umožňuje detekci orgánových lézí v situacích, kdy je klasická sekce odmítnuta z etických důvodů (Shelmerdine et al., 2019). Využití ultrazvuku v reálném čase usnadňuje lokalizaci tekutinových kolekcí a minimalizuje riziko kontaminace vzorků při odběru.

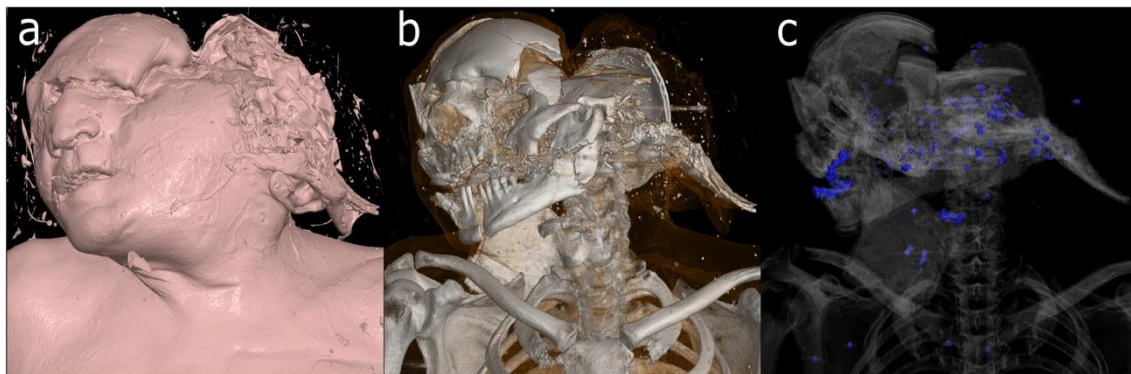
Využitelnost u zemřelých je však limitována specifickými posmrtnými procesy. Rozhodující překážku představuje plyn vznikající při hnilobném rozkladu, který se hromadí v cévách i tkáních (Grabherr et al., 2016). Rozhraní mezi tkání a plynem odráží téměř veškerou energii vlnění, čímž vzniká neprostupná akustická bariéra maskující hlubší struktury (Grabherr et al., 2007). Diagnostickou výtěžnost dále snižuje pokročilá autolýza tkání, která stírá anatomická rozhraní a činí interpretaci nálezů obtížnou (Seidl et al., 2012).

1.2.6 Doplnkové metody a 3D dokumentace (fotogrammetrie, 3D sken, VR)

Kromě standardních modalit se v diagnostice uplatňují doplňkové technologie sloužící k trojrozměrné (3D) dokumentaci pro účely dokazování. Tyto metody umožňují fixovat stav důkazů v digitální podobě ještě před pitevním výkonem (Thali et al., 2007). Integrace těchto technologií dovoluje opětovné posouzení prostorových vztahů poranění i v případech, kdy již došlo k biologické degradaci těla (Bolliger & Thali, 2015).

Nástrojem pro analýzu traumatických stavů je pokročilý post-processing dat z CT vyšetření. Techniky jako Volume Rendering Technique (VRT) umožňují detailní studium dislokovaných fraktur a vizualizaci střelných kanálů (Baxa et al., 2021). Moderní algoritmy Cinematic Rendering simulují interakci světla s tkáněmi, čímž vytvářejí fotorealistický vjem usnadňující identifikaci změn (Douis et al., 2025). Tato prostorová

dokumentace je neocenitelná například pro odhad směru působícího násilí u obětí dopravních nehod (Hyodoh et al., 2022).



Obrázek 6: Post-mortem CT 3D rekonstrukce oblasti hlavy a krku (Ampanozi et al., 2021)

Pro dokumentaci povrchových poranění se využívá fotogrammetrie a 3D povrchové skenování, které digitalizují povrch těla s vysokou přesností (Grabherr et al., 2016). Ve forenzní praxi se tato technologie uplatňuje při porovnávání morfologie zranění s podezřelými nástroji (Thali et al., 2007). Moderní vývoj směřuje k prezentaci nálezů prostřednictvím virtuální reality (VR), což bývá méně emočně zatěžující než naturalistická fotodokumentace (Ebert et al., 2021). Tato digitální transformace směřuje k vytvoření trvale archivovatelných záznamů, které splňují nejvyšší nároky na průkaznost (Alafer, 2025).

2 Virtuální pitva a post-mortem zobrazovací protokoly

Virtuální pitva představuje soubor postupů, v nichž jsou zobrazovací metody využity k posmrtné dokumentaci nálezů před invazivním pitevním výkonem. V následujících podkapitolách je vymezena terminologie, shrnut historický vývoj a popsáno technické provedení včetně rozšířených protokolů a limitů interpretace.

2.1 Vymezení pojmu a význam virtuální pitvy (virtopsy)

Koncept virtuální pitvy lze definovat jako progresivní diagnostický přístup v rámci soudního lékařství, jenž umožňuje provádět detailní analýzu těla zemřelého bez nutnosti narušení jeho fyzické integrity (Dirnhofer et al., 2006). Zavádění tohoto metodického směru představuje přímou reakci na vzrůstající potřebu objektivizace pitevních nálezů a zároveň reflektuje celosvětově klesající trend v počtu prováděných klasických invazivních autopsií (Gascho, 2025). Primárním cílem je doplnění, či v přesně vymezených indikacích i nahrazení tradičního chirurgického otevírání tělních dutin, a to

využitím pokročilých zobrazovacích technologií, které dovolují nahlížet do nitra organismu neinvazivním způsobem (Dedouit et al., 2025).

Vlastní termín virtuální pitva, v mezinárodní terminologii označovaný jako „virtopsy“, definuje ucelený soubor vyšetřovacích metod využívajících digitální radiologické technologie (Thali et al., 2007). Tento pojem v odborných kruzích symbolizuje odklon od subjektivního vnímání pitevního nálezu směrem k technicky doložitelné a exaktní dokumentaci (Dirnhof et al., 2006). Mezi stěžejní úkoly této metodiky patří zjištění přesné příčiny smrti, precizní dokumentace traumatických poranění a komplexní analýza anatomických struktur v jejich původní topografické poloze (Gascho, 2025). Výrazným přínosem oproti konvenční autopsii je schopnost spolehlivě zachytit patologické stavy, které jsou běžnými technikami demonstrovatelné jen s obtížemi, což se týká zejména detekce plynových embolií či pneumotoraxu (Grabherr et al., 2016).

Význam virtuální pitvy v současné soudní medicíně spočívá především v možnosti generování digitálních dat, která jsou trvale archivovatelná v systémech PACS (Bolliger & Thali, 2015). Existence digitální stopy dovoluje provádět opakovaná a zcela nezávislá hodnocení nálezů různými experty v libovolném časovém odstupu, a to i po pohřbení či kremaci zemřelého (O'Donnell & Woodford, 2008). Pro potřeby soudních řízení představují získané obrazy srozumitelný důkazní materiál, neboť prostorová prezentace zranění bývá pro laickou veřejnost přehlednější a emocionálně méně zatěžující než naturalistická fotodokumentace pořízená při klasické sekci (Fábera, 2023).

2.2 Historický vývoj konceptu virtopsy

Historický vývoj virtuální pitvy je neodmyslitelně spjat se švýcarskými univerzitními pracovišti v Bernu a Curychu, kde byl na konci 90. let 20. století zahájen rozsáhlý výzkumný projekt (Thali et al., 2003). Zde byly nejprve kombinovány tradiční pitva s povrchovým 3D skenováním a počítačovou tomografií. S postupným technologickým rozvojem a zvyšující se dostupností multidetektorových CT skenerů se tato metoda rozšířila do řady dalších zemí a stala se součástí moderní forenzní praxe (Gascho, 2025). Evoluční proces oboru směřuje od prosté skiagrafie k pokročilé fúzi dat z různých modalit, což zásadně zvyšuje diagnostickou spolehlivost celého procesu (Kučerová, 2025).

2.3 Základní technické složky virtuální pitvy

V rámci provádění virtuální pitvy se uplatňuje soubor technologií, přičemž dominantní postavení zaujímá PMCT sloužící jako základní screeningový nástroj (Baxa et al., 2021). K detailnějšímu zobrazení cévního systému se využívá PMCTA, která simuluje krevní oběh pomocí perfuzních médií (Pohlová Kučerová et al., 2025). Pro hodnocení patologií měkkých tkání a v pediatrické forenzní radiologii je preferovanou metodou PMMR, přičemž celkový obraz dotvářejí doplňkové technologie jako 3D povrchové skenování či CT navigovaná biopsie (Grabherr et al., 2016).

2.4 Praktické provedení a zpracování dat

Základní fyzikální a metodický princip virtuální pitvy spočívá v akvizici digitálních volumetrických dat, která umožňují detailní vizualizaci vnitřních struktur těla bez nutnosti narušení jeho fyzické integrity. Ve srovnání s konvenční autopsií, jež je primárně založena na manuální preparaci a subjektivním popisu nálezů, generuje virtuální varianta objektivní a digitálně archivovatelný záznam celého tělesného objemu (Dirnhofer et al., 2006). Daný přístup umožňuje soudnímu lékaři analyzovat topografické vztahy orgánů a traumatické změny v jejich původním, nemanipulovaném stavu. Tímto způsobem je významně eliminováno riziko vzniku artefaktů, které nevyhnutelně provázejí mechanické otevírání tělních dutin při klasické sekci (Grabherr et al., 2016).

2.4.1 Průběh vyšetření (akvizice dat)

Vlastní proces vyšetření je zahájen uložením těla na stůl diagnostického přístroje, přičemž zemřelý zůstává zpravidla uzavřen v transportním vaku. Toto opatření je klíčové nejen z hlediska zajištění přísných hygienických standardů a prevence kontaminace radiologického pracoviště, ale slouží také k ochraně integrity stop a zachování důstojnosti (Society of Radiographers, 2024). Stěžejní roli v této iniciální fázi zaujímá PMCT, která je v moderní forenzní praxi považována za primární screeningový nástroj umožňující získat komplexní přehled o stavu kadáveru (Gascho, 2025).



Obrázek 7: Tělo zemřelého v transportním pytli během post-mortem CT vyšetření v rámci virtuální pitvy (Vester et al., 2019)

Fyzikální podstata akvizice dat spočívá v prozařování těla vějířovitým svazkem rentgenového záření prostřednictvím rotujícího systému v gantry přístroje. Detektory MDCT systému registrují míru zeslabení neboli atenuace tohoto záření po průchodu tkáněmi, což počítačový systém následně transformuje do digitální obrazové matice (Malíková et al., 2022). V rámci posmrtné diagnostiky lze využít specifického nastavení expozičních parametrů, jako je vyšší hodnota napětí, protože absence radiačních limitů platných pro živé pacienty dovoluje dosáhnout maximální kvality zobrazení a minimalizovat obrazový šum (Baxa et al., 2021).

Výsledkem této akviziční fáze je soubor digitálních volumetrických dat ve formě velmi tenkých příčných řezů. Standardizovaný vyšetřovací protokol vyžaduje kontinuální pokrytí celého těla, obvykle v rozsahu od temene hlavy až k dolním končetinám, čímž je zajištěna kompletní dokumentace všech anatomických struktur (Shelmerdine et al., 2019). Data jsou následně archivována a připravena k postprocessingu a mezioborové revizi (Bolliger & Thali, 2015).

Jednotlivé axiální řezy představují základní diagnostickou jednotku, ze které lze s vysokou přesností interpretovat denzitu tkání vyjádřenou v Hounsfieldových jednotkách. Tato metoda vyniká zejména při lokalizaci radiokontrastních cizích těles, jako jsou projektily nebo fragmenty zraňujících nástrojů, a při detekci patologických kolekcí plynu, které bývají při konvenční pitevní technice často maskovány artefakty (Fábera, 2023).

Získaná data navíc umožňují následné prostorové rekonstrukce, které jsou nezastupitelné pro objektivní posouzení mechanismu traumatu a predikci vnitřních nálezů ještě před zahájením invazivní sekce (Dedouit et al., 2025).

2.4.2 Post-processing a 3D vizualizace

Získaná surová data podléhají následnému zpracování v pokročilých post-processingových softwarových systémech. Tento software umožňuje provádět multiplanární reformace (MPR), díky nimž lze anatomické struktury prohlížet v libovolných rovinách bez ztráty prostorového rozlišení (Ebert et al., 2021). Klíčovým prvkem pro názornou dokumentaci je tvorba trojrozměrných modelů pomocí metod objemového renderování (VRT) nebo povrchového zobrazení (SSD). Tyto virtuální modely dovolují prostorovou analýzu komplexních fraktur či lokalizaci fragmentů zranění způsobujících nástrojů, což zvyšuje vypovídací hodnotu forenzního vyšetření (Douis et al., 2025).



Obrázek 8: Porovnání zevního nálezu těla a zobrazení pomocí post-mortem CT vyšetření (Solomon et al., 2025)

2.4.3 Rozšířené protokoly: PMCTA, PMMR, CT navigované odběry

Komplexní protokol virtuální pitvy může být podle klinicko-forenzní otázky rozšířen nad rámec nativního PMCT. Nejčastěji se doplňuje PMCTA, která po simulaci oběhu umožňuje cíleně vyhledávat cévní léze a zdroje krvácení, a tím zvýšit výtěžnost zejména u kardiovaskulárních úmrtí nebo poranění cévního řečiště (Grabherr et al., 2016; Pohlová Kučerová et al., 2025). V indikovaných případech lze navázat PMMR, která zlepšuje hodnocení měkkých tkání a parenchymových orgánů, případně přispívá v pediatrické forenzní radiologii (Gascho, 2025; Shelmerdine et al., 2019). Rozšířený protokol se volí především tehdy, pokud nativní CT neposkytuje odpověď na klíčovou otázku příčiny smrti nebo pokud je třeba přesnější topografická dokumentace určitého typu poranění.

2.5 Indikace virtuální pitvy

Virtuální pitva je indikována v různých klinických a forenzních situacích, kde je potřeba neinvazivně zhodnotit strukturu těla a stanovit příčinu smrti. Indikace se mohou lišit podle charakteru úmrtí, stavu těla nebo požadavku forenzního vyšetřování.

2.5.1 Obecné indikace

Obecné indikace post-mortem zobrazování se odvíjejí primárně od potřeby objektivního stanovení příčiny smrti a detailní dokumentace forenzně relevantních nálezů (Baxa et al., 2021). Virtuální pitva se využívá v situacích, kdy je nezbytné neinvazivně zmapovat vnitřní struktury těla ještě před zahájením pitevního výkonu, což usnadňuje predikci pitevního nálezu a volbu optimální preparační strategie (Dirnhofer et al., 2006). Často slouží jako triážní nástroj, který v jasně definovaných případech přirozené smrti může vést k upuštění od klasické sekce, pokud jsou radiologické nálezy v souladu s klinickou historií a vnější prohlídkou těla (Gascho, 2025). Tato metoda je rovněž indikována u těl v pokročilém stádiu hnilobného rozkladu, kde je integrita orgánů značně narušena a virtuální analýza poskytuje jedinou možnost topografického zhodnocení nálezů (Fábera, 2023).

2.5.2 Traumatická úmrtí

Zobrazovací metody představují při vyšetřování traumatických úmrtí, jako jsou oběti dopravních nehod nebo pádů z výšky, nezastupitelný diagnostický standard (Fábera, 2023). PMCT vykazuje značnou senzitivitu při detekci komplexních skeletálních lézí. Jde

především o anatomicky hůře dostupné oblasti, kam se řadí obratle, pánevní pletenec nebo báze lebni, u nichž hrozí při konvenční sekci přehlédnutí nálezu (Baxa et al., 2021). Vedle skeletálních traumat technika umožňuje detailní zobrazení lacerací vnitřních orgánů a vnitřního krváčení. Trojrozměrné rekonstrukce následně poskytují názorný přehled o vektoru a intenzitě působícího násilí (Dedouit et al., 2025). Schopnost vizualizovat poranění v původní prostorové orientaci bez dislokace úlomků mechanickou manipulací zásadně zvyšuje validitu forenzní analýzy (Hyodoh et al., 2022).

2.5.3 Střelná poranění

Střelná poranění tvoří významnou skupinu indikací, u nichž radiologické metody zefektivňují proces vyhledávání projektilů a jejich fragmentů (Dedouit et al., 2025). Zobrazovací systémy dovolují přesnou lokalizaci cizích těles bez rizika jejich nechtěného posunu během pitevní preparace, což bývá klíčové pro zachování integrity balistických stop a identifikaci ráže (Kučerová et al., 2014). Analýza střelného kanálu, přítomnost plynů v trajektorii a detekce sekundárních projektilů v měkkých tkáních pak umožňují detailní rekonstrukci dráhy střely (Gascho, 2025). Tato prostorová dokumentace bývá často rozhodující při rozlišování mezi vstřelem a výstřelem a může pomoci určit i vzdálenost, ze které byla rána vypálena (Dedouit et al., 2025).

2.5.4 Hromadné katastrofy

V kontextu hromadných katastrof, jako jsou letecká neštěstí či přírodní pohromy, nabývá virtuální pitva na zásadním významu především díky své časové efektivitě a schopnosti provádět rychlý plošný screening velkého počtu obětí (Dedouit et al., 2025). Dokumentace individuálních anatomických znaků, mezi které patří například specifická morfologie vedlejších dutin nosních, vrozené kostní anomálie, stav dentice nebo přesná poloha a typ zdravotnických implantátů, slouží k následné exaktní komparaci s dostupnou ante-mortem dokumentací (Hatch et al., 2014). Tento digitální přístup k identifikaci obětí (DVI) výrazně urychluje vyšetřovací procesy v situacích, kdy jsou tělesné ostatky značně devastovány mechanickým či tepelným působením a tradiční identifikační metody narážejí na své limity (Sidler et al., 2007). Digitálně archivovaná data navíc představují trvalý a nezměnitelný záznam (Bolliger & Thali, 2015).

2.5.5 Případy bez klasické pitvy

Virtuální pitva nachází své opodstatnění také v případech, kdy je provedení klasické sekce omezeno nebo zcela vyloučeno z náboženských, kulturních či etických důvodů (Grabherr et al., 2016). Neinvazivní charakter vyšetření představuje akceptovatelnou alternativu pro rodiny zemřelých v komunitách, kde je narušení tělesné integrity po smrti považováno za nepřípustné (Bolliger & Thali, 2015). Tímto způsobem lze naplnit zákonné požadavky na objasnění příčiny úmrtí a vyloučení cizího zavinění, aniž by došlo ke konfliktu se světonázorovým přesvědčením pozůstalých. Implementace moderních technologií tak činí z virtuálního přístupu plnohodnotný nástroj současné forenzní praxe (Alafer, 2025).

2.6 Srovnání virtuální a klasické pitvy

Virtuální a klasická pitva představují dva odlišné přístupy k post-mortem vyšetření lidského těla. Klasická pitva je založena na přímém anatomickém vyšetření při chirurgické disekci a virtuální pitva využívá moderní zobrazovací metody k neinvazivnímu vyšetření vnitřních struktur.

2.6.1 Virtuální pitva

Zásadní distinkce mezi virtuální a konvenční pitvou spočívá v technickém přístupu k analýze těla a v míře narušení jeho integrity. Zatímco klasická sekce představuje invazivní proces založený na manuální preparaci, chirurgickém otevírání tělních dutin a evisceraci orgánů, virtuální pitva využívá k zobrazení vnitřních struktur výhradně digitální radiologické technologie (Bolliger & Thali, 2015). Konvenční postup vede k nevratným změnám anatomických poměrů a destrukci tkání, což znemožňuje pozdější revizi nálezu v jeho původním stavu. Naproti tomu radiologické metody umožňují nahlížet do nitra organismu neinvazivně, čímž fixují stav důkazů v digitální podobě ještě před jakoukoli mechanickou manipulací (Dirnhofer et al., 2006).

Hlavní přednosti virtuální pitvy, reprezentované především metodami PMCT a PMMR, vyplývají z objektivity a trvalé dostupnosti získaných dat. Neinvazivní charakter vyšetření je klíčový v případech, kdy pozůstalí odmítají klasickou sekci z náboženských či etických důvodů, nebo u těl ve vysokém stupni rozkladu, kde by manuální pitva vedla k definitivní ztrátě topografických souvislostí (Grabherr et al., 2016). Metoda navíc exceluje v detekci patologických plynů, lokalizaci cizích těles a zobrazení komplexních fraktur v anatomicky hůře přístupných oblastech (Dirnhofer et al., 2006).

2.6.2 Klasická pitva

Navzdory technologickému pokroku zůstává klasická pitva nezastupitelnou metodou pro získání informací, které digitální zobrazování zatím nedokáže plně zprostředkovat. Patolog při manuální sekci využívá přímé smyslové vjemy, jako je hodnocení barvy, konzistence, tuhosti či specifického zápachu tkání a orgánů. Tyto klíčové parametry slouží k diagnostice časných ischemických změn nebo metabolických poruch (O'Donnell & Woodford, 2008). Stěžejní výhodou konvenčního postupu je také možnost přímého a cíleného odběru vzorků biologického materiálu pro následné histologické, toxikologické či mikrobiologické vyšetření. Bez laboratorní analýzy tkání a tělních tekutin je v mnoha případech, zejména u intoxikací nebo septických stavů, určení přesné příčiny smrti pouze na základě radiologického obrazu nerealizovatelné (Dirnhofer et al., 2006).

2.6.3 Komplementární využití obou metod

Z výše uvedené komparace vyplývá, že obě vyšetřovací strategie disponují specifickými limity a jejich vzájemná kombinace představuje v moderní forenzní medicíně optimální diagnostický standard. Virtuální a klasická pitva by neměly být chápány jako konkurenční metody, ale jako komplementární postupy, které se v procesu stanovení příčiny smrti vzájemně doplňují (Baxa et al., 2021). Současným trendem je směřování k tzv. hybridnímu modelu, kdy radiologické zobrazení slouží jako primární screeningový nástroj (triage), který identifikuje klíčové léze a dovoluje následnou cílenou a méně destruktivní pitevní preparaci (Gascho, 2025). Integrace obou přístupů tak zásadně zvyšuje kvalitu, objektivitu a právní nezpochybnitelnost soudnělékařských závěrů (Grabherr et al., 2016).

V praxi bývá zobrazování využito také jako bezpečnostní krok před sekci, protože může upozornit na balistické fragmenty či jiné ostré cizí předměty a usnadnit volbu cíleného preparačního postupu (O'Donnell & Woodford, 2008; Rutty, 2024). Současně se zachytí nálezy, které mohou být mechanickou preparací snadno modifikovány, zejména distribuce plynu a trajektorie projektilu (Fábera, 2023).

2.7 Limity a diagnostická omezení virtuální pitvy

Ačkoli virtuální pitva představuje významný technologický pokrok, existuje řada objektivních limitů, které v současné době neumožňují plnou náhradu konvenční pitevní sekce (Dirnhofer et al., 2006). Zobrazovací metody jsou limitovány především v

diagnostické výtěžnosti u netraumatických úmrtí, kde příčina smrti netkví v hrubých morfologických změnách, ale v diskretních procesech na buněčné úrovni (Bolliger & Thali, 2015). Bez použití angiografických technik je PMCT vyšetření značně omezené v hodnocení vaskulárního řečiště a orgánových parenchymů, což může vést k přehlédnutí vnitřních zranění nebo chorobných stavů, které jsou při manuální exploraci těla jasně patrné (Gascho, 2025). Klasická pitva tak zůstává nezastupitelným zlatým standardem zejména v situacích, kdy je vyžadováno přímé posouzení konzistence, barvy a haptických vlastností tkání (Grabherr et al., 2016).

2.7.1 Diagnostická omezení zobrazovacích metod

Zásadním nedostatkem virtuálního přístupu zůstává nemožnost realizace přímého histologického vyšetření tkání, které představuje základní pilíř diagnostiky zánětlivých procesů, ischemických změn nebo metabolických poruch (Dedouit et al., 2025). Přestože metody jako PMCT či PMMR umožňují detekovat přítomnost volné tekutiny nebo ložiskových změn, bez následné mikroskopické analýzy a využití speciálních barvicích metod nelze spolehlivě určit etiologii nálezu ani přesné stadium hojení traumatických lézí (Dirnhofer et al., 2006). Absence možnosti přímého odběru biologického materiálu pro navazující laboratorní vyšetření, jakým je toxikologická či mikrobiologická analýza, značně snižuje vypovídací hodnotu izolovaného radiologického vyšetření v případech podezření na intoxikaci nebo septický stav (Grabherr et al., 2016). Současná praxe se sice pokouší tento deficit částečně eliminovat zaváděním minimálně invazivních biopsií prováděných pod CT kontrolou, avšak ani tyto postupy neposkytují tak ucelené informace jako kompletní pitevní zpracování všech orgánových systémů (Bolliger & Thali, 2015).

2.7.2 Faktory ovlivňující interpretaci nálezů

Interpretace obrazových dat u zemřelých je zatížena specifickými posmrtnými procesy, které mohou simulovat různé patologické stavy. Schopnost přesně rozlišit mezi skutečnými chorobnými změnami a přirozenými posmrtnými ději, jako je autolýza tkání nebo hypostáza, vyžaduje úzkou specializaci a specifickou forenzní expertizu (Gascho, 2025). Typickým příkladem těchto komplikací je gravitační sedimentace krve v plicním parenchymu, která na CT skenech často napodobuje obraz pneumonie nebo aspirace (Grabherr et al., 2016). Podobně může být hnilobná tvorba plynu v cévním systému chybně interpretována jako vzduchová embolie vzniklá zaživa. Diagnostickou přesnost dále snižují četné technické artefakty, vznikající například v důsledku přítomnosti

kovových implantátů nebo balistických fragmentů. Tyto předměty způsobují lokální znehodnocení obrazu a znemožňují detailní zhodnocení přilehlých měkkých tkání (Dirnhofer et al., 2006).

I přes uvedená omezení představuje virtuální pitva v rukou zkušeného odborníka efektivní diagnostický nástroj, který klasické metody vyšetřování zemřelých nenahrazuje, ale zásadně rozšiřuje a doplňuje. Význam této metody spočívá především v neinvazivním screeningu tělesného objemu, spolehlivé identifikaci plynových kolekcí a precizní dokumentaci skeletálních traumat (Baxa et al., 2021). Systematická integrace radiologických metod do rutinní forenzní praxe umožňuje efektivnější plánování následné invazivní sekce a zvyšuje celkovou objektivitu znaleckého zkoumání (Dedouit et al., 2025). Lze předpokládat, že budoucí směřování oboru nebude definováno soupeřením obou přístupů, nýbrž jejich metodickou synergií, která zajistí maximální možnou míru průkaznosti zjištěných skutečností (Grabherr et al., 2016).

3 Interpretace nálezů: posmrtné změny a artefakty

Interpretace radiologické dokumentace u zemřelých představuje svébytnou diagnostickou disciplínu, která se v metodických i kognitivních aspektech významně odchyluje od standardní klinické radiologie. Zatímco klinická praxe se primárně soustředí na dynamické procesy, fyziologické funkce a patologické změny u živého organismu s cílem stanovit odpovídající terapii, post-mortem radiologie pracuje se statickým stavem těla po ukončení veškerých vitálních projevů (Thali et al., 2011). Absence krevního oběhu, svalového tonu a dechových pohybů sice eliminuje pohybové artefakty a zvyšuje prostorové rozlišení snímků, zároveň však vede k morfologickým transformacím vnitřních orgánů. Mnohé z těchto posmrtných změn by u živého pacienta byly považovány za jasný projev onemocnění (Shkrum & Ramsay, 2007). Metodika vyhodnocování obrazových dat tedy vyžaduje zásadní změnu diagnostického paradigmatu. Pozornost se v tomto kontextu přesouvá od prosté detekce chorobných stavů k rekonstrukci mechanismu vzniku poranění a následné identifikaci bezprostřední příčiny smrti (Saukko & Knight, 2004).

3.1 Specifika post-mortem radiologické interpretace

Zásadní výzvu pro objektivní hodnocení představují přirozené posmrtné změny, které progresivně modifikují radiologický obraz tkání a orgánů. Tyto fyziologické procesy,

zahrnující algor mortis, livor mortis a následné autolytické pochody, mění denzitu tkání i distribuci plynů v těle (Štefan & Hladík, 2012). Dochází k typické sedimentaci krve v cévním řečišti a v závislých částech orgánů, což na CT snímcích často imituje trombózu, plicní edém nebo intraparenchymové krvácení (Shkrum & Ramsay, 2007). Schopnost striktně odlišit tyto přirozené dekompoziční procesy od skutečných patologických nálezů souvisejících s příčinou smrti tvoří elementární pilíř forenzní radiodiagnostiky (Thali et al., 2011). Bez důkladné znalosti časového průběhu těchto změn hrozí vysoké riziko chybné interpretace post-mortálních jevů jako známek násilného jednání nebo intravitálního traumatu (Baxa et al., 2021).

Vysoká diagnostická výtežnost vyšetření je proto přímo podmíněna zkušeností vyšetřujícího týmu a úzkou kooperací mezi radiologem a soudním lékařem. Správná interpretace vyžaduje syntézu pokročilých znalostí radiologických principů se znalostmi tafonomie, tedy vědy o procesech probíhajících v organismu od okamžiku smrti (Saukko & Knight, 2004). Zatímco radiolog vnáší do procesu expertízu v analýze jemných denzitních a signálových změn na digitálním obraze, soudní lékař poskytuje nezbytný patofyziologický kontext a zkušenosti s makroskopickým vzhledem tkání při sekci (Thali et al., 2011). Tato multidisciplinární synergie umožňuje eliminovat diagnostické omyly pramenící z aplikace čistě klinických schémat a zajišťuje, že výsledný nález bude objektivním a validním podkladem pro forenzní dokazování (Shkrum & Ramsay, 2007).

3.2 Posmrtné změny v obraze CT/MR

Biologická smrt spouští v lidském organismu soubor nevratných fyzikálních, chemických i morfologických změn, které vznikají v důsledku zástavy metabolismu, krevního oběhu a termoregulačních mechanismů. Tyto posmrtné změny představují přirozený vývoj dekompozice tkání, přičemž jejich nástup a intenzita jsou determinovány jak vnitřními faktory organismu, tak podmínkami vnějšího prostředí (Štefan & Hladík, 2012). Z pohledu radiodiagnostiky je nezbytné vnímat tyto procesy jako dynamický děj, nikoli statický stav, neboť postupem času dochází k progresivní destrukci původní anatomické struktury (Saukko & Knight, 2004). Pochopení těchto přirozených rozkladných pochodů je základním předpokladem pro objektivní zhodnocení stavu těla a správnou časovou korelaci nálezů v rámci post-mortem vyšetření.

3.2.1 Časné posmrtné změny

Krátce po smrti se začínají objevovat tzv. časné posmrtné změny, které postupně ovlivňují jednotlivé tkáně a orgány lidského těla. Tento fenomén vzniká pasivním přesunem krve a tělních tekutin do níže položených částí těla vlivem gravitačních sil po zastavení srdeční činnosti (Štefan & Hladík, 2012). Na CT se hypostáza manifestuje jako zřetelné zvýšení denzity v dorzálních partiích vnitřních orgánů, typicky plic či jater, v závislosti na poloze těla (Shkrum & Ramsay, 2007). Současně dochází v cévním řečišti k sedimentaci krevních elementů, která vytváří charakteristické hladinky mezi sedimentovanými erytrocyty a plazmou, což je nález specifický pro stav po zástavě oběhu (Saukko & Knight, 2004).

3.2.2 Plyn vznikající při rozkladu

S postupujícím rozkladem tkání dochází k aktivaci anaerobních bakterií, jejichž metabolické procesy vedou ke vzniku plynů a dalších produktů dekompozice. Tyto plyny, tvořené převážně oxidem uhličitým, vodíkem a sirovodíkem, se hromadí v cévním systému, parenchymových orgánech i měkkých tkáních (Štefan & Hladík, 2012). CT je díky vysokému přirozenému kontrastu plynu ideálním nástrojem pro jeho detekci, přičemž denzita vzduchu se pohybuje kolem -1000 HU (Malíková et al., 2022). Plyn se často objevuje v pravém srdci, portálním oběhu nebo jaterních žilách a jeho rozsah obvykle přímo koreluje s délkou post-mortem intervalu a teplotou okolí (Shkrum & Ramsay, 2007).

3.2.3 Autolytické změny tkání

Vedle bakteriálního rozkladu tkání probíhá také autolýza, při němž dochází k rozpadu buněk působením enzymů uvolněných z jejich vlastních intracelulárních struktur. Tento děj se na zobrazovacích metodách projevuje postupnou ztrátou přirozené diferenciací mezi jednotlivými tkáňovými strukturami, což je patrné například u ledvin, kde mizí hranice mezi kůrou a dřením (Saukko & Knight, 2004). Dochází k rozvolnění tkání a narušení buněčných bariér, což vede k prosakování tekutiny do tělních dutin a vzniku post-mortálních pleurálních, perikardiálních či peritoneálních výpotků (Shkrum & Ramsay, 2007). Autolýza také způsobuje celkové snížení denzity parenchymových orgánů a stírání jasných anatomických kontur, což reflektuje totální selhání integrity vnitřního prostředí těla.

3.2.4 *Riziko záměny s patologickými nálezy*

Zásadním rizikem při interpretaci post-mortem obrazových dat je skutečnost, že popsané fyziologické procesy mohou s vysokou mírou pravděpodobnosti napodobovat vitální patologické nálezy. Hypostatické změny v plicním parenchymu bývají často zaměňovány za aspirační bronchopneumonii nebo edém, zatímco dekompoziční plyny v cévách mohou simulovat vzduchovou embolii či následky traumatu (Shkrum & Ramsay, 2007). Rovněž autolytické změny v mozkové tkáni mohou napodobovat známky difúzního edému nebo ischemických změn (Thali et al., 2011). Schopnost striktně odlišit tyto artefakty od skutečných patologií souvisejících s příčinou smrti je proto klíčovým faktorem pro zajištění validity forenzního vyšetření a eliminaci diagnostických omylů.

3.3 *Artefakty v post-mortem zobrazování*

V oblasti radiologického zobrazování se jako artefakt označuje obrazová struktura, která neodpovídá skutečné anatomické nebo patologické realitě a vzniká v důsledku technických či fyzikálních vlivů během vyšetření. Tato zkreslení vznikají v důsledku fyzikálních limitů přístrojové techniky, interakce záření s hmotou nebo vlivem vnějších podmínek během náběru dat (Brogdon et al., 2011). Zatímco v klinické radiologii jsou artefakty často spojeny s fyziologickými pohyby pacienta, v post-mortem diagnostice nabývají specifického charakteru, neboť se kombinují s procesy dekompozice a manipulace s tělem. Přítomnost artefaktu může zásadně snížit diagnostickou hodnotu skenu, neboť vytváří falešné obrazy (tzv. „pseudopatologie“), které mohou maskovat reálná poranění nebo naopak simulovat intravitální traumata (Thali et al., 2011).

3.3.1 *Artefakty vznikající manipulací s tělem*

Značná část artefaktů vzniká v důsledku nezbytné manipulace s tělem zemřelého od okamžiku nálezu až po samotné skenování. Transport těla, jeho uložení v chladicím boxu a následné polohování na vyšetřovací stůl CT či MR přístroje mohou vyvolat strukturální změny, které jsou na snímcích jasně patrné. Častým jevem je rozvoj post-mortálních kožních záhybů nebo otlaků způsobených těsným zabalením do transportního vaku, což na CT obraze může imitovat plošné oděrky či strangulační rýhy (Saukko & Knight, 2004). Rovněž poloha těla během vyšetření, která se často liší od standardizovaných klinických projekcí z důvodu posmrtné ztuhlosti, může vést k netypickému zobrazení anatomických struktur a vzniku geometrických zkreslení (Baxa et al., 2021).

3.3.2 Artefakty vznikající resuscitací a lékařskými zákroky

Specifickou skupinu představují nálezy vyvolané resuscitací nebo invazivními lékařskými zákroky provedenými v agoniálním stadiu či krátce před smrtí. Tyto artefakty bývají velmi výrazné a mohou zcela zastříti přirozený patologický obraz. Typickým příkladem je iatrogenní přítomnost vzduchu v cévním systému nebo v srdečních komorách, která vzniká následkem nitrožilních vstupů či intubace a bývá zaměňována za vitální vzduchovou embolii (Baxa et al., 2021). Masáž srdce a umělá plicní ventilace navíc často způsobují arteficiální fraktury žeber a sternu, případně rozvoj pneumotoraxu nebo emfyzému měkkých tkání, což vyžaduje vysokou míru obezřetnosti při hodnocení traumatického mechanismu smrti (Saukko & Knight, 2004).

3.3.3 Technické artefakty zobrazovacích metod

Technické artefakty generované samotným fyzikálním principem zobrazení jsou v post-mortem radiologii rovněž hojně zastoupeny, zejména při detekci cizích předmětů. Kovové elementy, jako jsou projektily, šperky, stomatologické náhrady nebo ortopedické implantáty, způsobují v CT obraze výrazné paprscité stíny (tzv. „streak artifacts“) v důsledku extrémní absorpce záření a následného nedostatku fotonů v okolních pixelech (Malíková et al., 2022). Ačkoliv u zemřelých odpadají artefakty z dechu a tepu, může dojít k pohybové neostrosti při nestabilitě těla na stole nebo při mechanických poruchách posunu vyšetřovacího lůžka. Mezi další technické limity patří tzv. efekt vytvrzování svazku (beam hardening), který vzniká při průchodu záření velmi hustými strukturami, jako je kalva, a projevuje se tmavými pruhy v parenchymu mozku (Heřman et al., 2014).

3.3.4 Význam správné indikace a klinicko-forenzního kontextu

Korektní identifikace a odlišení artefaktů od autentických nálezů je stěžejní pro validitu celého forenzního vyšetření. Podcenění těchto jevů nebo jejich chybná interpretace jakožto známek násilí může vést k fatálním justičním omylům a nesprávnému určení příčiny smrti (Dedouit et al., 2025). Zkušený diagnostik musí být schopen zhodnotit každou denzitní či signálovou abnormalitu v kontextu okolností nálezu těla a informací o předchozí lékařské péči. Pouze multidisciplinární přístup, integrující technické znalosti radiologického asistenta a patofyziologický vhled soudního lékaře, umožňuje eliminovat rizika spojená s arteficiálními nálezy a zaručuje, že výsledná interpretace obrazových dat bude objektivním pilířem forenzní expertízy (Society of Radiographers, 2024).

4 Legislativní a etické aspekty post-mortem radiodiagnostiky

Integrace radiodiagnostiky do procesu posmrtného vyšetřování s sebou přináší nutnost důsledného ukotvení v legislativním a etickém rámci. Vyšetření těl zemřelých totiž není pouze technickou či medicínskou procedurou, nýbrž komplexním úkonem, který je limitován právními předpisy upravujícími nakládání s lidskými ostatky (Brogdon et al., 2011). Zatímco klinická radiologie se řídí primárně zájmem o zdraví pacienta, post-mortem diagnostika musí vyvažovat požadavky orgánů činných v trestním řízení s ochranou práv zemřelého i pozůstalých (Alafer, 2025). Dodržování těchto pravidel je nezbytné nejen pro validitu získaných důkazů, které musí obstát při soudním dokazování, ale také pro zachování společenské přijatelnosti moderních forenzních metod (Štefan & Hladík, 2012). Právní jistota a etická integrita tak tvoří základní pilíře, na nichž je vystavěna moderní praxe virtuální pitvy.

4.1 *Legislativní rámec post-mortem vyšetřování*

Konkrétní právní regulace post-mortem vyšetřování vykazuje značnou variabilitu v závislosti na národní legislativě jednotlivých států. Zákonné normy obvykle striktně stanovují podmínky, za nichž lze nařídít zdravotní nebo soudní pitvu, a definují kompetence soudních lékařů i vyšetřovatelů (O'Donnell & Woodford, 2008). V mnoha jurisdikcích, jako je například Švýcarsko nebo Japonsko, jsou zobrazovací metody již pevnou součástí vyšetřovacích protokolů, zatímco v jiných regionech slouží spíše jako dobrovolný doplněk konvenční sekce (Grabherr et al., 2016). Legislativa rovněž určuje pravidla pro manipulaci s tělem zemřelého během transportu a samotného skenování, přičemž je kladen důraz na zachování integrity důkazního materiálu (Society of Radiographers, 2024). V českém prostředí je využití těchto metod ovlivněno především zákonem o zdravotních službách a trestním řádem, které specifikují postupy při ohledání mrtvého a vymezují prostor pro využití CT v soudním lékařství (Kučerová et al., 2014).

4.2 *Etické aspekty post-mortem radiodiagnostiky*

Vedle legislativních požadavků je nutné reflektovat etické principy, které vymezují hranice zacházení s tělem zemřelého a s informacemi získanými v rámci post-mortem vyšetření. Respekt k lidské důstojnosti nezaniká potvrzením smrti a v praxi se promítá do minimalizace zbytečných manipulací, zachování soukromí a do důsledné profesionality všech členů týmu (Society of Radiographers, 2024). Zobrazovací metody mohou být

vnímány jako šetrnější alternativa k invazivní sekci, současně však nezbavují pracoviště odpovědnosti za pietní přístup ani za korektní nakládání s digitální dokumentací (Arthurs et al., 2015; Brogdon et al., 2011). Etická rovina proto zahrnuje nejen samotné provedení vyšetření, ale také otázky kulturní přijatelnosti, práce se souhlasem a ochrany obrazových dat.

4.2.1 *Kulturní a náboženské aspekty*

Etické otázky vyvstávají především v souvislosti s akceptovatelností posmrtných úkonů u různých společenských, kulturních a náboženských skupin. Zatímco klasická invazivní pitva může být v některých kontextech vnímána jako nepřipustné zneuctění těla, virtuální pitva představuje kulturně citlivou alternativu, která často umožňuje nalézt konsenzus mezi požadavky právního systému a vírou pozůstalých (Alafer, 2025). V situacích, kdy náboženské normy, například v rámci judaismu či islámu, striktně zapovídají posmrtné narušení tělesné schránky, nabývá neinvazivní zobrazování na významu jako etický kompromis, který respektuje duchovní potřeby rodiny (Gascho, 2025). Rozhodování o provedení těchto metod se však musí opírat o jasná pravidla souhlasu, která se zásadně liší u klinických úmrtí, kde je prioritou vůle rodiny, a u forenzních případů, kde nad tělem z legislativních důvodů dočasně přebírá kontrolu stát (Society of Radiographers, 2024).

4.2.2 *Ochrana osobních údajů a obrazových dat*

Práce s digitálními obrazovými daty získanými při post-mortem vyšetření s sebou nese specifická rizika spojená s ochranou osobních údajů a citlivých informací. Snímky těl zemřelých jsou považovány za vysoce důvěrný materiál, jehož případné neoprávněné šíření či zneužití by představovalo hrubé porušení profesní etiky i platných právních norem (Society of Radiographers, 2024). Digitální archivy a systémy pro přenos dat (PACS) musí být zabezpečeny tak, aby byla garantována integrita důkazů a znemožněn přístup nepovolaným osobám (Alafer, 2025). Současně je nezbytné pamatovat na to, že právo na ochranu soukromí zesnulého je chráněno i po jeho smrti, což klade mimořádné nároky na diskrétnost a profesionalitu všech pracovníků zapojených do diagnostického řetězce (Bolliger & Thali, 2015).

4.2.3 *Etická a právní pravidla v praxi*

Důsledné dodržování stanovených legislativních pravidel a etických imperativů je předpokladem důvěryhodnosti celého procesu post-mortem diagnostiky. Propojení

moderních zobrazovacích technologií s respektem k zesnulému garantuje, že výsledky vyšetření budou vnímány jako legitimní podklady pro další rozhodování v rámci trestního či občanskoprávního řízení (Dedouit et al., 2025). Současně se tím snižuje riziko poškození důkazního materiálu i riziko sekundární újmy pozůstalých, například v důsledku nevhodné manipulace s obrazovou dokumentací (Society of Radiographers, 2024).

4.3 Právní rámec post-mortem vyšetření v České republice

Nakládání s tělem zemřelého a provádění post-mortem vyšetření je v České republice přísně regulováno soustavou právních předpisů, které zajišťují ochranu lidské důstojnosti i validitu forenzních zjištění. Základním pilířem této legislativy je zákon č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování, který stanovuje postupy při prohlídce těla zemřelého a definuje jednotlivé kategorie pitev. Tento zákon je doplněn vyhláškou č. 297/2012 Sb., o náležitostech Listu o prohlídce zemřelého, a dalšími metodickými pokyny upravujícími provoz pitevních traktů. V případech, kdy existuje podezření, že smrt byla způsobena trestným činem, vstupuje do procesu zákon č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád), jenž vymezuje podmínky pro nařízení soudní pitvy. Celý legislativní rámec tak vytváří závazný řetězec úkonů od konstatování smrti přes dokumentaci nálezů až po konečné stanovení příčiny úmrtí (Štefan & Hladík, 2012).

Rozhodnutí o provedení pitvy a její typ závisí na okolnostech úmrtí, přičemž český právní řád rozlišuje situace, kdy je tento úkon obligatorní. Pitva je povinná zejména u dětí mrtvě narozených nebo zemřelých do 15 let věku, u žen v souvislosti s těhotenstvím či porodem a v případech, kdy příčinu smrti nelze určit ani po důkladném ohledání (Štefan & Hladík, 2012). O provedení zdravotní pitvy rozhoduje prohlízející lékař, zatímco u úmrtí ve zdravotnickém zařízení může pitvu navrhnout ošetřující lékař nebo ředitel zařízení k ověření diagnostického postupu. Zcela specifické postavení má soudní pitva podle § 115 trestního řádu, kterou nařizuje orgán činný v trestním řízení, typicky Policie ČR se souhlasem státního zástupce, existuje-li důvodné podezření na násilnou smrt zaviněnou jinou osobou (Kučerová et al., 2014). V takových případech nelze pitvu nahradit jiným úkonem a její provedení je nezbytné pro zajištění objektivních důkazů v rámci trestního šetření.

Realizace post-mortem vyšetření vyžaduje koordinaci mezi zdravotnickými zařízeními, ústavy soudního lékařství a orgány státní moci. Klíčovou roli zde hrají soudní lékaři a patologové, kteří na základě analýzy těla a doplňujících vyšetření vypracovávají znalecké posudky či pitevní protokoly. Spolupráce s orgány činnými v trestním řízení je zásadní především při rekonstrukci kriminálního děje, kdy radiologické nálezy mohou sloužit jako významný důkazní materiál (Kučerová et al., 2014). Radiologičtí asistenti a diagnostici se do tohoto procesu zapojují zejména při provádění virtuální pitvy, která umožňuje nedestruktivní dokumentaci těla ještě před samotným invazivním zásahem. Tato interdisciplinární součinnost zvyšuje kvalitu forenzního dokazování a přispívá k přesnější identifikaci obětí i mechanismů vzniku zranění, což je nezbytným předpokladem pro řádné fungování justice a ochranu veřejného zdraví.

4.4 Mezinárodní doporučení a standardy

Kromě vnitrostátních právních norem, které jsou pro každou jurisdikci specifické a závazné, nabývají v oblasti postmortálního vyšetřování na významu mezinárodní doporučení a standardy. Tyto dokumenty vznikají jako reakce na potřebu metodické harmonizace v globálním měřítku, což je nezbytné pro zajištění srovnatelnosti forenzních nálezů a pro rozvoj vědeckého výzkumu v tomto oboru. Mezinárodní rámec poskytuje odborné vedení zejména v oblastech, kde národní legislativa nereflktuje technické detaily moderních zobrazovacích metod, a zároveň definuje etické hranice, které by měly být v rámci demokratických právních systémů respektovány (Dedouit et al., 2025). Implementace těchto doporučení do lokální praxe přispívá k vyšší legitimitě forenzních závěrů, zejména v případech s mezinárodním přesahem, jako jsou teroristické útoky nebo vyšetřování válečných zločinů (Grabherr et al., 2016).

Standardizací postupů v soudním lékařství a forenzní radiologii se zabývá několik klíčových mezinárodních subjektů a odborných společností (Society of Radiographers, 2024). Významným milníkem bylo založení Mezinárodní společnosti pro forenzní radiologii a zobrazování (International Society of Forensic Radiology and Imaging – ISFRI) v roce 2011, která sdružuje experty z celého světa a publikuje konsensuální stanoviska k optimálnímu využití zobrazovacích metod (Baxa et al., 2021). Spolupráce mezi ISFRI a Evropskou společností pro pediatrickou radiologii (ESPR) vedla například k vytvoření specializovaných protokolů pro pediatrické PMCT, které zohledňuje specifika dětského organismu (Shelmerdine et al., 2019). Dále lze uvést činnost expertní

skupiny pro metody posmrtné angiografie (Technical Working Group Post-mortem Angiography Methods – TWGPAM) nebo doporučení Rady Evropy, konkrétně doporučení č. R (99) 3, které stanovuje základní pravidla pro provádění soudnělékařských pitev v evropském kontextu (Grabherr et al., 2016). Opomenout nelze ani organizaci INTERPOL, která definuje standardy pro identifikaci obětí hromadných neštěstí (Disaster Victim Identification – DVI), kde radiodiagnostika hraje kritickou roli (Shelmerdine et al., 2019).

Existence těchto doporučení má zásadní vliv na sjednocení vyšetřovacích protokolů a zajištění vysoké kvality diagnostiky bez ohledu na geografické umístění pracoviště. Standardizované postupy výrazně snižují riziko interpretačních chyb, které by mohly vzniknout v důsledku subjektivního přístupu vyšetřujícího týmu, a zvyšují celkovou objektivitu forenzních výstupů (O'Donnell & Woodford, 2008). Pro radiologické asistenty představují tyto standardy nezbytný metodický podklad pro nastavení optimálních technických parametrů akvizice dat, což je klíčové pro detekci subtilních traumatických změn či cizích těles (Society of Radiographers, 2024). Jednotná metodika navíc usnadňuje mezinárodní výměnu obrazových dat v rámci teleradiologických konzultací a umožňuje vytváření rozsáhlých multicentrických studií, které jsou nezbytné pro další validaci postmortálního zobrazování jako exaktní vědecké metody (Dedouit et al., 2025).

5 Organizace a technické zajištění post-mortem zobrazování

Účinné provádění posmrtného zobrazování závisí na dobře propracované organizační struktuře a vhodném technickém zázemí, které reflektuje specifika práce s kadávery. Na rozdíl od klinické radiologie, kde je hlavním cílem diagnostika a léčba pacienta, post-mortem radiodiagnostika vyžaduje systémové nastavení, jež je zaměřeno na forenzní potřeby, ochranu důkazů a dokumentaci stavu těla před invazivními zásahy (Society of Radiographers, 2024). Úspěšné uskutečnění celého procesu nezávisí jen na dostupnosti moderních zařízení, ale především na koordinované spolupráci multidisciplinárního týmu, který tvoří radiologičtí asistenti, patologové, soudní lékaři a příp. orgány činné v trestním řízení (Brogdon et al., 2011). Tato spolupráce musí být jasně stanovena v rámci standardních operačních postupů, jež upravují logistiku transportu těla, hygienické opatření a protokolární parametry skenování, aby se předešlo prodlevám ve vyšetřování a byla zachována vysoká kvalita obrazových výstupů (Tashiro et al., 2025).

5.1 Organizace pracoviště

Vyšetření se obvykle provádí v specializovaných centrech, která mohou být součástí ústavů soudního lékařství nebo součástí klinických radiologických oddělení s vyhrazenými kapacitami. K technickému vybavení patří také specializovaný software pro 3D rekonstrukce a kvalifikovaný personál znalý specifik posmrtného zobrazování, například absence krevního tlaku nebo vliv nízké tělesné teploty na signál u MR (O'Donnell & Woodford, 2008).

5.2 Multidisciplinární tým

Mezioborová součinnost představuje základní pilíř moderní post-mortem radiodiagnostiky, neboť efektivně propojuje poznatky klinického zobrazování se specifickými požadavky soudního lékařství. Cílem této integrace je vytvoření tzv. nekro-radiologické syntézy, která umožňuje komplexnější pohled na tělo zemřelého (O'Donnell & Woodford, 2008). Tento synergický přístup zdaleka nekončí u pouhého pořízení obrazové dokumentace. Vyžaduje totiž hluboké porozumění thanatologickým procesům, které zásadně transformují radiologický obraz tkání u kadáverů ve srovnání s živými pacienty (Grabherr et al., 2016). Správná interpretace nálezů je přímo závislá na úzké kooperaci odborníků a sdílení jejich expertních pohledů, čímž se zvyšuje celková objektivita znaleckého zkoumání. Taková součinnost navíc významně snižuje riziko diagnostických pochybení a dovoluje efektivní využití triážního modelu v rámci pitevního postupu (Baxa et al., 2021). Lze předpokládat, že bez adekvátního zařazení radiologických dat do klinicko-forenzního rámce hrozí záměna postmortálních artefaktů za vitální zranění. Taková chybná interpretace může mít v konečném důsledku fatální následky pro průběh i výsledek trestního řízení.

5.2.1 Role radiologa

Role radiologa v posmrtné diagnostice spočívá primárně v expertní analýze volumetrických dat a detekci patologických změn prostřednictvím pokročilého trojrozměrného zobrazení (O'Donnell & Woodford, 2008). Radiolog využívá specifické dovednosti v oblasti prostorového vnímání a detailní znalosti fyzikálních principů CT či MR k tomu, aby spolehlivě odlišil skutečné traumatické léze od fyziologických posmrtných jevů (Gascho, 2025). Jde zejména o identifikaci vnitřní hypostázy, posmrtného srážení krve nebo distenze tkání hnilobnými plyny, které by v klinickém

kontextu mohly simulovat chorobné stavy. Tato specializovaná interpretace je klíčová pro přesné rozpoznání jemných fraktur, vzduchových embolií či diskrétního vnitřního krvácení (Baxa et al., 2021). Radiologický nález v tomto uspořádání funguje jako objektivní mapa nálezů, která patologovi umožňuje cílenou lokalizaci míst zájmu, jež by mohla být při standardní pitevní proceduře přehlédnuta nebo neúmyslně poškozena (Dedouit et al., 2025).

5.2.2 Role soudního lékaře

Soudní lékař v tomto multidisciplinárním týmu funguje jako integrátor, využívající výsledky zobrazovacích metod k určení konečné příčiny smrti a přesné dokumentaci poranění. Díky radiologickým nálezům může odhadnout vnitřní stav těla a navrhnout nejlepší preparační přístup, což zvyšuje efektivitu pitvy (Fábera, 2023). Zobrazovací metody poskytnou soudnímu lékaři hodnotný pohled do oblastí těla, které jsou běžně obtížně přístupné, například hluboké svaly zad, páteřní kanál nebo vnitřní části obličejového skeletu (Baxa et al., 2021). Výsledná kombinace obrazových dat a pitevních nálezů představuje pevný důkazní základ, který díky 2D a 3D rekonstrukcím je srozumitelný i pro orgány činné v trestním řízení a soudní znalce z jiných oborů (Douis et al., 2025).

5.2.3 Role radiologického asistenta

Radiologický asistent představuje v multidisciplinárním týmu post-mortem diagnostiky nezastupitelný článek, jehož odpovědnost zahrnuje technickou realizaci akvizice dat i jejich předvýběr pro následnou expertízu. Tato role začíná již v předinvazivní fázi, kdy asistent koordinuje logistiku transportu těla z místa nálezu do diagnostického centra a zajišťuje hygienickou přípravu pracoviště v souladu s přísnými protokoly práce s kadávery (Tashiro et al., 2025). Na rozdíl od klinické praxe, kde je komunikace s pacientem stěžejní, se zde klade důraz na technickou preciznost a schopnost improvizace při práci s těly v různých stádiích posmrtných změn. Asistent musí být připraven na emočně náročné situace, jako jsou hnilobně rozložená těla nebo oběti rozsáhlých traumat, a dodržovat etické standardy pietního zacházení s tělesnými ostatky (Society of Radiographers, 2024). Zkušenost s těmito podmínkami je klíčová pro minimalizaci artefaktů způsobených nevhodným polohováním nebo zbytkovým materiálem, což přímo ovlivňuje diagnostickou kvalitu výstupu.

Klíčovou kompetencí asistenta je optimalizace skenovacích protokolů, které v post-mortem praxi nejsou limitovány radiačními normami platnými pro živé pacienty. Použití vyšších expozičních hodnot (např. 140–160 kV, 400–600 mAs) umožňuje dosáhnout minimálního šumu a maximálního kontrastu, což je nezbytné pro detekci subtilních fraktur, cizích těles nebo plynových kolekcí (Baxa et al., 2021). Asistent volí tloušťku řezů (0,5–1 mm) a rekonstrukční algoritmy (např. bone kernel pro skelet), přičemž bere v úvahu specifika kadáverů, jako je absence pohybu, ale přítomnost rigor mortis nebo hypostázy. Polohování těla vyžaduje časté úpravy gantry sklonu nebo manuální fixaci končetin, aby se zabránilo geometrickým zkreslením v oblasti páteře nebo pánve. Eliminace artefaktů z kovových prvků (zipy vaků, šperky) se řeší předskenovou kontrolou a volbou dual-energy CT, pokud je dostupné (Fábera, 2023). Tyto technické rozhodnutí přímo určují, zda bude dataset použitelný pro následné 3D rekonstrukce. Post-processingová fáze zvyšuje nároky na asistenta, který provádí primární multiplanární reformace (MPR), maximum intensity projections (MIP) pro cévní struktury a volume rendering (VRT) pro povrchové zranění. Tyto vizualizace slouží jako orientační mapa pro soudního lékaře, umožňují měření vzdáleností (např. délka střelného kanálu) a úhlů (směr traumatu) s přesností do 1 mm (Ebert et al., 2021). Asistent musí být obeznámen s Hounsfieldovými jednotkami pro odlišení posmrtných změn (plyn: -900 HU, hypostáza: +50–80 HU) od vitálních patologií, což vyžaduje znalost tafonomie. Hygienická odpovědnost zahrnuje dekontaminaci přístrojů po každém vyšetření, včetně dezinfekce stolu a gantry, aby se zabránilo šíření patogenů z hnilobných procesů (Society of Radiographers, 2024). V případech PMCTA asistent koordinuje perfúzi kontrastu, což zahrnuje kanylaci a monitorování tlaku, což předpokládá spolupráci s lékařem (Grabherr et al., 2016).

Rozšíření kompetencí asistenta směřuje k integraci AI nástrojů pro automatickou detekci fraktur nebo plynu, což zkracuje čas zpracování z hodin na minuty (Douis et al., 2025). V ČR, kde je obor v rané fázi, hraje asistent roli mostu mezi radiologií a soudním lékařstvím, což vyžaduje kontinuální vzdělávání (např. workshopy ISFRI). Tato role nejen zvyšuje efektivitu, ale i právní váhu nálezů díky trvalé digitální stopě, která umožňuje revizi i po letech (Baxa et al., 2021). Zkušený asistent tak přispívá k transformaci post-mortem radiodiagnostiky z experimentu na rutinní standard.

5.3 *Technické vybavení pracoviště*

Multidetektorová výpočetní tomografie (MDCT) je v současnosti klíčovým prvkem techniky používané pro post-mortem diagnostiku a je uznávána jako standard v moderní forenzní radiologii. Moderní MDCT systémy s více detekčními řadami umožňují rychlou získávání trojrozměrných dat celého těla v izotropním rozlišení, což je klíčové pro přesné 3D rekonstrukce (Baxa et al., 2021). Ideálně je CT skener umístěn přímo v prostorách soudnělékařského oddělení nebo v blízkosti pitevny, čímž se eliminuje potřeba přesunu těl do klinických částí nemocnice a zároveň se snižuje riziko kontaminace společných prostor (Fábera, 2023). Speciálně upravené forenzní CT systémy jsou často modifikovány podle potřeb práce s kadávery, například s prodlouženým vyšetřovacím stolem nebo širším gantry, což usnadňuje manipulaci s těly v neobvyklých polohách nebo v pokročilých stádiích posmrtných změn (Society of Radiographers, 2024).

Vedle CT jsou na špičkových pracovištích integrovány i další zobrazovací technologie, hlavně MR, která doplňuje limity CT při zobrazování měkkých tkání. MR s intenzitou magnetického pole 1,5 T nebo 3 T nabízí detailní pohled na strukturu orgánů, centrálního nervového systému a myokardu, což je důležité pro diagnostiku neúrazových příčin smrti (Ross et al., 2012). Součástí technického vybavení jsou stále i digitální rentgenové přístroje (skiografie), které se používají hlavně při primárním screeningu skeletu, rychlé lokalizaci projektilů, šrapnelů nebo v pediatrii při podezření na týrání dítěte (Kučerová et al., 2014). Významné postavení mají také mobilní rentgenové přístroje, vhodné pro terénní použití nebo při hromadných neštěstích, a specializovaná zařízení pro post-mortem angiografii, například perfuzní pumpy sloužící k aplikaci kontrastních látek do cévního systému (Grabherr et al., 2016; Society of Radiographers, 2024).

Pro využití diagnostického potenciálu post-mortem vyšetření je nezbytné mít moderní softwarové vybavení pro zpracování a analýzu obrazových dat. Tyto stanice jsou vybaveny nástroji, které přeměňují surová data na přehledné 2D a 3D vizualizace pomocí metod jako Volume Rendering (VRT), Shaded Surface Display (SSD) nebo Maximum Intensity Projection (MIP) (Ebert et al., 2021). Pokročilé techniky, například Cinematic Rendering, používají sofistikované algoritmy ke simulaci světelných interakcí s tkáněmi a vytvářejí tak fotorealistické obrazy, které jsou srozumitelnější pro veřejnost i soudní orgány než tradiční pitevní dokumentace (Douis et al., 2025). Softwarové nástroje také umožňují přesná měření vzdáleností a úhlů, což je klíčové při rekonstrukci střelných

kanálů, určení směru násilí nebo virtuálním spojování fragmentů kostí (Thali et al., 2007; Ebert et al., 2021).

Důležitou součástí technické infrastruktury jsou digitální systémy pro archivaci a komunikaci obrazových informací (PACS), které zajišťují bezpečné a dlouhodobé uchování získaných dat. Ukládání digitálních nálezů ve formátu DICOM umožňuje jejich opakované hodnocení později, což je klíčové při odhalení nových skutečností v trestním řízení nebo při tvorbě revizních znaleckých posudků (Society of Radiographers, 2024). PACS systémy usnadňují teleradiologickou spolupráci, kde mohou být data konzultována odborníky z různých pracovních míst bez ohledu na jejich vzdálenost, což zvyšuje objektivitu forenzních závěrů (Grabherr et al., 2016). Trvalé uchovávání datových sad umožňuje také zpětnou analýzu pomocí nově vyvinutých metod na starších případech, a tím podporuje vědecký výzkum a neustálé zlepšování kvality post-mortem diagnostiky (Baxa et al., 2021).

5.4 Standardizace postupů

Standardizace postupů v postmortálním zobrazování je klíčová pro dosažení objektivních, opakovatelných výsledků. Jasně stanovené metodiky minimalizují riziko subjektivních chyb, které by mohly vzniknout při individuálním přístupu různých pracovišť (Dedouit et al., 2025). Zavedení pevně daných pravidel zajišťuje srovnatelnost dat, což je zásadní pro jejich forenzní validaci a právní uznání (Grabherr et al., 2016). Nedostatečná standardizace na začátku rozvoje oboru vedla ke metodické odlišnosti a nedůvěře části odborné veřejnosti k výsledkům virtuálních pitev (O'Donnell & Woodford, 2008). Pouze systematická kontrola kvality zobrazení umožňuje, aby radiologické výsledky mohly sloužit jako spolehlivý a nezpochybnitelný důkaz v trestním řízení (Alafer, 2025).

Standardizované protokoly v postmortální radiodiagnostice pokrývají širokou škálu technických a organizačních parametrů. Klíčovým prvkem je přesná definice akvizičních nastavení, včetně hodnot napětí a proudu na rentgenových přístrojích, pitch faktoru nebo tloušťky rekonstruovaného řezu (Shelmerdine et al., 2019). Protože u zemřelých neplatí omezení radiační dávky, jsou protokoly navrženy tak, aby maximalizovaly prostorové rozlišení i v hloubkových strukturách (Gascho, 2025). Metodiky také stanovují závazné postupy pro správné polohování těla a eliminaci artefaktů z cizích těles, což je klíčové pro zachování důkazní kontinuity (Society of Radiographers, 2024). Nedílnou součástí

norem je i dokumentace nálezů a jasně definovaný algoritmus pro dlouhodobou archivaci digitálních dat v systémech PACS (Baxa et al., 2021).

Význam jednotných postupů přesahuje lokální pracoviště a je klíčový pro mezinárodní vědeckou a forenzní spolupráci. Harmonizovaná doporučení, jež vytvářejí organizace jako ISFRI nebo IAFR, poskytují platformu pro efektivní výměnu informací a dat mezi experty z různých jurisdikcí (Shelmerdine et al., 2019). Tato koordinace je zvláště důležitá při identifikaci obětí při hromadných neštěstích, když je nutná porovnávání postmortálních dat s dokumentací z období před smrtí podle světově uznávaných standardů (Grabherr et al., 2016). Přítomnost mezinárodně uznávaných pravidel, například doporučení Rady Evropy, posiluje vědeckou základnu oboru a usnadňuje realizaci velkých multicentrických výzkumů (Dedouit et al., 2025). Jednotná terminologie a standardizované metodiky hodnocení nálezů jsou základem pro vytvoření funkční sítě teleradiologických konzultací v soudním lékařství (O'Donnell & Woodford, 2008).

5.5 Vzdělávání a odborná příprava

Význam systematického odborného vzdělávání v post-mortem radiodiagnostice spočívá v nutnosti propojení technických aspektů moderního zobrazování s hlubokým porozuměním thanatologickým procesům. Správná interpretace nálezů u kadáverů vyžaduje specifickou znalostní základnu, která zahrnuje pokročilé radiologické techniky i základní principy soudního lékařství (O'Donnell & Woodford, 2008). Právě spojení odborných znalostí z obou disciplín je klíčové pro vytvoření platné nekro-radiologické analýzy, která slouží jako spolehlivý důkaz v trestněprávním řízení (Tashiro et al., 2025).

Současná formální příprava odborníků zahrnuje široké spektrum edukačních aktivit, od certifikovaných kurzů po magisterské postgraduální programy (Society of Radiographers, 2024). Příkladem mezinárodně uznávané vzdělávací platformy jsou semináře pořádané pod záštitou výzkumných center, například projekt Virtopsy, nabízející teoretické a praktické moduly zaměřené na virtuální pitvu, biopsii s CT kontrolou a postmortální angiografii (Bolliger & Thali, 2015). Důležitou roli ve sdílení nejnovějších vědeckých poznatků a kontinuálním vzdělávání hrají mezinárodní společnosti, například ISFRI, které prostřednictvím odborných fór přispívají k harmonizaci vyšetřovacích standardů a metodik (Shelmerdine et al., 2019). Systematická příprava by měla být nedílnou součástí

pregraduální výuky radiologických asistentů, aby byla zajištěna jejich budoucí schopnost pracovat v multidisciplinárních forenzních týmech (Tashiro et al., 2025).

Osvojení praktických zkušeností při hodnocení post-mortem obrazové dokumentace je klíčové, protože interpretační schémata se ve významných aspektech liší od těch v běžné klinické radiologii. Diagnostici, kteří pracují pouze s klinickou praxí u živých pacientů, jsou bez speciálního tréninku vystaveni vysokému riziku chybné interpretace fyziologických změn po smrti jako patologických jevů (O'Donnell & Woodford, 2008). Příkladem je vnitřní hypostáza v plicním parenchymu, která může věrně napodobit obraz aspirační pneumonie nebo plicního edému, a bez hlubší znalosti thanatologie může vést k nesprávným forenzním závěrům (Grabherr et al., 2016). Praktická příprava by proto měla probíhat formou stáží na specializovaných pracovištích, kde je kladen důraz na pečlivou korelaci mezi radiologickým nálezem a následným pitevním ověřením (Society of Radiographers, 2024).

Budoucí rozvoj a širší zavádění metod sekčního zobrazování do běžné praxe závisí na fungujícím kontinuálním vzdělávacím systému. Rozšiřování odborných znalostí v oblasti pokročilého 3D post-procesingu, umělé inteligence a technik posmrtné angiografie umožňuje neustále zvyšovat přesnost diagnostiky virtuální pitvy (Alafer, 2025). Vyšší kvalita vzdělání odborníků nejen zefektivňuje forenzní vyšetřování, ale také posiluje důvěru justice v objektivitu těchto moderních, neinvazivních metod (Dedouit et al., 2025). Pouze personál s vysokou technickou i medicínskou znalostí, který umí kriticky hodnotit technologický pokrok a specifika práce s kadávery, může efektivně přispět k modernizaci soudního lékařství a k přesunu vyšetřovacích metod na digitální dokumentaci (Tashiro et al., 2025).

6 Současný stav a implementace post-mortem radiodiagnostiky

Integrace metod sekčního zobrazování do posmrtného vyšetřování prochází celosvětovou transformací, která významně doplňuje tradiční forenzní postupy. Tento trend je v posledních letech zrychlen hlavně kvůli rychlému rozvoji technologií CT a MR, stejně jako rostoucímu zájmu o neinvazivní diagnostické metody (Alafer, 2025). Udržení integrity těla zesnulého podporuje zavádění těchto technik jako standardního nástroje pro objektivní a digitálně archivovatelné dokumentace nálezů (Gascho, 2025). Možnost nahlédnout do vnitřních struktur organismu bez narušení tkání představuje krok k pokročilé medicíně založené na přesných datech, což odpovídá současným trendům ve

forenzních vědách (Dedouit et al., 2025). Rostoucí společenská i náboženská podpora neinvazivních procedur dále motivuje pracoviště k jejich začlenění do běžné praxe (Bolliger & Thali, 2015).

6.1 Globální rozšíření post-mortem zobrazovacích metod

Míra využití postmortálního zobrazování v praxi značně kolísá podle geografické oblasti a jurisdikce. V zemích jako Švýcarsko, Japonsko nebo Austrálie jsou tyto metody běžné a někdy i hlavní součástí vyšetřovacího procesu, zatímco v jiných státech je jejich použití omezené nebo výzkumné (Grabherr et al., 2016). Rozšíření závisí hlavně na dostupnosti nákladné zobrazovací techniky, organizačním uspořádání zdravotnického a soudnělékařského systému a legislativních podmínkách daného státu (Gascho, 2025). V zemích s centralizovanou strukturou forenzních služeb a dobrým technickým zázemím je zavádění těchto novinek rychlejší, zatímco v regionech s omezenými rozpočty a nedostatkem odborných standardů je zavádění pomalejší (Alafer, 2025). Právní požadavky na pitevní procedury a role radiologa v posmrtném vyšetření také ovlivňují rozdíly mezi pracovišti (O'Donnell & Woodford, 2008).

6.2 Technologický rozvoj a nové diagnostické přístupy

Význam postmortálních zobrazovacích metod stále roste, zvláště díky rozvoji virtuální pitvy a pokročilých vizualizačních technologií. Nové standardy pro detailní analýzu traumatických i chronických změn přinesl projekt Virtopsy, který kombinuje MDCT, MR a 3D povrchové skenování (Dirnhofer et al., 2006). Moderní techniky, jako Cinematic Rendering nebo 3D tisk, umožňují vytvářet srozumitelné a názorné rekonstrukce, které se uplatňují nejen při plánování invazivních zákroků, ale také jako věrohodný důkaz v soudním řízení (Ebert et al., 2021). Další rozvoj umělé inteligence, například pro automatickou identifikaci patologií nebo zdokonalení metod posmrtné angiografie, slibuje zvýšení přesnosti a objektivity forenzní diagnostiky (Douis et al., 2025). Tento technologický pokrok potvrzuje, že radiodiagnostika post-mortem už není jen doplňkem, ale stabilním pilířem moderní dokumentace příčin smrti (Dedouit et al., 2025).

6.3 Situace v zahraničí

Na špičkových zahraničních pracovištích dosáhla post-mortem radiodiagnostika úrovně, kdy se stala nedílnou součástí standardních vyšetřovacích protokolů. Švýcarsko si udržuje pozici lídra díky projektu Virtopsy, který již od roku 2003 implementuje pokročilé

techniky, jako je vícefázová post-mortem angiografie (Thali et al., 2007). Tento model umožňuje detailní zobrazení cévního systému, což je klíčové pro diagnostiku kardiovaskulárních úmrtí, která jsou při nativním CT obtížně prokazatelná. Ve Velké Británii je kladen značný důraz na pediatriickou forenzní radiologii, kde neinvazivní PMCT v mnoha případech plnohodnotně nahrazuje sekci u případů, kde pozůstalí invazivní zákrok odmítají (Society of Radiographers, 2024).

Japonský model je specifický rozsáhlým uplatněním konceptu „Autopsy Imaging“ (Ai), který těží z vysoké hustoty CT přístrojů v zemi. Tato strategie umožňuje provádět screeningový post-mortem scan i u úmrtí mimo velká univerzitní centra, čímž se daří objasňovat příčiny smrti u širší populace (Tashiro et al., 2025). Mezinárodní koordinaci těchto aktivit zajišťuje společnost ISFRI, která publikuje standardizované protokoly pro dospělou i dětskou radiologii (Shelmerdine et al., 2019). Tyto globální standardy přispívají k harmonizaci forenzní praxe a umožňují teleradiologickou spolupráci napříč kontinenty, což zvyšuje objektivitu a přezkoumatelnost nálezů v mezinárodním právním kontextu.

6.4 Situace v České republice

V České republice zaznamenává post-mortem radiodiagnostika v posledních desetiletích postupný rozvoj, který je úzce spojen s technologickou modernizací vybraných ústavů soudního lékařství. Průkopnickou roli zastává pracoviště v Hradci Králové, kde byla první aplikace CT pro forenzní účely popsána již v roce 1993 a od roku 2015 je zde PMCT skenování využíváno u indikovaných případů systematicky (Kučerová et al., 2014). Dalším významným centrem je Laboratoř forenzní radiologie v Plzni, která koordinuje spolupráci mezi radiology a soudními lékaři se zaměřením na pokročilé zobrazování traumat (Baxa et al., 2021). Tyto instituce vytvářejí základnu pro výzkum i praktickou aplikaci virtuální pitvy v tuzemských podmínkách.

Zásadní milník představuje rok 2021, kdy byl v Nemocnici České Budějovice zprovozněn dedikovaný CT přístroj umístěný přímo v prostorách pitevního traktu (Fábera, 2023). Toto řešení eliminuje logistické a hygienické bariéry spojené s transportem těl do klinických částí nemocnice a umožňuje provádět virtuální pitvu bezprostředně před invazivním výkonem. Ačkoli se počet vyšetření PMCT v České republice každoročně zvyšuje, metoda zatím není plošně implementována na všechna soudnělékařská oddělení. Aktuálně probíhá snaha o hlubší integraci metod do vzdělávání radiologických asistentů

a lékařů, což je nezbytným předpokladem pro další rozvoj oboru (Pohlová Kučerová et al., 2025).

6.5 Bariéry implementace

Širší začlenění metod sekčního zobrazování do post-mortem praxe naráží na legislativní a technické překážky, které omezují jejich plošné využití. Český právní rámec, reprezentovaný především zákonem č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách, definuje pitvu jako invazivní mechanický zásah, což komplikuje uznání radiologického nálezu jako plnohodnotného důkazu bez následné sekce (Kučerová et al., 2014). Panuje rovněž nejistota ohledně ochrany citlivých digitálních dat a zachování důkazního řetězce v prostředí systémů PACS. Tato legislativní rigidita brání širšímu využití virtuální pitvy v případech, kdy by neinvazivní technika mohla jednoznačně určit příčinu smrti i bez porušení integrity těla (Gascho, 2025).

Ekonomické a organizační faktory představují druhou zásadní skupinu bariér. Pořízení moderního CT či MR přístroje vyžaduje investice v řádech desítek milionů korun, což je pro rozpočty většiny soudnělékařských institucí bez státní podpory nedostupné (Gascho, 2025). Využívání klinických skenerů na běžných radiologických odděleních zase přináší rizika kontaminace a omezuje dostupnost přístroje pro živé pacienty (Society of Radiographers, 2024). Vedle techniky je kritickým faktorem také nedostatek personálu specializovaného na forenzní radiologii; bez cíleného vzdělávání v rozpoznávání posmrtných artefaktů hrozí záměna dekompozičních změn za vitální trauma, což by mohlo vést k fatálním justičním omylům (O'Donnell & Woodford, 2008).

7 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vytvoření e-learningového výukového programu zaměřeného na radiodiagnostiku post-mortem. Za účelem naplnění tohoto cíle zahrnuje bakalářská práce literární přehled, ve kterém jsou analyzovány možnosti využití zobrazovacích metod v post-mortem diagnostice a popsána problematika forenzní radiologie se zaměřením na virtuální pitvu.

Na základě získaných teoretických poznatků je v praktické části vytvořen výukový materiál ve formě e-learningového programu zpracovaného v aplikaci Goodnotes. Tento materiál je určen především studentům zdravotnických oborů, zejména radiologickým asistentům, a jeho cílem je přehlednou a srozumitelnou formou zprostředkovat danou problematiku, která je v současnosti pokryta omezeným množstvím kvalitních výukových zdrojů.

8 Metodika

Bakalářská práce je koncipována jako práce teoreticko-praktická a je rozdělena do dvou hlavních částí. Teoretická část je zaměřena na problematiku zobrazovacích metod využívaných v post-mortem diagnostice. Pozornost je věnována zejména rentgenovému vyšetření, výpočetní tomografii, CT angiografii, magnetické rezonanci, ultrazvuku a dalším doplňkovým metodám, které mohou být v posmrtné diagnostice využity. Součástí teoretické části je rovněž vymezení pojmu forenzní radiologie a vysvětlení principu virtuální pitvy, včetně jejího provedení, možností využití a nejčastějších indikací.

V rámci teoretické části jsou dále popsány specifické posmrtné změny, které mohou ovlivnit interpretaci zobrazovacích nálezů, a také artefakty vznikající při vyšetření zemřelého. Zpracována je rovněž problematika legislativních a etických aspektů post-mortem diagnostiky. Práce se současně věnuje i aktuálnímu stavu využití zobrazovacích metod v post-mortem diagnostice v České republice i v zahraničí, s cílem poukázat na možnosti, přínosy a limity jejich aplikace v soudnělékařské a zdravotnické praxi.

Praktická část bakalářské práce spočívá ve vytvoření výukového materiálu v aplikaci Goodnotes, který je určen především studentům zdravotnických oborů, zejména studentům oboru radiologický asistent. Tento materiál byl navržen jako přehledná a didakticky zpracovaná studijní pomůcka, která usnadňuje orientaci v dané problematice a zpřístupňuje téma post-mortem diagnostiky srozumitelnou formou. Obsah výukového materiálu vychází z poznatků uvedených v teoretické části práce a je doplněn o obrazovou dokumentaci, schémata a přehledné shrnující prvky, které podporují lepší pochopení učiva. Plná verze výukového programu je vložena do e-learningu Moodle ZSF JU.

9 Výsledky

Plná verze výukového programu vytvořeného v aplikaci Goodnotes je vložena do e-learningu Moodle ZSF JU ve formátu PDF.

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo přiblížit problematiku post-mortem radiodiagnostiky a zpracovat ji do podoby srozumitelného výukového materiálu pro studenty zdravotnických oborů. Tento cíl byl naplněn jak po stránce teoretické, tak praktické.

Na základě zpracované literatury lze konstatovat, že zobrazovací metody představují významný nástroj v post-mortem diagnostice. Jejich přínos spočívá především v možnosti neinvazivního vyšetření těla, dokumentace nálezů a jejich opakovaného hodnocení. Virtuální pitva se v tomto kontextu ukazuje jako perspektivní metoda, která doplňuje klasickou pitvu, avšak v současné době ji zcela nenahrazuje.

Zároveň je nutné zdůraznit, že interpretace post-mortem obrazů je specifická a vyžaduje znalost posmrtných změn a možných artefaktů. Tyto faktory mohou významně ovlivnit diagnostický závěr a je proto nezbytné k nim při hodnocení nálezů přistupovat s opatrností.

Vytvoření výukového materiálu reaguje na omezenou dostupnost studijních podkladů v této oblasti a představuje přehlednou pomůcku, která může usnadnit pochopení dané problematiky. Přínosem práce je zejména propojení teoretických poznatků s praktickým výstupem využitelným ve výuce.

Do budoucna lze očekávat další rozvoj post-mortem zobrazovacích metod, zejména v souvislosti s technologickým pokrokem a rostoucím důrazem na neinvazivní diagnostické postupy.

Seznam literatury

1. Alafer, F. (2025). Emerging Imaging Technologies in Forensic Medicine: A Systematic Review of Innovations, Ethical Challenges, and Future Directions. *Diagnostics*, 15(11), 1410. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15111410>
2. Ampanozi, G., Hatch, G. M., Flach, P. M., & Thali, M. J. (2021). Imaging of gunshot injuries in forensic radiology. *Forensic Science, Medicine and Pathology*. <https://doi.org/10.1007/s12024-021-02581>
3. Arthurs, O. J., Taylor, A. M., & Sebire, N. J. (2015). Indications, advantages and limitations of perinatal postmortem imaging in clinical practice. *Pediatric Radiology*, 45(4), 491–500. <https://doi.org/10.1007/s00247-014-3165-z>
4. Baxa, J., Vendiš, T., Dvořák, M., Pažinová, J., Řehulka, H., Hrubý, P., Ludvík, J., & Ferda, J. (2021). Post-mortem CT vyšetření – stručný návod a souhrn zkušeností. *Česká radiologie*, 75(3), 197–206.
5. Bolliger, S. A., & Thali, M. J. (2015). Imaging and virtual autopsy: looking back and forward. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1674), 20140253. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0253>
6. Bolliger, S. A., Filograna, L., Spendlove, D., Thali, M. J., Dirnhofer, S., & Ross, S. (2010). Postmortem imaging-guided biopsy as an adjuvant to minimally invasive autopsy with CT and postmortem angiography: A feasibility study. *American Journal of Roentgenology*, 195(5), 1051–1056. <https://doi.org/10.2214/AJR.10.4600>
7. Brogdon, B. G., Thali, M. J., & Viner, M. D. (Eds.). (2011). *Brogdon's forensic radiology* (2. vyd.). CRC Press.
8. Dedouit, F., Ducloyer, M., Elifritz, J., Adolphi, N. L., Wong, G. Y.-L., Decker, S., Ford, J., Kolev, Y., & Thali, M. (2025). The current state of forensic imaging – post mortem imaging. *International Journal of Legal Medicine*, 139, 1141–1159. <https://doi.org/10.1007/s00414-025-03461-x>
9. Dirnhofer, R., Jackowski, C., Vock, P., Potter, K., & Thali, M. J. (2006). VIRTOPSY: Minimally Invasive, Imaging-guided Virtual Autopsy. *RadioGraphics*, 26(5), 1305–1333. <https://doi.org/10.1148/rg.265065001>
10. Dulić, G., Čandrlić, K., Blažeković, R., Šego, K., Gašparović, H., Šarić, G., & Čandrlić-Kalajdžić, J. (2007). Pulmonary embolism caused by a migrated gunshot projectile. *Collegium Antropologicum*, 31(2), 629–631.

11. Douis, N., Marchand, E., Wary, G., Gillet, R., Kolopp, M., Blum, A., & Martrille, L. (2025). 3D post-processing in postmortem forensic imaging: Techniques, applications, and future directions. *Diagnostic and Interventional Imaging*, 106(6), 337–344. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2025.05.007>
12. Ebert, L. C., Franckenberg, S., Sieberth, T., Schweitzer, W., Thali, M., Ford, J., & Decker, S. (2021). A review of visualization techniques of post-mortem computed tomography data for forensic death investigations. *International Journal of Legal Medicine*, 135(5), 1855–1867. <https://doi.org/10.1007/s00414-021-02581-4>
13. Fábera, M. (2023). Forezní radiologie – virtuální pitva. *Nemocniční zpravodaj Nemocnice České Budějovice*, (únor), 34–37.
14. Flach, P. M., Gascho, D., Schweitzer, W., Ruder, T. D., Berger, N., Ross, S. G., Thali, M. J., & Ampanozi, G. (2014). Imaging in forensic radiology: An illustrated guide for postmortem computed tomography technique and protocols. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 10(4), 583–606. <https://doi.org/10.1007/s12024-014-9555-6>
15. Gascho, D. (2025). VIRTual autOPSY – applying CT and MRI for modern forensic death investigations. *Frontiers in Radiology*, 5, 1557636. <https://doi.org/10.3389/fradi.2025.1557636>
16. Grabherr, S., Djonov, V., Yen, K., Thali, M. J., & Dirnhofer, R. (2007). Postmortem Angiography: Review of Former and Current Methods. *American Journal of Roentgenology*, 188(3), 832–838. <https://doi.org/10.2214/AJR.06.0787>
17. Grabherr, S., Grimm, J., Dominguez, A., Vanhaebost, J., & Mangin, P. (2012). Advances in post-mortem CT-angiography. *British Journal of Radiology*, 87(1036), 20130488. <https://doi.org/10.1259/bjr.20130488>
18. Grabherr, S., Baumann, P., Minoiu, C., Fahrni, S., & Mangin, P. (2016). Post-mortem imaging in forensic investigations: current utility, limitations, and ongoing developments. *Research and Reports in Forensic Medical Science*, 6, 25–37. <https://doi.org/10.2147/RRFMS.S93974>
19. Heřman, M. a kol. (2014). *Základy radiologie*. Univerzita Palackého v Olomouci.
20. Hyodoh, H., Takeuchi, A., Matoba, K., Murakami, M., Matoba, T., Saito, A., & Jin, S. (2022). Objective skull fracture evaluation by using the postmortem 3D-CT skull fracture score in fatal falls. *Legal Medicine*, 56, 102048. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2022.102048>

21. Kučerová, Š., Šafr, M., Ublová, M., Urbanová, P., & Hejna, P. (2014). Využití RTG vyšetření v soudním lékařství. *Soudní lékařství*, 59(3), 34–38.
22. Malíková, H. a kol. (2022). *Základy radiologie a zobrazovacích metod* (2. vyd.). Karolinum.
23. Michaud, K., Grabherr, S., Doenz, F., Yen, K., Palmiere, C., Mangin, P., & Jackowski, C. (2012). Evaluation of post-mortem CT angiography for the investigation of sudden cardiac death. *International Journal of Legal Medicine*, 126, 593–601. <https://doi.org/10.1007/s00414-012-0683-6>
24. O'Donnell, C., & Woodford, N. (2008). Post-mortem radiology – a new subspeciality? *Clinical Radiology*, 63(11), 1189–1194. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2008.05.008>
25. Pelberg, R. (2015). Basic principles in computed tomography (CT). In *Cardiac CT angiography manual* (pp. 19–58). Springer.
26. Pohlová Kučerová, Š., Kovařík, D., Rejtar, P., Draganovičová, J., Volt, M., Břízová, P., Pojar, M., Mandák, J., & Hejna, P. (2025). Celotělová post mortem CT angiografie (PMCTA): technické poznámky. *Soudní lékařství*, 70(1), 4–8.
27. Ross, S., Spendlove, D., Bolliger, S., Christe, A., Oesterhelweg, L., Grabherr, S., Thali, M. J., & Gygax, E. (2008). Postmortem Whole-Body CT Angiography: Evaluation of Two Contrast Media Solutions. *American Journal of Roentgenology*, 190(5), 1380–1389. <https://doi.org/10.2214/AJR.07.3082>
28. Ross, S., Ebner, L., Flach, P., Brodhage, R., Bolliger, S. A., Christe, A., & Thali, M. J. (2012). Postmortem Whole-Body MRI in Traumatic Causes of Death. *American Journal of Roentgenology*, 199(6), 1186–1192. <https://doi.org/10.2214/AJR.12.8767>
29. Ross, S. G., Bolliger, S. A., Ampanozi, G., Oesterhelweg, L., Thali, M. J., & Flach, P. M. (2014). Postmortem CT angiography: capabilities and limitations in traumatic and natural causes of death. *RadioGraphics*, 34(3), 830–846. <https://doi.org/10.1148/rg.343115169>
30. Ruder, T. D., Thali, M. J., & Hatch, G. M. (2014). Essentials of forensic post-mortem MR imaging in adults. *British Journal of Radiology*, 87(1036), 20130567. <https://doi.org/10.1259/bjr.20130567>
31. Rutty, G. N. (2024). What has post-mortem computed tomography ever done for forensic pathology? Part deux. *Diagnostic Histopathology*, 31(1), 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.mpdhp.2024.05.005>

32. Saukko, P., & Knight, B. (2004). *Knight's Forensic Pathology* (3. vyd.). Hodder Arnold.
33. Seidl, Z. a kol. (2012). *Radiologie pro studium i praxi*. Grada.
34. Shelmerdine, S. C., Gerrard, C. Y., Rao, P., Lynch, M., Kroll, J., Martin, D., Miller, E., Filograna, L., Martinez, R. M., Ukpo, O., Daly, B., Hyodoh, H., Johnson, K., Watt, A., Taranath, A., Brown, S., Perry, D., Boel, L. W. T., Borowska-Solonyanko, A., van Rijn, R., Klein, W., Whitby, E., & Arthurs, O. J. (2019). Joint European Society of Paediatric Radiology (ESPR) and International Society for Forensic Radiology and Imaging (ISFRI) guidelines: paediatric postmortem computed tomography imaging protocol. *Pediatric Radiology*, 49(5), 694–701. <https://doi.org/10.1007/s00247-018-04340-x>
35. Shkrum, M. J., & Ramsay, D. A. (2007). *Forensic Pathology of Trauma: Common Problems for the Pathologist*. Humana Press.
36. Society of Radiographers. (2024). *Forensic and Post-Mortem Radiography Guidance* (1. vyd.). SOR.
37. Solomon, N., Elifritz, J., Adolphi, N. L., Decker, S. J., Filograna, L., Kroll, J. J. F., Gascho, D., Thali, M. J., Gosangi, B., Sanchez, H., Revzin, M. V., & Sinusas, A. J. (2025). Postmortem CT: Applications in clinical and forensic medicine. *RadioGraphics*, 45(6), e240192. <https://doi.org/10.1148/rg.240192>
38. Soni, N., & Husain, M. (2017). Diffusion-tensor imaging and tractography application in pre-operative planning of intra-axial brain lesions. *Cureus*, 9(10), e1739. <https://doi.org/10.7759/cureus.1739>
39. Štefan, J., & Hladík, J. (2012). *Soudní lékařství a jeho moderní trendy*. Grada.
40. Tashiro, K., Kobayashi, T., Kaga, K., Saitou, H., Nakayama, J., Akama, T., Yoshida, M., Igari, N., Takebayashi, H., & Hayakawa, H. (2025). Radiological Technologists in Forensic Practice: Multidisciplinary Innovations in Postmortem Imaging at a Non-University Autopsy Center. *The South African Radiographer*, 63(2), 71–72.
41. Thali, M. J., Yen, K., Schweitzer, W., Vock, P., Boesch, C., Ozdoba, C., Spielvogel, E., & Dirnhofer, R. (2003). Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) – a feasibility study. *Journal of Forensic Sciences*, 48(2), 386–403.

42. Thali, M. J., Jackowski, C., Oesterhelweg, L., Ross, S. G., & Dirnhofer, R. (2007). VIRTOPSY – the Swiss virtual autopsy approach. *Legal Medicine*, 9(2), 100–104.
<https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2006.11.011>
43. Vester, M. E. M., van Rijn, R. R., Duijst, W. L. J. M., Beenen, L. F. M., Clerkx, M., & Oostra, R. J. (2020). Added value of post-mortem computed tomography (PMCT) to clinical findings for cause of death determination in adult “natural deaths”. *International Journal of Legal Medicine*, 134(4), 1457–1463.
<https://doi.org/10.1007/s00414-019-02219-6>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Rentgen hrudníku zobrazující střelu ve střední zóně pravé části hrudníku v blízkosti hilu pravé plíce (Dulić et al., 2007)	13
Obrázek 2: Obrázek znázorňující hlavní součásti CT přístroje, včetně gantry, rentgenky, pole detektorů a stolu sloužícího k posunu vyšetřovaného objektu (Pelberg, 2015).....	14
Obrázek 3: Post-mortem CT vyšetření hlavy (Flach et al., 2014).	15
Obrázek 4: Post-mortem CT angiografie zobrazená ve 3D pomocí techniky cinematic rendering (Gascho, 2025).	17
Obrázek 5: MR zobrazení mozku s využitím difuzního tenzorového zobrazení (DTI) (Soni & Husain., 2017).	18
Obrázek 6: Post-mortem CT 3D rekonstrukce oblasti hlavy a krku (Ampanozi et al., 2021).	20
Obrázek 7: Tělo zemřelého v transportním pytli během post-mortem CT vyšetření v rámci virtuální pitvy (Vester et al., 2019)	23
Obrázek 8: Porovnání zevního nálezu těla a zobrazení pomocí post-mortem CT vyšetření (Solomon et al., 2025).....	24

Seznam zkratek

2D – dvojrozměrný

3D – trojrozměrný

Ai – Autopsy Imaging (posmrtné zobrazování)

CT – výpočetní tomografie

ČR – Česká republika

DICOM – Digital Imaging and Communications in Medicine (standard pro digitální zobrazování a komunikaci v medicíně)

DTI – Diffusion Tensor Imaging (difuzní tenzorové zobrazení)

DVI – Disaster Victim Identification (identifikace obětí hromadných neštěstí)

ESPR – European Society of Paediatric Radiology (Evropská společnost pro pediatriickou radiologii)

HU – Hounsfieldovy jednotky

IAFR – International Association of Forensic Radiographers (Mezinárodní asociace forenzních radiografů)

ISFRI – International Society of Forensic Radiology and Imaging (Mezinárodní společnost pro forenzní radiologii a zobrazování)

MDCT – multidetektorová výpočetní tomografie

MHz – megahertz

MIP – Maximum Intensity Projection (projekce maximální intenzity)

MPR – multiplanární reformace

MR – magnetická rezonance

MSCT – Multislice Computed Tomography (víceřadová výpočetní tomografie)

PACS – Picture Archiving and Communication System (systém pro archivaci a přenos obrazové dokumentace)

PMCT – post-mortem výpočetní tomografie

PMCTA – post-mortem výpočetní tomografická angiografie

PMMR – post-mortem magnetická rezonance

RTG – rentgen

Sb. – Sbírka zákonů

SSD – Shaded Surface Display (stínované povrchové zobrazení)

TWGPAM – Technical Working Group Post-mortem Angiography Methods (technická pracovní skupina pro metody posmrtné angiografie)

VR – virtuální realita

VRT – Volume Rendering Technique (technika objemového renderování)