



**Karolinska
Institutet**

CLINTEC
Sektionen för radiografi
Examensarbete,
15 Högskolepoäng
Höstterminen 2009

Virtuella obduktioner: datortomografi inom rättsmedicin

Virtual autopsy: computed tomography in forensic medicine

Reviderat den 13 januari 2010

Författare: Gvendolina Svjatoha
Irina Tomescu

Handledare: Charlotte Palmkvist
Parvin Tavakol

Titel: Virtuella obduktioner: datortomografi inom rättsmedicin

Författare: Gvendolina Svjatocha och Irina Tomescu

Universitetstillhörighet: Röntgensjuksköterskeprogrammet vid Karolinska Institutet

Examensarbetets nivå: C-nivå, 15 poäng

Årtal: HT 2009

Sammanfattning

Detta examensarbete genomfördes i form av en litteraturstudie. Studien jämförde diagnostikens precision mellan virtuella obduktioner med DT och konventionella rättsmedicinska obduktioner. Jämförelserna presenterades utifrån de vanligast förekommande dödsorsakerna vid rättsmedicinska utredningar t ex drunkning, skottskada, multitrauma, brännskada etc. Resultaten av de konventionella rättsmedicinska obduktionerna jämfördes med DT-fynd. Genom att granska och analysera jämförande studier publicerade mellan 1992 till 2009 kunde DT:s svagheter och styrkor fastställas. En analys gjordes om hur DT:s tekniska parametrar och 3D-rekonstruktioner kunde påverka den postmortal diagnostikens precision. Studiens resultat visade DT:s höga sensitivitet när det handlade om gasansamlingar, ben- och metallfragment. Mjukdelsskador och blödningar kunde visualiseras sämre på DT. Metodens icke invasiva utförandeform visade sig vara en stor fördel jämfört med den konventionella obduktionen i fall då det fanns en risk för infektion. Andra radiografiska metoder som kunde tillämpas vid rättsmedicinska utredningar presenterades i arbetet. En personidentifiering med hjälp av dubbelenergi DT beskrevs samt visades hur offrets kön och ålder kunde fastställas. Postmortal angiografier och mikro-DT presenterades i form av en översikt för att ge en bild på DT:s minimalt invasiva diagnostiska möjligheter.

Golden standard för denna studie var en konventionell rättsmedicinsk obduktion.

Nyckelord: virtuell obduktion, rättsmedicinsk obduktion, postmortal DT-undersökning.

Title: Virtual autopsy: computed tomography in forensic medicine

Authors: Gvendolina Svjatoha and Irina Tomescu

University belonging: Röntgensjuksköterskeprogrammet, Karolinska Institutet

Essay level: C-level, 15 points

Year: AT 2009

Abstract

This study was performed as a literature review. The study compared the diagnostic precision between virtual autopsy with CT and conventional forensic autopsy. The correlations were presented by reviewing the most frequent causes of death in forensic investigations such as drowning, gunshot wound, multi-trauma, burn, etc. The results of the conventional forensic autopsies were compared with CT findings. By studying and analyzing comparative studies from 1992 to 2009 weak points and strengths of the CT were determined. An analysis was performed relating to how the CT's technical parameters and 3D reconstructions could affect the post-mortem diagnostic precision. The study demonstrated CT's high sensitivity to gas collections, bone and metal fragments. Soft tissue damages and bleedings visualized less good on CT. This non-invasive method proved to have a great advantage compared with the conventional autopsy in cases with a risk of infection. Other radiographic techniques, which could be applied in forensic investigations, were presented in this study. A personal identification by means of dual energy CT was described and it was demonstrated how the determination of the victim's gender and age could be implemented. Post-mortem angiography and micro CT were presented as an overview to show the minimally invasive diagnostic possibilities of the CT.

The Golden standard for this study was a conventional forensic autopsy.

Keywords: virtual autopsy, forensic autopsy, post-mortem CT examination.

Innehållsförteckning

1. Inledning	5
2. Bakgrund	5
2.1. Datortomografi	5
2.2. Rättsmedicin	6
2.3. Obduktion	7
2.4. Virtuella obduktioner	7
2.5. Virtuella obduktioner i Sverige	8
2.6. Pågående forskning inom området	8
3. Syfte	9
3.1. Frågeställning	9
4. Material och metod	9
4.1. Datainsamling	9
4.2. Urvalskriterier	10
4.3. Dataanalys	10
5. Resultat	11
5.1. Drunkning	11
5.1.1. Virtuell vs konventionell obduktion	11
5.2. Skottkada	11
5.2.1. Virtuell vs konventionell obduktion	12
5.3. Multitrauma	12
5.3.1. Virtuell vs konventionell obduktion	13
5.4. CNS-skada	13
5.4.1. Virtuell vs konventionell obduktion	13
5.5. Brännskada	14
5.5.1. Virtuell vs konventionell obduktion	14
5.6. Streptococcus grupp A infektion	14
5.6.1. Virtuell vs konventionell obduktion	14
5.7. DT:s styrkor och svagheter	15
5.7.1. DT:s styrkor	15
5.7.2. DT:s svagheter	16
5.8. Teknikens betydelse	17
5.9. Specifika radiografiska metoder	17
5.9.1. Postmortal angiografi	17
5.9.2. Personidentifiering	18
5.9.3. Mikro-DT	19
6. Diskussion	20
6.1. Metoddiskussion	20
6.2. Resultatdiskussion	20
8. Referenser	22
9. Bilaga 1	24

1. Inledning

Sedan upptäckten av röntgenstrålningen 1895 har många radiografiska metoder utvecklats och medicinsk bildtagning har blivit en viktig del av modern diagnostik (Dirnhofer et al, 2006). Idag finns det samlad kunskap om kompetensutveckling inom radiografi eller medicinsk bildtagning på levande individer. Mycket forskning har genomförts och vetenskapliga artiklar har skrivits om stråldoser och risker. Gamla metoder inom radiografi har utvecklats och nya modaliteter har skapats. Ett område där forskningen inte hunnit lika långt däremot är diagnostisk radiografi på avlidna (a.a.). För att säkerställa en dödsorsak kan diagnostisk bildtagning vara ett komplement till den traditionella obduktionen. De radiologiska modaliteter som främst används på avlidna vid forskning idag är multidetektor datortomografi (DT) och magnetisk resonanstomografi (MRT). Genom att studera tidigare skrivna C-uppsatser på KI:s bibliotek har vi upptäckt att det finns ett stort antal studier som beskriver DT-teknik och olika slags DT-undersökningars användning vid diagnostik av sjukdomar. Däremot finns det ingen studie som visar hur DT kan användas inom rättsmedicin. Dessutom berörs inte detta område under utbildningstiden på KI:s röntgensjuksköterskeprogram vilket gör det här arbetet befogat och förstärker vår vilja att granska litteratur och genomföra en studie. Syftet med examensarbetet är att göra en jämförande studie mellan virtuella obduktioner med datortomografi och konventionella rättsmedicinska obduktioner.

2. Bakgrund

2.1. Datortomografi

Datortomografi (DT) är en radiografisk undersökningsmetod som har funnits inom medicinsk diagnostik sedan 70-talet (Isaksson, 2007). Ett röntgenrör roterar runt kroppen och röntgenstrålningen passerar ett snitt av materia från olika riktningar. Fotonerna som passerat snittet har antingen registrerats i detektorn eller attenuerats (dämpats) i materialet de passerat. Förmågan att dämpa strålningen varierar beroende på vävnadens täthet. *Hounsfield unit* (HU) används som en enhet inom DT för att presentera olika vävnaders attenueringsförmåga och beräknas av attenueringskoefficienterna genom en ekvation. Vattnets attenueringskoefficient är lika med noll därför tas den som referens. Genom att varje vävnadstyp får sitt HU-värde och en motsvarande gråskalenyans skapas det en tvådimensionell tvärsnittsbild. Ju högre vävnadens HU-värde är desto ljusare nyans får vävnaden på bilden. HU-skalans värden ligger mellan -1000 HU för luft (är svart på bilden) och 1000 HU för benvävnad (vitt på bilden).

De första datortomograferna kunde producera endast en bild per rotation och kallades för *single slice* DT. De mest användbara datortomograferna idag gör 64 bilder per rotation och kallas för *multislice*. Förutom transversella bilder (tvärsnittsbilder) är det möjligt att rekonstruera även koronala och sagittala bildprojektioner med hjälp av rådata. I dag används det även tredimensionella bildrekonstruktioner för att underlätta diagnostiken och synliggöra vissa anatomiska strukturer (Isaksson, 2007).

DT-angiografi är en DT-metod där ett vattenlösligt kontrastmedel injiceras i blodbanan för att synliggöra den. Detta blir möjligt eftersom kontrastmedlet innehåller ett högattenuerat ämne (jod). På avlidna används fettlösliga jodkontrastmedel baserade på diesel- och paraffinolja eftersom vattenlösliga kontrastmedel inte håller sig i blodkärlen utan sprids till närliggande vävnader (Grabherr et al, 2008).

Mikro-DT är en DT-metod inom rättsmedicin där det är möjligt att undersöka vävnadsfragment som är 4-40 mm stora i diameter. Med denna metod kan 3D-volymer avbildas med isotropisk upplösning (voxelns samtliga sidors storlek är lika med) 10-100 µm (Dirnhofer, Jackowski, Vock, Potter & Thali, 2006).

Dubbelenergi-DT (DEDT) är en DT-apparat med två röntgenrör. En stor fördel med användning av DEDT är att olika kV-parametrar kan ställas in på varje röntgenrör. Detta gör att fotonernas genomträngningsförmåga anpassas till olika vävnaders förmåga att dämpa strålningen vilket bidrar till bättre bildkontrast (Petersilka, Bruder, Krauss, Stierstorfer & Flohr, 2008).

2.2. Rättsmedicin

En av de äldsta grenarna inom medicinen är *medicina legalis*¹. I Egypten grundades rättsmedicinen omkring 2600 f. Kr men det hade gått över 3000 år innan den första läroboken gavs ut i Kina (Lunds universitet, 2009). Samtidigt började rättsmedicinska undersökningar av avlidna genomföras i Grekland och Rom i samband med brottsutredningar. I Europa fick rättsmedicinen sitt stora genombrott år 1532 när lagen *Constitutio Criminalis Carolina* publicerades i Österrike. Den rättsmedicinska obduktionstekniken beskrevs i Tyskland under 1600-talet i de första europeiska läroböckerna i ämnet.

I Sverige gavs den första rättsmedicinska läroboken ut år 1838. År 1841 grundades den första professuren i rättsmedicin vid Karolinska Institutet i Stockholm (Lunds universitet, 2009).

Rättsmedicin är ett medicinskt område som har till uppgift att undersöka avlidna på uppdrag av Polis- och Åklagarmyndigheten. En avliden skall alltid undersökas om det finns en misstanke om mord eller självmord. Ofta görs en rättsmedicinsk undersökning även vid olycksfall när en tidigare frisk person dör (Rättsmedicinalverket, 2009).

I den rättsmedicinska undersökningen ingår yttre och inre besiktning enligt Socialstyrelsens författningssamlings föreskrift 1997:26 M § 2.2. Med yttre besiktning avses undersökning av den avlidnes kläder och andra personliga föremål, hudytan, ögonens bindehinnor och alla kroppsöppningar. Med inre besiktning avses en obduktion. Undersökningens resultatet dokumenteras i ett protokoll där läkaren beskriver undersökningsfynd och tidpunkt. Även normalfynd och avsaknad av skador dokumenteras i protokollet (a.a.).

Rättsmedicinen delas upp i två grenar: *allmän rättsmedicin* som undersöker brott och biomekanik och *speciell rättsmedicin* som undersöker trubbigt våld, trafikolyckor, asfyktiska dödsfall och faderskap. Användandet av DNA-teknik och rättsodontologisk undersökning gör det möjligt att fastställa den avlidnes identitet (Rättsmedicinalverket, 2009). Målet med rättsmedicinska undersökningar är att fastställa dödsorsaken, dödsfallets tidpunkt, orsaken till själva olycksfallet samt att få fram andra viktiga spår som kan finnas på kroppen eller brottsplatsen. I rättsmedicinarnas uppgifter ingår också dokumentation och undersökningar av levande personer när det gäller allvarliga våld- och sexualbrott. Vidare ingår även brottsplatsundersökning och medverkande i domstol. I Sverige finns det sex rättsläkardistrikt med rättsmedicinska avdelningar i Göteborg, Linköping, Lund, Stockholm, Umeå och Uppsala. Antalet rättsmedicinska undersökningar per år är ca 5500 i hela landet (a.a.).

¹ Rättsmedicin (lat.)

Rättsodontologi är ett område inom rättsmedicin där den avlidnes tänder undersöks. Rättsodontologiska undersökningar görs vid kroppsidentifiering, åldersbedömning, bitmärkesanalys och av andra speciella skäl eller vid särskild begäran (Rättsmedicinalverket, 2009).

Biomekanik är en vetenskap som förklarar och analyserar människans mekaniska egenskaper och skademekanismer (Lunds universitet, 2009). Den används bland annat inom rättsmedicin för att rekonstruera händelseförlopp vid trafikolyckor, förklara skadornas uppkomst och bestämma toleransnivåer vid olika skador. Vid beskrivning av skadors svårighetsgrad används AIS-skalan (Abbreviated Injury Scale). Skalan visar en gradering av risker från 0 till 6 där 0 är ingen skada och 6 är dödlig skada (a.a.).

2.3. Obduktion

Ordet *obduktion* kommer från latin (*obductio* – höljande). De viktigaste målen inom rättsmedicin är en utvärdering av skadornas vitalitetsgrad och en rättsmedicinsk rekonstruktion baserad på undersökningsfynden (Lunds universitet, 2009). Vid rättsmedicinska undersökningar av avlidna har konventionella obduktioner använts som förstahandsmetod i flera hundra år. Den traditionella obduktionen innebär att en rättsläkare eller en patolog undersöker kroppsytan och inre organ för att fastställa dödsorsaken (a.a.). Enligt Svensk författningssamling, 1995:832 § 13-§15 ”... får rättsmedicinska obduktioner göras i samband med brottsutredningar och identifiering av kroppen. I annat fall får rättsmedicinska undersökningar göras för att fastställa dödsorsak om det misstänks ha förekommit fel eller försummelse inom hälso- och sjukvården. Antas dödsfallen ha orsakats av yttre påverkan behövs undersökningen för att vinna upplysningar av särskild vikt för miljöskydd, arbetarskydd, trafiksäkerhet eller liknande... (a.a.)”. Under obduktionens gång tar läkaren vävnadsprover, eller biopsier som de också heter, för en mikroskopisk (histologisk) analys (Rättsmedicinalverket, 2009). Inom rättsmedicin utförs olika typer av analyser för att fastställa dödsorsaken som toxikologisk analys, DNA-analys och blodprover. Diagnostisk radiografi används för att visualisera skelettskador (a.a.).

Obduktion är en definitiv diagnostisk metod vid rättsmedicinska utredningar därför anses den vara referensram i forskningsstudierna där virtuella och konventionella obduktioner jämförs.

Dödsbegreppet är när enligt lag om kriterier för bestämmande av människans död SFS 1987:269 § 1 ”en människa är död när hjärnans samtliga funktioner totalt och oåterkalleligt fallit bort”. I Sverige tillämpas hjärndödsbegreppet som betyder total hjärninfarkt (Lunds universitet, 2009). Orsaken till total hjärninfarkt är oftast hjärtstillestånd eller förhöjt intrakraniellt tryck då blodcirkulationen i hjärnan upphör (a.a.).

2.4. Virtuella obduktioner

Virtuell obduktion innebär att en avliden skannas med DT och/eller MRT för att fastställa dödsorsak. Ordet *virtuell* kommer från latinets *virtus* – användbar, effektiv, vänlig. I sin studie påstår Dirnhofer et al (2006) att sedan många år har rättsmedicinare använt sig av konventionella obduktioner och verbal beskrivning samt tvådimensionell bildtagning som hjälpmedel. Detta innebär att obduktionsfynd står i ett visst beroende av obducentens skicklighet och erfarenhet. Efter att en traditionell obduktion har utförts förstörs bevis och andra viktiga spår vid mordutredningar. I fall om kroppen kremeras efter obduktionen finns det ingen möjlighet längre att någon annan läkare kan utföra en ny undersökning (a.a.). Thali,

Jackowski, Oesterhelweg, Ross och Dirnhofer (2006) poängterar att en virtuell obduktion kan ersätta den traditionella obduktionen om den avlidne har kontaminerats med toxiska medel eller radionuklider samt vid infektionsrisk. Dessutom tillåter vissa religioner inte att kroppen skall "öppnas" efter döden (Dirnhofer et al, 2006). Med DT upptäckten har det skapats en möjlighet till en helt ny typ av dokumentation och tredimensionell (3D) undersökning på avlidna (a.a.).

Den första DT-undersökningen på en avliden med skottskada i skallen gjordes 1977 (Dirnhofer et al, 2006). På grund av dålig bildkvalité och begränsad förmåga till att bearbeta rådata gjordes endast några få jämförelser med konventionella obduktioner på den tiden. Trots spiral DT-teknik som kom 1989 och gav möjlighet till 3D-rekonstruktioner ökades inte rättsmedicinarnas intresse av den nya modaliteten nämnvärt. Sedan magnetresonanstomografi (MRT) infördes som en ny modalitet inom diagnostisk bildtagning hade några icke rättsmedicinska dödsfall utretts för att undersöka kraniala, torakala och abdominala sjukdomar. Endast några få undersökningar av skottskador gjordes i samband med rättsmedicinska utredningar. Systematiska DT och MRT undersökningar och forskningsstudier gjordes inte fram till slutet av 1990-talet. Idag finns det mer kunskap och forskning inom detta område men virtuella obduktioner utförs fortfarande inte rutinemässigt (a.a.).

2.5. Virtuella obduktioner i Sverige

I Sverige grundades det ett medicinskt bildcentrum 2002 i samarbete mellan Linköpings universitet, Landstinget i Östergötland och industrin, bland annat Sectra i Linköping, Philips och Siemens (CMIV, 2009). Center for Medical Image Science and Visualization (CMIV), eller Centrum för medicinsk bildvetenskap och visualisering som det heter på svenska, var den första och den enda institution i Sverige som började arbeta med virtuella obduktioner. Sedan 2003 har omkring 160 DT-undersökningar på avlidna genomförts.

Förutom virtuella obduktioner forskar CMIV inom visuella diagnostiska metoder och utbildar doktorander. För första gången i Sverige installerades det i september 2006 en dubbelenergi DT-apparat SOMATOM Definition från Siemens på CMIV. Detta innebar ett stort framsteg inom modern radiografi och radiologi. Bland annat med hjälp av den nya tekniken blev det möjligt att utföra hjärtundersökningar utan att premedicinera patienter med betablockerare. Forskningsstudierna har också omfattat andra radiografiska modaliteter: PET, SPECT, MR och ultraljud. Aktuella studier på CMIV berör inte bara nya diagnostiska metoder utan också behandlingsmetoder och teknikutveckling. I samarbete med Norrköpings Visualiseringscenter har CMIV:s forskare skapat ett så kallat Virtual Autopsy Board, ett bord där inskannade 3D-bilder ändrar sin storlek och position genom beröring av bordsytan med fingertopparna.

En av CMIV grundare är radiologen Anders Persson som fick Lennart Nilsson Award 2008 fotopriset för 3D-bilder av människokroppen som användes bland annat vid virtuella obduktioner (a.a.).

2.6. Pågående forskning inom området

Ordet *virtopsy* består av *virtus* (lat.) – användbar, effektiv, vänlig och *autopsy* (eng.) – obduktion. Virtopsy är ett forskningsprojekt som startades i Schweiz 2000 (Virtopsy®, 2009). I projektet ingår rättsmedicinare, radiologer och neuroradiologer från Universitetet i Bern.

Projektets viktigaste mål är att införa digital diagnostisk 3D bildtagning, DT och MRT, som en standard rättsmedicinsk undersökning. Genom att använda DT och MRT är det möjligt att utföra 3D-mätningar för rättsmedicinska rekonstruktioner. För att utöka radiografiska bildtagningens teknikmöjligheter och utveckla biomekaniska modeller införs det fotogrammetri och 3D-kroppsscanning i rättsmedicinska rekonstruktioner. Med hjälp av MR-spektrometri kan den exakta dödtiden fastställas. Att skapa ett rättsmedicinskt dokumentationscentrum som en kompetensbas inom området är tanken bakom projektet (a.a.).

Fotogrammetri är en metod inom teknik som gör det möjligt att mäta 3D-objekt och dess position utifrån tvådimensionella fotografiska bilder (Bolliger et al, 2007). Genom att mäta ljusbrytningen på undersökningsytan kan objektets 3D-form beräknas (Dirnhofner et al, 2006). Metodens precision är mindre än 20 µm (a.a.).

Volume rendering (VR) är en teknisk metod där en speciell dataalgoritm används för att beräkna objektets 3D-form matematiskt utifrån dess 2D-bilder (Thali et al, 2006). Metoden används bland annat på DT och MR där 3D-rekonstruktioner görs av axiella snittbilder (a.a.).

Projektet arbetar för att ersätta standardobduktioner med mindre invasiva metoder och procedurer inom rättsmedicin och jämför denna metod med laparoskopiska operationer inom klinisk kirurgi (Becker, 2005). I framtiden kommer projektets medarbetare att skapa en handbok som tydligt förklarar indikationer, förberedelser och tolkning samt utvärdering av Virtopsy metoder inom rättsmedicin (a.a.).

3. Syfte

Syftet med examensarbetet är att göra en jämförande studie mellan virtuella obduktioner med datortomografi och konventionella rättsmedicinska obduktioner.

3.1. Frågeställning

I vilka fall kan virtuella obduktioner komplettera konventionella rättsmedicinska obduktioner?

4. Metod och material

För att genomföra detta arbete har litteraturstudie valts som metod därför att det finns aktuell forskning inom området (Forsberg och Wengström, 2008). Eftersom virtuella obduktioner inte tillhör rutinerna och tillgång till rättsmedicinska institutioner är begränsad anses tillämpning av andra vetenskapliga metoder svår genomförbar. Genom att sammanställa, analysera och strukturera det insamlade materialet kommer syftet med arbetet att uppnås och en bild över det aktuella forskningsområdet kommer att skapas.

4.1. Datainsamling

Underlaget till arbetet togs fram genom databassökning via PubMed, Medline och SBU. Nyckelorden vid sökningen var *virtual autopsy*, *virtopsy*, *postmortem CT*, *forensic CT examination*, *dual energy CT*. Sökandet begränsades genom att välja ut studier där endast människokroppar undersökts eftersom liknande forskning på djur hittats. Språk och

publiceringsår var inte avgränsade vid sökandet. Utfallet resulterade i sammanlagt 61 träffar. Sjutton artiklar som valdes för vår studie innehöll empiriska studier där DT och MRT-undersökningar gjorts på avlidna med olika misstänkta dödsorsaker. En del av de utvalda artiklarna innehåller jämförande studier mellan virtuella och konventionella obduktioner vilket motsvarar studiens syfte. Sju artiklar beskriver olika dödsorsaker där typiska patologiska fynd presenteras samt korreleras med rättsmedicinska obduktioner. Fem artiklar presenterar den virtuella obduktionen i sin helhet på ett strukturerat och omfattande sätt. Upptäckten och införandet av den nya dubbelenergi DT-tekniken har lett till att två artiklar har valts för att förstå DEDT-principen samt beskriva metodens tillämpning vid rättsmedicinska undersökningar. Användning av andra radiografiska metoder som presenteras i några av de utvalda artiklarna avspeglar hur dessa kan appliceras vid rättsmedicinska dödsfallsutredningar.

För att komplettera kunskaper inom det valda ämnet och leta efter pågående forskning användes webbsidor från Rättsmedicinska verket, Socialstyrelsen, CMIV, projektet Virtopsy och svensk lag- och författningssamling. I juni 2009 besöktes CMIV för att träffa dr. Anders Persson och anteckningarna som gjordes under studiebesöket har använts i arbetet.

4.2. Urvalskriterier

Utvalda artiklar inkluderade empiriska studier eller experiment med DT-undersökningar på avlidna med olika misstänkta dödsorsaker.

Artiklar med studier där endast MRT-undersökningar hade genomförts exkluderades från studien.

4.3. Dataanalys

Information från artiklarna granskades och delades in efter de vanligast förekommande dödsorsakerna vid rättsmedicinska dödsutredningar. Rubrikerna skapades efter dem beskrivna dödsorsakerna samt jämförelser mellan virtuella och konventionella obduktioners resultat. Konventionella rättsmedicinska obduktioner var Golden standard i samtliga korrelerande studier därför togs dessa som referensram i examensarbetet. Antalet av de jämförda patologiska tillstånd som blev upptäckta på DT i samtliga korrelerade studier sammanställdes och ett medelvärde beräknades i procent. Resultatet av denna analys användes som ett underlag för diagrammet. Eftersom studierna omfattade tidsperioden från 1992 till 2009 analyserades sedan resultatet utifrån teknikens möjligheter och begränsningar samt hur detta kunde påverka diagnostiken. Samtliga DT-fynd granskades utifrån den använda DT-modellen samt de bildrekonstruktionerna som gjordes efter undersökningen. Fallen där liknande bildrekonstruktioner användes summerades och detekterade patologier beräknades i procent. Denna analys presenterades i en tabell. Några moderna DT-metoder presenterades och analyserades utifrån de områden inom rättsmedicin där metoderna skulle kunna komplettera och delvis ersätta rättsmedicinska obduktioner.

5. Resultat

Resultatet presenteras i form av en översikt som visar på dem vanligast förekommande dödsorsakerna vid rättsmedicinska utredningar, jämförelser mellan virtuella och konventionella obduktioner, virtuella obduktionens styrkor och svagheter, teknikens betydelse samt specifika radiografiska metoder som kan tillämpas inom rättsmedicin.

5.1. Drunkning

Levy et al (2007a) påstår att alla kroppar som hittats i vattnet skall obduceras och undersökas i en rättsmedicinsk institution eftersom andra dödsorsaker aldrig kan exkluderas. Bland de obduktionsfynd som tyder på drunkning som primär dödsorsak skall nämnas vätskefyllda och svullna lungor och luftvägar, vätskefyllda paranasala sinus och magsäck samt dilaterad höger hjärtkammare och stora blodkärl (a.a.). I en tidigare studie berörs också begreppet ”emphysema aquosum” som ett typiskt fynd vid drunkning (Dirnhofer et al, 2006). Med detta menas att under obduktionen hittas ofta ett lungemfysem och lungorna har ett specifikt utseende där övre lunglobernas kanter överlappas retrosternalt (a.a.). I båda studierna jämförs DT-undersökningarna med den konventionella obduktionens resultat.

5.1.1. Virtuellt vs konventionell obduktion

Utifrån de ovan nämnda kännetecknen, typiska för drunkning, redovisar Levy et al (2007a) i sin studie ett strukturerat resultat där hänsyn tas till dem organsystem som är aktuella i jämförelsen. I denna studie genomförs DT-undersökningar på 28 män som hittats döda i vattnet och sedan jämförs DT-fyndet med obduktionsresultaten. Enligt de genomförda DT-undersökningarna fanns det vätska i maxillara och ethmoidala sinus samt i mastoidala luftspatierna bilateralt på samliga undersökta. En del (25 % av de undersökta) hade högattenuerade pålagringar i maxillara och sphenoidala sinus vilket kunde bero på vattnets tillsatser. Största delen (98 % av de undersökta) hade vätska i trakean och huvudbronkerna och resten (2 %) hade vätskefyllda distala broncher bilateralt. Lungparenkymet visade sig vara uppsvullet och hade en del högattenuerade pålagringar längs septala linjer och i små bronker i 25 fall (89 %). I tre fall var det svårt att bedöma lungparenkymet radiologiskt på grund av förruttelsen. Magsäcken var dilaterad och utspänd i 25 fall. Sex av dem hade högattenuerade pålagringar i ventrikeln vilket kan tyda på att vätskan hade svalts när de undersökta var vid liv (a.a.).

Jämförelsen med konventionella obduktioner visar (Levy et al, 2007a) att DT-undersökningsresultaten på drunknade stämmer överens med obduktionsresultaten när det gäller pålagringarna i bihålorna, luftvägarna, lungparenkymet och magsäcken. Det visar sig att DT är en bra metod för att upptäcka och mäta vätskemängd i inre organ (a.a.).

5.2. Skottskada

Bolliger et al (2008) påpekar att radiografiska metoder alltid har använts inom rättsmedicin som standardrutin när det handlar om främmande kroppar. Med DT-tekniken har det blivit möjligt att visa exakt lokalisering av främmande föremål, dess storlek och förhållande till närliggande organ (a.a.). Som ett exempel på sådana utredningar där DT kan användas nämner Thali et al (2007) skottskador. Karakteristiskt frakturmönster av ingångs- och utgångsåren samt kulbanan och blödningen kan visualiseras med hjälp av 3D-

rekonstruktionerna. Metallfragmenten medför bildartefakter men kan reduceras med en speciell algoritm (a.a.).

5.2.1. Virtuellt vs konventionell obduktion

I en empirisk studie valde Levy et al (2006) ut 13 skottskadeoffer. Samtliga undersökningsobjekt skannades med multislice DT, och 2D och 3D-rekonstruktionerna jämfördes sedan med obduktionsfynden. De fynd som jämfördes i första hand var dödliga skottsår, kulbanans gång, skador av inre organ samt antal och lokalisering av metalliska fragment. Enligt jämförelsen hittades de dödliga skottsåren korrekt på alla DT-undersökta. De flesta mjukdelsskador var också detekterade. DT-undersökningsresultatet visade att skottskadorna var presenterade med metall-, benfragment och gasansamling i ingångs- och utgångsområden samt längs kulans gång. Samtliga metalliska fragment (oftast av bly) detekterades under DT-undersökningarna på grund av blyets höga attenuering. Av totalt 78 under obduktionen upptäckta kulbanor identifierades 68 (87 %) på DT. Bland de 10 kulbanor som inte hittats befann sig sex kulbanor på övre extremiteter och fyra på låren enligt obduktionsprotokollen. Kulbanor som befann sig på underarmarna (totalt fem) och på handleden (totalt en) var missade eftersom de var exkluderade från FOV (field of view). På låren var kulbanorna smala och missades trots att alla små metallfragment identifierades korrekt. I nio fall av de DT-undersökta fastställdes kulbanornas riktning medan antalet fall som kunde fastställa kulbanornas riktning under konventionell obduktion var tolv. I ett fall kunde inte kulbanornas riktning avgöras på grund av multipla skottskador. Förmodligen gjordes flera skottlossningar från motsatta riktningar (a.a.).

Dirnhofer et al (2006) förklarar i sin studie hur kulbanans riktning bestäms. Hänsyn tas i första hand till frakturernas specifika form på ingångs- och utgångssåren. Tumregeln är att både ingångs- och utgångssåren är konformade. Ingångssåret är alltid bredare på insidan medan utgångssårets bredaste del alltid är på utgångsytan. Puppes regel kan också tillämpas när det handlar om kronologisk ordning av skottskador i skallen. Enligt denna regel är senare frakturer orsakade av skottlossning alltid mindre än frakturer vid ingångssåret. Detta förklaras med minskat tryck i utgångsområdet (a.a.).

5.3. Multitrauma

Kunskapen om hur skadan uppkommit hjälper rättsmedicinska utredare att återskapa händelseförloppet enligt Bollinger et al (2007). Vissa frakturer är svåra att upptäcka och kan missas under den konventionella obduktionen på grund av sin lokalisering, t ex frakturer på ansiktsskelettet. Med hjälp av DT:s 3D-rekonstruktioner kan olika frakturtyper visualiseras och presenteras enkelt utan att förstöra den avlidnes ansikte. Dessutom upptäcks pneumothorax och subkutana emfysem tydligt på DT vilket är svårt att detektera under obduktion. En stor roll i multitraumafall spelar också frakturtyper, benfragmentform samt dess förhållande till varandra och närliggande vävnader vilket snabbt kan registreras och dokumenteras med DT-teknik (a.a.).

I enighet med Bollinger et al (2008) påstår Thali et al (2007) att DT är en utmärkt metod för dokumentation och analys av frakturtyper, patologiska gasansamlingar samt stora mjukdelsskador. Jämfört med den traditionella obduktionen nämns metodens snabbhet som en fördel (a.a.).

5.3.1. Virtuellt vs konventionell obduktion

I en studie gjord av Levy et al (2007c) rapporteras en jämförelse med konventionella obduktioner på sex offer av två helikopterolyckor. Olyckorna ägde rum 1992 och 1995. Kropparna fördes till en rättsmedicinsk institution direkt efter att olyckan hade inträffat och skannades med en *dual slice* DT. Ovannämnda studie genomfördes retrospektivt genom DT-bildernas och obduktionsprotokollens analys. Under studiens gång noterades det att de typiska tecknen i multitraumafall var patologiska intrakraniella gasansamlingar, pneumothorax, subkutana emphysem, gasansamling i spinalkanal, bukhålan och mediastinum. Studiens resultat bevisar att gasansamlingarna kan upptäckas väldigt enkelt på DT medan konventionella obduktioner har mindre kapacitet att registrera dessa patologiska tillstånd (ett fall upptäckt under obduktion jämfört med 28 fall upptäckta på DT). Benfrakturer kan detekteras på DT med stor precision. Däremot visar DT mindre kapacitet gällande detektion av mjukdelsskador (a.a.). Det skulle dock poängteras att 3D-rekonstruktionerna inte kunde genomföras på grund av den äldre apparaturen.

En större studie genomfördes av Aghayev et al, (2008) där 24 fall av bröstorgstrauma inkluderades. Två av de avlidna var barn, två respektive tre år gamla. Under DT-undersökningarna detekterades ryggfrakturer, förskjutning av mediastinum och gasansamling i pleurarummet, mediastinum och perikardrummet som inte upptäckts under obduktionerna. Under den rättsmedicinska obduktionen hittades det även hjärtskador, hemomediastinum samt diafragmaruptur i några av fallen och de skadorna kunde inte visualiseras på DT. Resultatet visar att när det gäller bröstorgstrauma är patologiska gasansamlingar och benbrott de vanligast förekommande patologier. Med hjälp av DT-teknik kan dessa patologier upptäckas och dokumenteras med en stor framgång (a.a.).

5.4. CNS-skada

I rättsmedicinska utredningar har letala hjärnskador alltid haft en stor betydelse på grund av den vanliga förekomsten (Yen et al, 2007). Det skall dock understrykas att det inte endast menas skalltrauma utan också andra typer av våld som kan leda till syrebrist i hjärnan eller hjärnödem på grund av ökat intrakraniellt tryck. Några exempel på sådana är strypning, hängning, shaken baby syndrom, hjärnblödningar etc. Till neuroskador hör även halsryggfrakturer. Benfragmenten kan skada ryggmärgen i halsregionen där bland annat andningscentrumet finns, vilket kan leda till andningsstopp (a.a.).

5.4.1. Virtuellt vs konventionell obduktion

Yen et al (2007) undersökte i en studie 57 dödsfall med neuroskador där nio av fallen inte var traumatiska skallskador. DT-undersökningarna presenterades i 2D och 3D-rekonstruktionerna och jämfördes sedan med obduktionsresultaten. Resultatet visar att DT:s känslighet är hög när det handlar om intrakraniella blödningar (80 % upptäckta fall jämfört med obduktionen), kontusionsblödningar (70 %) och hjärnödem (84 %). I ett fall, där ett femmånader gammalt barn undersöktes med misstanke på shaken baby syndrom, visualiseras det tydliga blödningar i *sinus sagittalis* området (a.a.).

5.5. Brännskada

Dirnhofer et al (2006) noterar att ett av de typiska obduktionsfynden hos personer som har dött i brand är ett massivt epiduralt hematoma med stora värmeorsakade blodkoagel. Detta karakteristiska tecken bekräftar Yen et al (2007). I en studie där 17 brännskadade kroppar har undersökts kompletterar Levy, Harcke, Getz och Mallak (2007) detta påstående med fler typiska upptäckter: avlossning av huden och underhuds fett, frakturer i kortikala ben, värmeorsakade amputationer, inre organdestruktion samt den typiska likpositionen, så kallad "boxarposition". På grund av den höga temperaturen, som leder till skelettmuskulaturens sammandragning, böjs de övre och nedre extremiteterna i armbågarna respektive knäna och likets typiska ställning påminner om en boxares. Förekomst av det typiska epidurala hematomet förklaras med de värmeorsakade skallfrakturerna (a.a.).

5.5.1. Virtuellt vs konventionell obduktion

Av det totala antalet hos Levy et al (2007b) dog 16 i husbrand och ett av offren fick sina dödliga brännskador efter en brand i en flygolycka. Varje kropp skannades med multidetektor DT två gånger. Under den första bildserien skannades kropparna från skalltoppen till knälederna och den andra bildserien inkluderade resten av kroppen. En av undersökningarna misslyckades på grund av offrets upplyfta övre extremiteter som hindrade passering av DT-tunneln. Denna undersökning exkluderades sedan från resultatanalysen. För att tolka DT-bilderna användes 2D och 3D-bildrekonstruktioner. Efter DT-undersökningarna blev traditionella obduktioner utförda och sedan jämfördes och analyserades resultaten.

DT-undersökningsresultatet visade att alla ansikts- och skallfrakturer samt mjukdelsskador i huvud-halsområdet stämde överens med obduktionsfynden. I två fall kunde subarachnoidalt hematoma inte identifieras på DT. Däremot upptäcktes dödliga rygg- och bäckenfrakturer samt skallbasfrakturer. I två fall där obduktionen visade brännskador och aska i luftvägarna kunde inte detta visualiseras på DT. När det gällde brännskador i bröst- och bukhålan kunde hemothorax, samtliga främmande kroppar, metallfragment samt dessas kanaler inuti kropparna identifieras på DT. Samtliga rygg- och bäckenfrakturer och värmeorsakade amputationer upptäcktes korrekt. I studien diskuteras dock att DT som metod inte lämpar sig när det handlar om att avgöra om skadorna är pre- eller postmortal. För att bestämma om den undersökte fick sina brännskador när han var vid liv skulle speciella toxikologiska analyser utföras och kolmonoxid i blodet (COHb) mätas. Aska och brännskador i luftvägarnas slemhinna skulle också tyda på att den avlidne inhalerade rök och het luft innan han dog (a.a.).

5.6. Streptococcus grupp A infektion

I en dödsfallsrapport presenterar Jackowski et al (2005) den virtuella obduktionens tillämpning vid streptokock grupp A infektion som dödsorsak. Detta fall rör sig om en treårig flicka. Den allvarliga infektionen angriper vanligen muskler, leder, lungor och hjärnhinnor. Denna typ av infektion kan även orsaka sepsis vilket kan leda till chock och död.

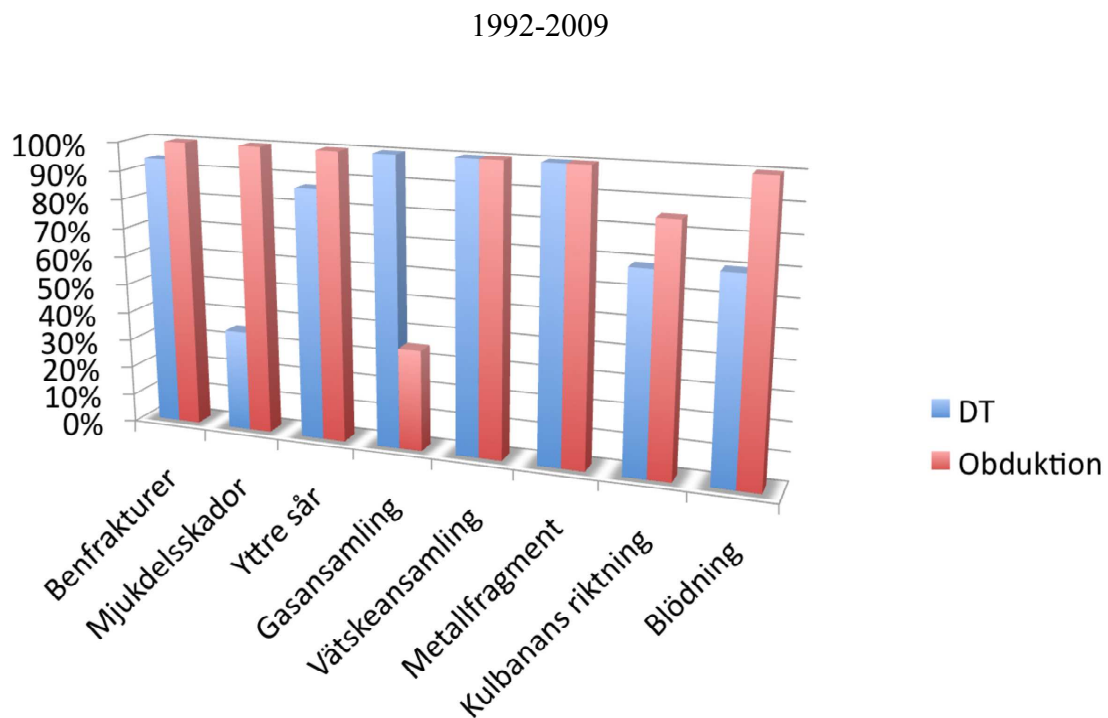
5.6.1. Virtuellt vs konventionell obduktion

Den postmortal DT-undersökningen av barnet visade en ödematös ocklusion av struphuvudet i nivå med stämbanden och en massiv lunginflammation med atelektaktiska områden i

ovanloberna. Båda lungorna var vätskefyllda dorsalt. Som bifynd detekterades en glossopharyngeal cysta och en dubbeluretär i den högra njuren. Den bakteriologiska undersökningen (Gramfärgning) av vätskan från höger huvudbronk visade infektion med grupp A betahemolytiska streptokocker. I obduktionsprotokollet nämns nekrotiserande pseudomembranös laryngit med ödem i luftvägarna inklusive stämbanden som dödsorsak och en massiv bilateral pneumoni. Detta stämmer med det radiologiska fyndet. Studiens resultat visar på att en DT-undersökning kan användas som en icke invasiv metod även i fall där det inte finns några tecken på yttre våld (a.a.).

5.7. DT:s styrkor och svagheter

Sammanfattningsvis visas det i Figur 1 en jämförelse mellan obduktions- och DT-fynden utifrån de vanligast korrelerade patologier. I diagrammet har det samlats data från jämförande studier som omfattar perioden från 1992, då DT-teknikens möjligheter var begränsade, till 2009 då 3D-rekonstruktioner användes på samtliga DT-undersökningar.



Figur 1 visar på DT:s styrkor och svagheter.

5.7.1. DT:s styrkor

Diagrammet i Figur 1 visar på DT:s höga sensitivitet när det handlar om patologiska vätske- och gasansamlingar, benfrakturer och metallfragment. Resultatet tyder på att metodens precision är lika hög som obduktionens. I fall där gasansamlingarna har upptäckts är dessutom DT:s sensitivitet högre än obduktionens. Gas- och vätskenivåer kan även mätas på DT-bilderna vilket inte är möjligt under den konventionella obduktionen (Dirnhofer et al, 2006).

Den stora fördelen med en virtuell obduktion enligt Thali et al (2007) är metodens icke invasiva utförandeform. Blodsmitta, olika slags infektioner, toxiska och radioaktiva ämnen,

som den avlidne kan ha kontaminerats av, medför en ökad risk för personalen under den rättsmedicinska obduktionen. Ur etiskt perspektiv kan en DT-undersökning i vissa fall ersätta den traditionella obduktionen. De avlidna som tillhör religioner som inte tillåter den invasiva obduktionen kan skannas istället, om den misstänkta dödsorsaken kan identifieras med DT-teknik (a.a.).

En av DT-metodens viktigaste styrkor är att bildbedömningen kan utföras obegränsat antal gånger medan en rättsmedicinsk obduktion oftast genomförs en gång (Becker, 2005). Postmortala 3D-rekonstruktioner ger en objektiv syn på de skador som orsakat döden. Fler specialister kan analysera bilderna, diskutera fallen, skicka bilderna digitalt till konsulter samt arrangera en on-line konferens. Detta är möjligt även om det har gått lång tid efter offrets död. Därmed kan undersökningens kvalitet höjas genom att flera läkare kan lämna sitt utlåtande. Den rättsmedicinska obduktionens gång dikteras och dokumenteras sedan i ett obduktionsprotokoll. Protokollet innehåller en enda läkares åsikt och kan inte kontrolleras med en ny undersökning i fall kroppen kremeras (a.a.).

Becker et al (2005) nämner DT:s snabbhet och, som följd, lägre kostnader i jämförelse med den konventionella obduktionen. En DT-undersökning tar endast några minuter. En rättsmedicinsk obduktion inklusive yttre och inre besiktning tar betydligt mer tid. Dessutom tas under obduktionen vävnadsprover till en histologisk analys. De vävnadsfragmenten måste fixeras, snittas och färgas på ett speciellt sätt vilket kan ta flera dagar. I denna process är flera yrkeskategorier involverade och varje undersökning kräver stora arbetsinsatser. Detta leder till högre kostnader (a.a.).

Med dagens teknik och mjukvara finns det goda möjligheter för att spara och dokumentera bildmaterial. Thali et al (2007) poängterar att en digital bildupplagring medför en möjlighet att använda bildmaterialet i studiesyfte. Tillgång till de digitala bildarkiven bidrar till kompetensutbyte mellan institutionerna (a.a.).

5.7.2. DT:s svagheter

Resultatet visar att det även finns brister i diagnostiken vid postmortala DT-undersökningar. En av dem är metodens begränsade förmåga till att visualisera mjukdelsskador, yttre sår och blödningar enligt Figur 1. Aghayev et al (2008) nämner att mjukdelsskador kombinerade med mindre blödningar är svårare att upptäcka på DT jämfört med obduktionen.

Yen et al (2007) diskuterar radiologernas och deras kompetens roll när det gäller utredningar av rättsmedicinska dödsfall. Kunskaper inom klinisk diagnostisk radiologi behöver kompletteras med lärdomen om de specifika dödliga skadorna samt dessas uppkomstmekanismer. Ett exempel på hur radiologiska kunskaper inom rättsmedicin kan höjas är en så kallad *second-look* undersökning. Detta innebär att efter den första bildbedömningen samt dess jämförelse med obduktionsresultatet görs en ny bildanalys. Information från obduktionsprotokollen hjälper radiologerna att hitta fler skador på DT-bilder vilket bidrar till deras kompetensutveckling inom rättsmedicinsk radiologi (a.a.).

Bollinger et al (2008) påstår att naturliga dödsorsaker är väldigt svåra att visualisera med hjälp av DT. En av de vanligast förekommande orsakerna till plötslig död är kammarflimmer och denna kan inte diagnostiseras med en postmortal DT-undersökning (a.a.).

5.8. Teknikens betydelse

Studierna som har blivit inkluderade i examensarbetet samt i diagrammet i Figur 1 omfattar DT-undersökningar från 1992 till 2009. Utveckling inom DT-teknik och personalkompetens gör att det har blivit möjligt att upptäcka fler patologiska tillstånd. För att redogöra för detta har en tabell gjorts där DT-detekterade patologier i procent visas i förhållande till använd teknik och bildbehandling.

Tabell 1

Resultatet i tabellen visar tydligt hur 3D-tekniken påverkar den virtuella obduktionens förmåga att upptäcka fler skador och patologiska tillstånd, vilket höjer hela undersökningens kvalitet.

Undersökningsår	DT-modell	Bildrekonstruktioner	Detekterade patologier jämfört med obduktioner i %
1992, 1995	Dual slice	Axiella	55
2005-2009	Multislice (16)	Axiella, koronala, sagitella	77
2005-2009	Multislice (64)	Axiella, koronala, sagitella, 3D	90

Med den moderna tekniken har det blivit möjligt att inte bara rekonstruera 3D-bilder av människokroppen utan också skapa animerade versioner av händelseförloppet (Dirnhofer et al, 2006). Det görs med speciella dataprogram där resultatet av brottsplatsundersökningen sammanställs med analysen om skadornas uppkomst. Detta kan underlätta rättsmedicinska utredningar även på levande personer vid t ex trafikolyckor (a.a.).

5.9. Specifika radiografiska metoder

En virtuell obduktion innebär inte endast en DT-skanning av kroppen. Andra radiografiska metoder kan tillämpas för att komplettera den postmortal undersökningen. Ett exempel på sådana metoder är en postmortal angiografi där det vaskulära systemet synliggörs med hjälp av kontrastmedel. Rättsodontologiska undersökningar kan genomföras med DT vilket leder till att personidentitet kan fastställas med stor precision. Den nya mikro-DT metoden tillåter förstora DT-bilder så att mikroskopiska skador och vävnadsfragment kan undersökas.

5.9.1. Postmortal angiografi

Grabherr et al (2008) påstår att sedan 1500-talet har det lagts en stor vikt vid postmortal blodkärlundersökningar. Mindre vaskulära patologier har alltid varit svåra att upptäcka vid konventionella obduktioner. Det gjordes flera försök till att visualisera blodbanan på avlidna med hjälp av röntgen innan enskilda organs vaskulära mönster kunde synliggöras. Men det var fortfarande omöjligt att visualisera hela vaskulära systemet. Det vattenlösliga kontrastmedlet som fanns i bruk vid angiografier på levande personer kunde inte användas på avlidna. Vattenmolekylerna kunde lätt passera kärlets avspända väggar och detta ledde till närliggande vävnadsödem och artefakter på DT-bilderna. För att kontrastmedlet skulle hålla

sig i blodbanan på avlidna gjordes det ett försök att använda fettlösliga jodhaltiga kontrastmedel som var baserade på diesel- och paraffinolja (a.a.).

I sin studie beskriver Grabherr et al (2008) hur en postmortal angiografi kan utföras i två steg. Det första steget är att återställa det minimala trycket i den avlidnes blodbana och simulera den upphörda blodcirkulationen med hjälp av kontrastvätskans stora mängd. Detta kan uppnås genom att en kateter förs in i *arteria femoralis* (i 2 av 4 fall) eller i *vena brachialis* (i 2 andra fall) och sedan kopplas till en modifierad hjärtlungmaskin vilket gör det möjligt att kontrollera den injicerade vätskans tryck och volym. Det andra steget är själva angiografen som utförs på en multidetektor DT efter att kontrastmedlet är injicerat. Tiden mellan injektion av kontrastmedlet och DT-skanning kan variera (mellan 0,5 till 3 minuter beroende på vilket blodkärl som är punkterat samt den misstänkta dödsorsaken). Resultatet presenteras i 3D DT-bilder som tydligt visar kärlens mönster. Perifera arteriella förträngningar och anastomoser har visualiserats på nedre extremiteter på två av de undersökta. På övre extremiteter som undersökts på två andra avlidna med misstänkt drogöverdos detekterades injiceringsmärkena i armveckens område tydligt. I de två sistnämnda fallen hade toxikologiska analyser utförts innan DT-angiografier genomfördes för att undvika sammanblandning mellan blodet och kontrastmedlet, vilket kunde påverka provsvaret (a.a.).

Jackowski, Persson och Thali (2008) poängterar att det finns ett starkt förhållande mellan en successivt utförd postmortal angiografi och kontrastmedlets viskositet. Ju högre viskositeten är desto högre är chansen att kontrastmedlet håller sig i blodbanan längre tid och, som följd, mindre risk att ödemet kommer att framkalla bildartefakter. För att höja viskositeten används i experimentet polyethylenglycol (PEG) som kontrastmedlets bas. Studien omfattar en undersökning och resultatet presenteras i 3D-bildrekonstruktioner. Inga bildartefakter på grund av ödem har upptäckts. Distribution av kontrastmedlet detekteras till alla små blodkärl och även kapillärmönstret är tydligt presenterat på bilderna. Intrakraniella kärl, koronararterier, artärer i njurbarken visualiseras uppenbart. Dessutom tar det relativt kort tid och behövs mindre mängd kontrastmedel för att uppnå det önskade trycket i blodbanan (60 mmHg) jämfört med tidigare använda kontrastmedelbaser. Dessa fakta kan bekräfta att kontrastmedlets viskositet har höjts vilket bidrar till förbättrad kvalitet av hela undersökningen (a.a.). Enligt en personlig kommunikation med dr. Anders Persson (2009) har även Barium använts som kontrastmedel vid angiografier på avlidna.

5.9.2. Personidentifiering

I vissa fall där offrets identitet är okänd görs det en identifiering av kroppen (Rättsmedicinalverket, 2009). En röntgenologisk undersökning av offrets tänder tillhör det område inom rättsmedicin som kallas för rättsodontologi. Rättsodontologiska undersökningar görs i samarbete med tandvården och speciellt utbildade tandläkare – rättsodontologer (a.a.).

Persson, Jackowski, Engström och Zachrisson (2008) påstår att röntgenbilder av tänder spelar en stor roll vid personidentifiering när det handlar om massolyckor eller rättsmedicinska utredningar av kroppar med stora postmortala vävnadsförändringar. Genom att jämföra röntgenbilder från tandvården med de bilder som är tagna efter personens död kan identiteten fastställas med en stor sannolikhet. Tillsammans med DNA-analys har metoden använts som rutin vid rättsmedicinska utredningar av oidentifierade lik. Tändernas och tandfyllningarnas läge, form, storlek samt densiteten av använt fyllningsmaterial kan identifieras med hjälp av 3D-rekonstruktioner på DT. Undersökningarna med dubbelenergi DT har även lett till att en skala av olika typer av fyllningsmaterial i förhållande till dessas HU-värde skapats (a.a.).

Denna skala skapades och dokumenterades under en tidigare studie samma år av Jackowski et al (2008). Bildtolkningen av tänder var ofta försvårad på grund av stråkartefakterna från tandfyllningarna. Detta problem löstes efter att den högre begränsningen (1000 HU av benvävnad) i HU-skalan tagits bort. Det material som hade högre attenueringsvärde än benvävnaden kunde då avläsas och få sin egen nyans i gråskalan utan att störa DT-bilderna. Med dubbelenergi DT som användes i denna studie och 3D-bildrekonstruktioner blev det möjligt att visualisera och sedan ordna olika typer av tandfyllningar samt dessas former och storlekar. Studien resulterade i en tabell där olika typer och märken av tandfyllningsmaterial rangerades i förhållande till HU-värdet. Det lägsta värdet var 1 717 HU och det högsta sträckte sig upp till 30 710 HU. För att underlätta visualiseringen användes färgskala i stället för gråskalan. Därmed visar studiens resultat att en DT-undersökning kan appliceras som rutin vid personidentifiering under förutsättning att det skall finnas jämförbara röntgenbilder från tandvården (a.a.).

Förutom undersökningen av offrets tänder finns det fler sätt att identifiera en kropp med hjälp av DT. Dedouit et al (2007) beskriver i en fallrapport att om gamla frakturer eller osteosyntesmaterial har upptäckts under den postmortal DT-undersökningen samt jämförbara röntgenbilder finns tillgängliga från en vårdinstitution kan den avlidnes identitet bekräftas. Offrets kön och ålder kan också bestämmas genom analys av bland annat symfysens och sternokostala broskets skick om mjukdelsförändringar är omfattande. Med mikro-DT teknik kan denna analys utföras virtuellt istället för den invasiva metoden (a.a.).

5.9.3. Mikro-DT

Metoden handlar om undersökning av vävnadsfragment 4-40 mm stora i diameter som skannas med DT och förstoras sedan digitalt i datorn enligt Bollinger et al (2008). Dirnhofer et al (2006) beskriver metodens introduktion under mitten av 1990-talet då mikro-DT började användas inom forskning av osteoporos. Dagens moderna DT-apparater med hög spatiell upplösning (voxelns mindre storlek) tillåter att DT-bilder förstoras utan att bildkvalitén sjunker. Den modernaste bildbehandlingen och 3D-rekonstruktionerna gör det möjligt att undersöka vävnadsmaterialet från olika vinklar, isolera digitalt oönskade strukturer samt utföra olika slags mätningar för att underlätta bildbedömningen. Metodens mål är att bli likvärdig och konkurrera med histologiska undersökningar (a.a.).

Dirnhofer et al (2006) påstår att möjligheten att urskilja små patologiska vävnadsförändringar på DT-bilder gör att DT-ledda biopsier kan tas från det exakt skadade området, vilket kan ge säkrare diagnos. Denna provtagningsmetod av vävnadsfragment är dessutom minimalt invasiv, vilket kan accepteras i fall då en konventionell obduktion inte godkänns av anhöriga (a.a.).

I många rättsmedicinska fall kan mindre skador inte upptäckas under DT-undersökningen på avlidna (Thali et al, 2007). Mikro DT-metoden möjliggör att undersöka små frakturer med mikroskopiska benfragment förorsakade av knivblad eller en annan vapentyp. En 3D bildrekonstruktion på knivbladets yta kan sedan sammanställas digitalt med knivsåret och på det sättet kan det sannolika brottsvapnet bedömas (a.a.).

6. Diskussion

6.1. Metoddiskussion

En del av de utvalda artiklarna innehåller jämförande studier mellan virtuella och konventionella obduktioner vilket motsvarar studiens syfte. Utifrån artiklarnas texter har det gått enkelt att formulera arbetets rubriker och teman. Eftersom de flesta studierna är kvantitativa har det blivit möjligt att sammanställa och analysera data samt utföra beräkningar för att komma fram till examensarbetets resultat.

Virtuella obduktioner är ett relativt nytt forskningsområde, vilket kan uppfattas både som för- och nackdel. Det finns endast några få forskargrupper i världen som arbetar vetenskapligt inom det valda området. Detta försvårar jämförelsen mellan olika länder och institutioner. Det positiva är att de utvalda forskningsstudierna innehåller DT-undersökningar från 1992 till 2009. Modernisering av DT-teknik och 3D-rekonstruktioner har lett till att fler patologiska tillstånd kan diagnostiseras radiologiskt. De relativt gamla studierna från början av 1990-talet hjälper till att förstå hur teknikens utveckling påverkar diagnostiken.

6.2. Resultatdiskussion

Teknikens utveckling gör att gamla radiografiska metoder ersätts med moderna. DT används idag som förstahandsmetod allt mer inom klinisk diagnostik trots relativt höga stråldoser. Däremot är DT fortfarande inte någon rutin vid rättsmedicinska utredningar av dödsfall där stråldosen inte är aktuell. Anledningen till detta kan vara DT:s svagheter i jämförelse med den konventionella obduktionen. Visualisering av mjukdelsskador och blödningar, vilket inte är DT:s starka sida enligt studiens resultat, är en av svagheterna. Det faktum att 3D-rekonstruktioner inte gjordes efter alla undersökningar på grund av den äldre teknikens begränsningar kunde troligtvis påverka resultatet.

En MRT-undersökning ingår vanligtvis också i en virtuell obduktion. MR har betydligt högre sensitivitet när det gäller mjukdelsskador och blödningar. En sammanställning av DT och MRT postmortal undersökningar kan ge ett fungerande alternativ till den konventionella rättsmedicinska obduktionen.

Ett problem som berör personalkompetens är en brist på radiologer med specifika kunskaper inom rättsmedicin samt kunniga röntgensjuksköterskor inom detta område. Under utbildningen på KI:s röntgensjuksköterskeprogram berörs denna del av radiografin inte ens översiktligt. Utbildning av kompetent personal i framtiden är den viktigaste förutsättningen för att starta en välfungerande verksamhet. De metodböcker som finns i bruk inom klinisk verksamhet kan inte användas vid DT-undersökningar av avlidna på grund av de specifika frågeställningarna vid rättsmedicinska utredningar. Därmed måste nya metodböcker utarbetas vilket kräver personalens engagemang baserat på forskning och erfarenhet.

Den virtuella obduktionens roll ur ett etiskt perspektiv är väldigt viktig. Dagens Sverige är ett multikulturellt land, där minoriteternas traditioner och religioner accepteras och respekteras. Den icke invasiva undersökningen med hjälp av DT och/eller MRT och de minimalt invasiva DT-ledda biopsierna som komplement kan ersätta den rättsmedicinska obduktionen om den inte godkänns av anhöriga. En konventionell obduktion är ett stort ingrepp, då vid vissa

tillfällen den avlidnes ansikte förstörs, vilket kan såra anhöriga i sorg oavsett vilken religion de tillhör. I framtiden kan en virtuell obduktion vara ett etiskt alternativ i sådana fall.

Den virtuella obduktionens icke invasiva teknik innebär att en avliden kan undersökas på ett hygieniskt sätt vilket medför säkrare arbetsmiljö. Konservativa behandlingsmetoder och minimalt invasiva ingrepp är dagens tendens inom klinisk verksamhet. Studiens resultat visar att denna inriktning även kan appliceras i den rättsmedicinska verksamheten. Förhållandet mellan den korta undersökningstiden och DT:s höga diagnostiska precision gällande rättsmedicinska dödsfall är metodens stora fördel.

Enligt Dirnhofer et al (2006) finns det endast några få rättsmedicinska institutioner i hela världen som redan idag genomför DT-undersökningar av avlidna rutinmässigt. Bland de institutionerna nämns *The Office of the Armed Forces Medical Examiner* i Washington (USA), *The Victorian Institute of Pathology* i Sydney (Australien) och *Retsmedicinsk Institut* vid Köpenhamns Universitet (Danmark). I Berns universitet (Schweiz) har en forskargrupp skapat en så kallad Virtorobot. Denna apparat består av en DT och/eller MRT, hjärtlungmaskin för postmortal angiografier samt en robot som helt automatiskt hanterar antingen biopsi- eller injektionskanyler. Virtorobot kan placeras i en trailer och transporteras direkt till brotts- eller katastrofplatsen vilket kan påskynda t ex personidentifieringen (a.a.).

I Sverige har införandet av en rutinmässig rättsmedicinsk DT-undersökning inkluderats i budgeten 2009 enligt Rättsmedicinalverkets årsredovisning (2008). Tyvärr har denna process bromsats på grund av resursbrist. Kostnaderna som krävs för apparaturinköp, modernisering av lokalerna inklusive installation av blyväggar samt rekrytering och utbildning av personal är höga vilket gör att en rättsmedicinsk DT-verksamhet inte kan startas i nuläget. I Stockholm utförs DT-undersökningar av avlidna med hjälp av klinisk verksamhet vilket också medför högre kostnader (a.a.). I Linköping utförs virtuella obduktioner på CMIV som ett komplement till rättsmedicinska obduktioner i vissa fall. Ett samarbete mellan CMIV och rättsmedicinska verksamheten i Linköping bidrar till det nya medicinska områdets ständiga utveckling. Svensk forskning gällande virtuella obduktioner tar ledande plats bland världens mest kända studier inom detta område.

En postmortal MRT-undersökning är en viktig och kompletterande del av den virtuella obduktionen. I framtiden kommer ett arbete om MRT inom rättsmedicin genomföras.

7. Referenslista

- Aghayev E, Christe A, Sonnenschein M, Yen K, Jackowski C, Thali J. M, Dirnhofer R, Vock P. Postmortem imaging of blunt chest trauma using CT and MRI. *Thorac Imaging* 2008; 23:20-27
- Backman J. *Rapporter och uppsatser* 2009; Studentlitteratur: Lund
- Becker J. G. Virtues of virtual autopsy. *American College of Radiology* 2005; 4:376-378
- Bolliger A. S, Thali J. M, Ross S, Buck U, Naether S, Vock P. Virtual autopsy using imaging: bridging radiologic and forensic sciences. A Review of the Virtopsy and similar Projects. *European Radiology* 2008; 18:273-282
- Centre for Medical Image Science and Visualization (2009), *Om virtuella obduktioner i Sverige*
Tillgängligt: <http://www.cmiv.liu.se/>, (2009-11-15)
- Dedout F, Telmon N, Guilbeau-Frugier C, Gainza D, Otal P, Joffre F, Rougé D. Virtual autopsy and forensic identification practical application: a report of one case. *Forensic science* 2007; 52:960-964
- Dirnhofer R, Jackowski C, Vock P, Potter K, Thali M J. Virtopsy: minimally invasive, imaging-guided virtual autopsy. *RadioGraphics* 2006; 26:1305-1333
- Forsberg C, Wengström Y. *Att göra systematiska litteraturstudier* 2008; Stockholm: Natur och kultur
- Grabherr S, Gyax E, Sollberger B, Ross S, Oesterhelweg L, Bolliger S, Christe A, Djonov V, Thali M J, Dirnhofer R. Two-steps postmortem angiography with a modified heart-lung machine: preliminary results. *American Journal of Roentgenology* 2008; 190:345-351
- Isaksson M. *Grundläggande strålningsfysik* 2008; Studentlitteratur: Lund
- Jackowski C, Dirnhofer S, Thali M, Aghayev E, Dirnhofer R, Sonnenschein M. Postmortem diagnostics using MSCT and MRI of a lethal streptococcus group A infection at infancy: A Case report. *Forensic science International* 2005; 151:157-163
- Jackowski C, Persson A, Thali J. M. Whole body postmortem angiography with a high viscosity contrast agent solution using poly ethylene glycol as contrast agent dissolver. *Forensic Science* 2008; 53:465-468
- Jackowski C, Wyss M, Persson A, Classens M, Thali J. M, Lussi A. Ultra-high-resolution dual-source CT for forensic dental visualization – discrimination of ceramic and composite fillings. *Legal Medicine* 2008; 122:301-307
- Levy A, Abbott R, Mallak C, Getz J, Härke H, Champion H, Pearse L. Virtual autopsy: preliminary experience in high-velocity gunshot wounds victims. *Radiology* 2006; 240:522-528

Levy A, Harcke T, Getz J, Mallak C, Caruso J, Pearse L, Frazier A, Galvin J. Virtual autopsy: two- and three- dimensional multidetector CT findings in drowning with autopsy comparison. *Radiology* 2007; 243:862-868

Levy D. A, Harcke H. T, Getz J. M, Mallak C. T. Multidetector computed Tomography findings in death with severe burns. *Forensic Medical Pathology* 2007; 30:137-141

Levy G, Goldstein L, Blachar A, Apter S, Barenboim E, Bar-Dayyan Y, Shamis A, Atar E. Postmortem computed tomography in victims of military air mishaps: radiological-pathological correlation of CT findings. *The Israel medical association journal* 2007; 9:699-702

Lunds Universitet (2009), *Om rättsmedicinsk och juridisk verksamhet*
Tillgängligt: <http://www4.medfak.lu.se/avd/exjobb/testkatalog/rattsmedicin>, (2009-04-15)

Persson A, Jackowski C, Engström E, Zachrisson H. Advances of dual-energy imaging in postmortem CT. *European Journal of Radiology* 2008; 68:446-455

Petersilka M, Bruder H, Krauss B, Stierstorfer K, Flohr G. T. Technical principles of dual source CT. *European Journal of Radiology* 2008; 68:362-368

Rättsmedicinalverket (2009), *Om rättsmedicin*
Tillgängligt: <http://www.rmv.se/>, (2009-11-15)

Socialstyrelse (2009), *Socialstyrelsens författningssamling*
Tillgängligt: http://www.sos.se/sosfs/1997_26/1997_26.htm, (2009-11-15)

Thali J. M, Jackowski C, Oesterhelweg L, Ross G. S, Dirnhofer R. VIRTOPSY – The Swiss virtual autopsy approach. *Legal Medicine* 2007; 9:100-104

Virtopsy® (2009), *About virtopsy*
Tillgängligt: <http://www.virtopsy.com/>, (2009-11-15)

Yen K, Lövblad K-O, Scheurer E, Ozdoba C, Thali J. M, Aghayev E, Jackowski C, Anon J, Frickey N, Zwygart K, Weis J, Dirnhofer R. Post-mortem forensic neuroimaging: Correlation of MSCT and MRI findings with autopsy results. *Forensic science International* 2007; 173:21-35

Bilaga 1

<p><i>Titel:</i> Postmortem imaging of blunt chest trauma using CT and MRI. Comparison with Autopsy <i>Författare:</i> Aghayev E, Christe A, Sonnenschein M, Yen K, Jackowski C, Thali J. M, Dirnhofer R, Vock P. <i>Åratal (publ.):</i> 2008</p>	<p><i>Syfte:</i> Att visa fördelarna med virtuella obduktioner jämfört med konventionella rättsmedicinska obduktioner.</p>	<p><i>Metod:</i> Denna retrospektiva studie omfattade 24 fall av bröstorgstrauma. I samtliga fall genomfördes en postmortal DT-undersökning och en obduktion. Två legitimerade radiologer utvärderade bildmaterialet. Resultaten av den radiologiska bedömningen och obduktionen jämfördes. Sedan utfördes en beräkning av de radiologiska fynd som stämde med obduktionsfynden.</p>	<p><i>Resultat:</i> Med DT och MRT upptäcktes mellan 75 % och 100 % av alla patologier med undantag för hemomediastinum (70 %), diafragmarupturer (50 %) och hjärtskador (38 %). Gasansamlingar i pleurarummet och perikardrummet räknades inte eftersom dessa fynd inte nämndes i obduktionsprotokollen. Däremot var dessa fynd klart synliga radiologiskt. I genomsnitt var 90 % av fynden detekterade med DT jämfört med konventionella obduktioner.</p>
<p><i>Titel:</i> Virtues of virtual autopsy <i>Författare:</i> Becker J. G. <i>Åratal (publ.):</i> 2005</p>	<p><i>Syfte:</i> Att skapa en bild över den virtuella obduktionens tillämpningsområde.</p>	<p><i>Metod:</i> Artikeln är en översikt som beskriver den virtuella obduktionen i sin helhet, dess historik samt metodens fördelar.</p>	<p><i>Resultat:</i> En virtuell obduktion innebär att kroppen skannas med DT och/eller MRT för att fastställa en dödsorsak. Metodens största fördelar jämfört med den konventionella obduktionen är icke invasiv utförandeform, kort undersökningstid samt lägre kostnader. Metodens avsikt är att ersätta konventionella obduktioner i framtiden.</p>
<p><i>Titel:</i> Virtual autopsy using imaging: bridging radiologic and forensic sciences. A Review of the Virtopsy and similar projects <i>Författare:</i> Bolliger A. S, Thali J. M, Ross S, Buck U, Naether S, Vock P. <i>Åratal (publ.):</i> 2008</p>	<p><i>Syfte:</i> Att identifiera projektets forskningsområde, mål samt den virtuella obduktionens praktiska tillämpning.</p>	<p><i>Metod:</i> En översikt som visar på olika DT och MRT-metoder vid rättsmedicinska utredningar av dödsfall.</p>	<p><i>Resultat:</i> DT:s styrkor är upptäckt av ben- och metallfragment, samt gasansamlingar. MRT har hög sensitivitet vid blödningar och mjukdelsskador. Andra radiografiska metoder som 3D optisk skanning, mikro-DT samt mikro-MR beskrivs.</p>

<p><i>Titel:</i> Virtual autopsy and forensic identification practical application: a report of one case. <i>Författare:</i> Dedouit F, Telmon N, Guilbeau-Frugier C, Gainza D, Ota P, Joffre F, Rougé D. <i>Åratal (publ.):</i> 2007</p>	<p><i>Syfte:</i> Att visa på DT:s tillämpning vid fastställning av den avlidnes kön, ålder, och etnisk ursprung.</p>	<p><i>Metod:</i> Kroppen av en oidentifierad äldre kvinna som hittades i vattnet skannades med MSDT. Efter skanningen utfördes en obduktion. Resultaten av dessa undersökningar jämfördes.</p>	<p><i>Resultat:</i> Med hjälp av DT-bilder kunde kvinnans ålder bedömas. Kvinnans identitet var fastställd genom en jämförelse med gamla röntgenbilder från ett sjukhus där kvinnan genomgick en operation och osteosyntesmaterial var inopererat. Dödsorsaken fastställdes korrekt på DT.</p>
<p><i>Titel:</i> Virtopsy: minimally invasive, imaging-guided virtual autopsy <i>Författare:</i> Dirnhofer R, Jackowski C, Vock P, Potter K, Thali M J. <i>Åratal (publ.):</i> 2006</p>	<p><i>Syfte:</i> Att med hjälp av DT och MRT fastställa dödsorsaken, utvärdera skadornas vitalitetsgrad samt utföra rättsmedicinska rekonstruktioner av händelseförlopp.</p>	<p><i>Metod:</i> En omfattande översikt som ger en bild av projektet Virtopsy målen samt den virtuella obduktionens möjligheter.</p>	<p><i>Resultat:</i> Konventionell obduktion är en invasiv metod. Virtuella obduktioner med hjälp av DT och/eller MRT kan komplettera och även delvis ersätta den konventionella obduktionen. Olika dödsorsaker beskrivs där den virtuella obduktionen korreleras med obduktionsfynden. Mikro-DT, mikro-MRT samt 3D optisk skanning presenteras i artikeln.</p>
<p><i>Titel:</i> Two-steps postmortem angiography with a modified heart-lung machine: preliminary results. <i>Författare:</i> Grabherr S, Gyax E, Sollberger B, Ross S, Oesterhelweg L, Bolliger S, Christe A, Djonov V, Thali M J, Dirnhofer R. <i>Åratal (publ.):</i> 2008</p>	<p><i>Syfte:</i> Att synliggöra det vaskulära systemet på avlidna med hjälp av DT.</p>	<p><i>Metod:</i> En postmortal angiografi genomfördes med fettlösliga jodbaserade kontrastmedel och med hjälp av en modifierad hjärtlungmaskin vid fyra tillfällen. I två fall visualiserades övre extremiteternas kärlmönster. I två andra fall visualiserades nedre extremiteternas blodkärl.</p>	<p><i>Resultat:</i> I tre av de fyra fallen var vaskulära missbildningar upptäckta. I ett fall blev ett injektionsmärke synligt genom exudation av kontrastmedlet. I två fall detekterades ocklusioner av artärer och vener.</p>

<p><i>Titel:</i> Postmortem diagnostics using MSCT and MRI of a lethal streptococcus group A infection at infancy: A Case report. <i>Författare:</i> Jackowski C, Dirnhofer S, Thali M, Aghayev E, Dirnhofer R, Sonnenschein M. <i>Åratal (publ.):</i> 2005</p>	<p><i>Syfte:</i> Att fastställa dödsorsaken i ett icke rättsmedicinskt fall på ett minimalt invasivt sätt.</p>	<p><i>Metod:</i> Ett fall där en treårig flicka med streptokock grupp A infektion undersöktes. En MSDT gjordes 20 timmar efter döden och sedan genomfördes en konventionell obduktion. Det radiologiska utlåtandet jämfördes med obduktionsprotokollet.</p>	<p><i>Resultat:</i> Postmortala DT-bilder visade en ödematös okklusion i struphuvudet, svår lunginflammation, vätskefylld lunga, förstoring av cervikala lymfkörtlar och tonsiller, glossopharyngeal cysta samt en missbildning av den högra njuren. Dessa fynd bekräftades efter obduktionen. Under obduktionens gång togs ett bakteriologiskt prov från luftvägarna som visade streptokock grupp A infektion.</p>
<p><i>Titel:</i> Whole body postmortem angiography with a high viscosity contrast agent solution using poly ethylene glycol as contrast agent dissolver. <i>Författare:</i> Jackowski C, Persson A, Thali J. M. <i>Åratal (publ.):</i> 2008</p>	<p><i>Syfte:</i> Att höja kontrastmedlets viskositet genom användning av polyethylenglykol baserat kontrastmedel.</p>	<p><i>Metod:</i> En postmortal angiografi genomfördes med 65 % PEG-baserat kontrastmedel. Injektion av kontrastmedel utfördes via arteria femoralis i aorta ascendens. En hjärtlungmaskin användes för att kontrollera trycket (60 mmHg). Sedan skannades kroppen och 3D-rekonstruktioner användes för bildtolkningen.</p>	<p><i>Resultat:</i> Det önskade trycket 60 mmHg har uppnåtts snabbare än vid postmortala angiografier som var utförda med andra fettlösliga kontrastmedel. Detta bevisar att PEG:s höga viskositet höjer undersökningens kvalitet. Det arteriella systemet visualiserades utmärkt inklusive intrakraniella kärl. Inga bildartefakter blev upptäckta.</p>
<p><i>Titel:</i> Ultra-high-resolution dual-source CT for forensic dental visualization – discrimination of ceramic and composite fillings. <i>Författare:</i> Jackowski C, Wyss M, Persson A, Classens M, Thali J. M, Lussi A. <i>Åratal (publ.):</i> 2008</p>	<p><i>Syfte:</i> Att utföra personidentifieringar med hjälp av dubbelenergi DT.</p>	<p><i>Metod:</i> För att reducera stråkartefakter togs högre HU-värde bort. 122 människotänder skannades med en dubbelenergi DT. Tandfyllningarna var 2-5 mm stora och tillverkade av 10 olika typer av material. Efter skanningen beräknades tandfyllningsmaterialens HU-värde.</p>	<p><i>Resultat:</i> Genom tandfyllningsmaterialens olika HU-värde skapades en skala där lägsta värdet var 1717 HU och högsta – 30710 HU. Denna skala kan användas vid personidentifieringar. Tandfyllningarnas form och läge kan visualiseras på DT och jämföras med röntgenbilder från tandvården.</p>

<p><i>Titel:</i> Virtual autopsy: preliminary experience in high-velocity gunshot wounds victims. <i>Författare:</i> Levy A, Abbott R, Mallak C, Getz J, Harcke H, Champion H, Pearse L. <i>Åratal (publ.):</i> 2006</p>	<p><i>Syfte:</i> Att jämföra resultaten av DT-undersökningar av skottskadeoffer med konventionella obduktioners resultat.</p>	<p><i>Metod:</i> 13 skottskadeoffer skannades med 16-slice DT före obduktion. Bildbedömningarna jämfördes sedan med obduktionsresultaten. De patologierna som jämfördes var dödliga skottsåren, kulbanornas antal och lokalisering, skadade strukturer samt lokalisering av metallfragmenten.</p>	<p><i>Resultat:</i> Samtliga letala skottsår var detekterade på DT. Av totalt 78 kulbanor kunde 68 upptäckas på DT. Av de 10 som inte var detekterade befann sig 6 på övre extremiteter och 4 på låren. I 2 fall upptäcktes skador och metallfragment i halsregionen på DT men missades under obduktionen. Samtliga metallfragment identifierades korrekt på DT. Mindre blödningar kunde visualiseras sämre på DT.</p>
<p><i>Titel:</i> Virtual autopsy: two- and three-dimensional multidetector CT findings in drowning with autopsy comparison <i>Författare:</i> Levy A, Harcke T, Getz J, Mallak C, Caruso J, Pearse L, Frazier A, Galvin J. <i>Åratal (publ.):</i> 2007</p>	<p><i>Syfte:</i> Att utvärdera resultaten av DT-undersökningar på drunknade samt jämföra dessa med konventionella obduktioners resultat.</p>	<p><i>Metod:</i> En DT-undersökning genomfördes på 40 män som hittades döda i vattnet. 28 av de drunknade och 12 män dog i vattnet av plötsligt hjärtstopp. Radiologiska utlåtanden jämfördes sedan med obduktionsresultaten. Fynden som jämfördes var vätska och pålagringar i paranasala sinus och luftvägar, lungemfysem, intralobulära septala förtjockningar samt dilaterad och vätskefylld ventrikel.</p>	<p><i>Resultat:</i> Vätska i paranasala sinus och mastoidala luftspatier samt lungemfysem detekterades på DT hos samtliga undersökta. I 93 % av fall upptäcktes vätska i trakea och huvudbronker. 50 % av undersökta hade höggattenerade pålagringar i övre luftvägar. I 89 % fall upptäcktes dilaterad och vätskefylld ventrikel.</p>
<p><i>Titel:</i> Multidetector computed Tomography findings in death with severe burns. <i>Författare:</i> Levy D. A, Harcke H. T, Getz J. M, Mallak C. T. <i>Åratal (publ.):</i> 2007</p>	<p><i>Syfte:</i> Att jämföra resultaten av postmortala DT-undersökningar på brännskadade med konventionella obduktioners resultat.</p>	<p><i>Metod:</i> 17 brännskadade män undersöktes med 16-slice DT. Radiologiska fynd jämfördes sedan med obduktionsresultaten. De typiska värmeorsakade fynd som jämfördes var epiduralt hematoma, värmeorsakade amputationer och frakturer samt brännskador av mjukdelar och i luftvägar.</p>	<p><i>Resultat:</i> Samtliga frakturer och typiska fynd vid brännskador var upptäckta korrekt på DT. I 2 fall var inte subarachnoidalt hematoma detekterat som upptäcktes under obduktionen. Askan i luftvägarna detekterades inte på DT i 2 fall. Brännskador av huden, underhudsfettet samt skelettmuskulaturen identifierades korrekt på DT. Däremot kunde inte mindre rupturer och lacerationer av inre organ upptäckas.</p>

<p><i>Titel:</i> Postmortem computed tomography in victims of military air mishaps: radiological-pathological correlation of CT findings. <i>Författare:</i> Levy G, Goldstein L, Blachar A, Apter S, Barenboim E, Bar-Dayyan Y, Shamis A, Atar E. <i>Åratal (publ.):</i> 2007</p>	<p><i>Syfte:</i> Att jämföra resultaten av postmortala DT-undersökningar på offer av flygolyckor med konventionella obduktioners resultat.</p>	<p><i>Metod:</i> En retrospektiv studie som omfattar år 1992 till 1995. Postmortala DT-undersökningar gjordes med dual slice DT på 6 offer av helikopterolyckor. Endast axiella bildprojektioner användes i bildbedömningen. Röntgenologiska utlåtanden jämfördes med obduktionsprotokollen.</p>	<p><i>Resultat:</i> Det visade sig att DT har hög sensitivitet vid skelettskador (90,3 % jämfört med obduktionen). Samtliga patologiska gasansamlingar upptäcktes på DT medan obduktionen visade bara 3,5 %. Mjukdelsskador detekterades sämre på DT jämfört med obduktionsresultaten: 62,5 % av CNS-skador, 25 % av hjärtskador, 11,1 % av lungskador och 10,5 % av alla yttre skador.</p>
<p><i>Titel:</i> Advances of dual-energy imaging in postmortem CT. <i>Författare:</i> Persson A, Jackowski C, Engström E, Zachrisson H. <i>Åratal (publ.):</i> 2008</p>	<p><i>Syfte:</i> Att visa på fördelar med användning av dubbelenergi DT vid postmortala DT-undersökningar.</p>	<p><i>Metod:</i> En empirisk studie där en dubbelenergi DT användes för postmortala undersökningar av kroppar samt vävnadsfragment. En jämförelse gjordes mellan postmortala MSDT- och konventionella radiografiska undersökningar.</p>	<p><i>Resultat:</i> Genom att olika kV-parametrar kunde ställas in på varje röntgenrör, visualiserades mjukdelsskador och blödningar tydligare än vid undersökningarna med MSDT. Senor och ligament kunde visualiseras med DEDT. Personidentifieringar kunde underlättas eftersom DEDT:s 3D-bilder visualiserade tandfyllningarnas form, storlek samt lokalisation. Den höga spatiella upplösningen gjorde det möjligt att undersöka mikroskopiska vävnads- och metallfragment.</p>
<p><i>Titel:</i> Technical principles of dual source CT <i>Författare:</i> Petersilka M, Bruder H, Krauss B, Stierstorfer K, Flohr G. T. <i>Åratal (publ.):</i> 2008</p>	<p><i>Syfte:</i> Att skapa en bild över dubbelenergi DT:s tekniska princip.</p>	<p><i>Metod:</i> En översikt som beskriver dubbelenergi DT:s tekniska princip.</p>	<p><i>Resultat:</i> I en DEDT finns det 2 röntgenrör som är placerade med 90-graders vinkel till varandra. Vid rotation av rören ett halvt varv ger avbildning av hela snittet. På det viset förkortas undersökningstiden och, som följd, stråldosen. Den korta undersökningstiden gör det möjligt att undersöka hjärta utan premedicinering med beta-blockerare. Olika kV-parametrar kan ställas in på varje rör vilket förbättrar bildkontrast.</p>

<p><i>Titel:</i> VIRTOPSY – The Swiss virtual autopsy approach. <i>Författare:</i> Thali J. M, Jackowski C, Oesterhelweg L, Ross G. S, Dirnhofer R. <i>Åratal (publ.):</i> 2007</p>	<p><i>Syfte:</i> Att samla forskningsbaserade kunskaper inom patologi, radiologi, bildbehandling, fysik och biomekanik vid rättsmedicinska dödsfallsutredningar.</p>	<p><i>Metod:</i> En sammanfattande studie där en virtuell obduktion med MSDT och MRT, och en konventionell rättsmedicinsk obduktion jämförs. Artikeln ger en bild av projektets Virtopsy mål och forskningsområden.</p>	<p><i>Resultat:</i> Mikro-DT och mikro-MRT konkurrerar med histologiska undersökningar. DT postmortala undersökningar visualiserar skelettskador, patologiska gasansamlingar, främmande kroppar samt stora mjukdelsskador. MRT kompletterar undersökningen vid CNS-skador, blödningar och mindre mjukdelsskador. MR-spektroskopi ger möjlighet att urskilja pre- och postmortala metaboliter vilket kan hjälpa till att fastställa dödstiden.</p>
<p><i>Titel:</i> Post-mortem forensic neuroimaging: Correlation of MSCT and MRI findings with autopsy results. <i>Författare:</i> Yen K, Lövblad K-O, Scheurer E, Ozdoba C, Thali J. M, Aghayev E, Jackowski C, Anon J, Frickey N, Zwygart K, Weis J, Dirnhofer R. <i>Åratal (publ.):</i> 2007</p>	<p><i>Syfte:</i> Att jämföra resultaten av DT och MRT postmortala undersökningar med konventionella obduktioners resultat.</p>	<p><i>Metod:</i> En empirisk studie där 57 rättsmedicinska dödsfall undersöktes med MSDT och MRT, och jämfördes sedan med obduktionsresultaten. Samtliga undersökta hade CNS-skada som dödsorsak.</p>	<p><i>Resultat:</i> DT:s sensitivitet vis skelettskador var 96 % och MRT:s 98 %. Intrakraniella blödningar kunde visualiseras med DT och MRT i 94 % av fall. Hjärnödem var upptäckt med DT i 89 % och med MRT i 93 % av fall. Skador och lesioner som var mindre än 3 mm kunde identifieras varken på DT eller MRT. DT:s 3D rekonstruktioner hjälpte till att återställa händelseförlopp.</p>