

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Institut für Rechtsmedizin

Direktor: Prof. Dr. med. Klaus Püschel

Fehllagen bei Magensonden im post mortem Computertomogramm (PMCT)

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Johannes Müller
aus Münster

Hamburg 2018

**Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 17.05.2018**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

Prüfungsausschuss, der Vorsitzende: Prof. Dr. Klaus Püschel

Prüfungsausschuss, zweiter Gutachter: PD Dr. Dominic Wichmann

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
1.1. Hintergrund und Fragestellung	4
2. Material und Methode	6
2.1. Patienten und Altersverteilung	6
2.2. Magensonden	8
2.3. Post mortem Computertomographie	10
2.4. Datenverarbeitung mit Osirix®	12
3. Ergebnisse	13
3.1. Unterschiedliche Fehllagen	13
3.1.1. Schlaufe im Rachen	15
3.1.2. Schlaufe im Ösophagus	30
3.1.3. Magensonde in der Trachea	32
3.2. Vergleich Fehllagen im CT mit Sektionsbefund	34
3.3. Vergleich Fehllagen im CT mit Röntgendiagnostik ante mortem	34
3.4. Häufigkeit von Magensonden	36
3.5. Aufteilung der Fehllagen nach Todesursache	38
3.6. Sonstige Katheterschlaufen	39
4. Diskussion	42
5. Zusammenfassung / Summary	47
6. Abkürzungsverzeichnis	49
7. Literaturverzeichnis	49
8. Danksagung	54
9. Lebenslauf	55
10. Eidesstattliche Erklärung	56

1. Einleitung

1.1 Hintergrund und Fragestellung

Die Rechtsmedizin ist bei unklaren Todesfällen zur Feststellung von Todesart und -ursache von unmittelbarer Bedeutung zur Aufklärung von Verbrechen (Dettmeyer et al. 2011; Madea et al. 2007; Wirth et al. 2012).

Weiterhin kann die Rechtsmedizin auch medizinische Behandlungen von verstorbenen Patienten nachvollziehen, positive sowie unglückliche klinische Verläufe aufzeigen.

So formulieren De Vlieger et al. (2010) eine Fehldiagnoserate von 17%, daher besteht der Anspruch an die Rechtsmedizin die richtigen Diagnosen post mortem zu erkennen.

Insbesondere in den Körper eingebrachte Fremdkörper wie Sonden, Katheter oder Drainagen sind auch post mortem im Bezug auf die korrekte Lage zu beurteilen. Hierfür hat sich die post mortem Computertomographie (PMCT) sehr bewährt. Dieses Verfahren ist zur Unterstützung und Effizienzsteigerung von Sektionen inzwischen vielerorts Routine (Andenmatten et al. 2008; Hoey et al. 2007; Levy et al. 2006 & 2007; Paperno et al. 2005).

Die in der Klinik längst etablierte Computertomographie hat inzwischen auch als PMCT ihren festen Platz (Thali et al.).

Das PMCT als nicht-invasives Verfahren dokumentiert „zerstörungsfrei“. Die folgende Sektion kann somit ohne vorherige Manipulation erfolgen.

In den letzten Jahrzehnten sank die Sektionsrate in vielen Ländern deutlich ab (Roberts 1978, Veress et al. 1993). Hierfür gibt es viele Gründe, als Hauptgrund zeigte sich die fehlende Zustimmung der Angehörigen (Combes et al. 2004).

Mehr und mehr rückt auch der finanzielle Aspekt – Sektionen sind wesentlich teurer als eine Computertomographie - in den Vordergrund (Weustink et al. 2009).

Seit der Einführung am 01.02.2008 wurden ca. 6000 postmortale Computertomographien im Hamburger Institut für Rechtsmedizin durchgeführt, derzeit jedoch ausschließlich als Ergänzung zur bestehenden Sektion. In enger Abstimmung mit der Staatsanwaltschaft werden auf Basis eines Indikationskatalogs postmortale Computertomographien vor der eigentlichen Autopsie durchgeführt.

Mit Hilfe der Bildgebung konnten bereits diverse spezielle klinische Fragestellungen beantwortet und die klinische Routine verbessert werden (Heinemann et al. 2012). Es entwickelte sich daraus ein weiteres Mittel zur Qualitätskontrolle von ärztlichen sowie pflegerischen Prozeduren.

Sollten sich im Verlauf weitere Erkenntnisse zur Todesursache ergeben, können die gespeicherten PMCT erneut ausgewertet werden.

Es zeigten sich in der Befundung der routinemäßig durchgeführten postmortalen Computertomographien in den letzten Jahren gehäuft Bilder von Magensonden mit Schlaufen im Rachen. Die klinisch eingebrachten Magensonden werden zumeist vor einer Sektion entfernt, so dass eine

inkorrekte Lage der Sonde auf diesem Weg nur selten nachgewiesen werden kann.

Komplikationen einer nasogastralen Sonde sind häufig tracheale sowie ösophageale Fehllagen mit Schlaufenbildung sowie Nasenbluten, Sinusitis, Verstopfung bis zur Aspirationspneumonie (Baskin 2006).

In dieser Arbeit werden retrospektiv die Magensondenfehllagen in den postmortalen Computertomographien bestimmt und mit den Sektionsergebnissen verglichen. Außerdem werden radiologische Aufnahmen bis eine Woche vor dem Ableben der Patienten unter dem Aspekt der Fehllagen analysiert.

Abschließend wird untersucht, wie Sondenfehllagen erkannt und behoben bzw. bestenfalls vermieden werden können, um Verbesserungen für den klinischen Alltag zu erreichen.

2. Material & Methode

2.1 Patienten und Altersverteilung

Für die folgende Auswertung wurden von den 5902 post mortem Computertomographien der Jahre 2009-2016 die Magensondenfehlagen von 39 Patienten untersucht.

Für die letzten vier Jahre dieses Zeitraumes (2013-2016) wurden sämtliche PMCT im Hinblick auf das Vorliegen einer Magensonde kontrolliert. Dieses war in 780 Fällen der Fall. Bei 24 Patienten zeigte sich eine Fehllage.

Die aufgeführten Fehllagen der Magensonden wurden in der ersten Befundung erkannt und speziell für diese Arbeit erneut ausgewertet und systematisch analysiert.

Tab. 1: Aufteilung der Patienten nach Geschlecht und Untersuchungsjahr (n=39)

Jahr	männlich	weiblich	Summe
2009	2	0	2
2010	2	1	3
2011	2	0	2
2012	5	3	8
2013	1	1	2
2014	3	3	6
2015	4	3	7
2016	8	1	9
	27	12	39

36 Patienten wurden aus sieben Kliniken Norddeutschlands (Hamburg sowie die angrenzenden Bundesländer), sowie drei Patienten von zuhause in die Rechtsmedizin eingewiesen.

Zur Bestimmung der Häufigkeit von Magensondenfehlagen wurden für den Zeitraum 2013-2016 sämtliche im PMCT diagnostizierten Magensonden überprüft.

Es handelt sich um insgesamt 780 Patienten mit Magensonden, bei 24 Patienten zeigten sich Magensondenfehlagen.

Tab. 2: Korrekt einliegende Magensonden im Vergleich zu Sondenfehlagen (n=780)

Jahr	Magensonden	Fehllagen	korrekte Lage
2013	130	2	128
2014	155	6	149
2015	237	7	230
2016	258	9	249
Summe	780	24	756

Die Altersverteilung ergibt eine Häufung von männlichen Patienten (n=27) gegenüber weiblichen (n=12) sowie eine Häufung von über 60jährigen Patienten (Männer n=21, Frauen n= 8).

Tab. 3: Altersverteilung der Patienten (n=39)

Alter	Männer	Frauen
<40 Jahre	1	1
40-49 Jahre	4	2
50-59 Jahre	2	1
60-69 Jahre	11	3
>70 Jahre	9	5
Summe	27	12

Zwischen 2009 und 2016 wurden im Hamburger Institut für Rechtsmedizin 5902 post mortem Computertomographien durchgeführt. Im Verlauf dieser Zeit konnte eine Steigerung der PMCT von 545 auf 886 (+341) beobachtet werden (s Abb.1).

Tab. 4: Anzahl der post mortem Computertomographien

Jahr	Anzahl
2009	545
2010	740
2011	627
2012	702
2013	741
2014	780
2015	881
2016	886
Summe	5902

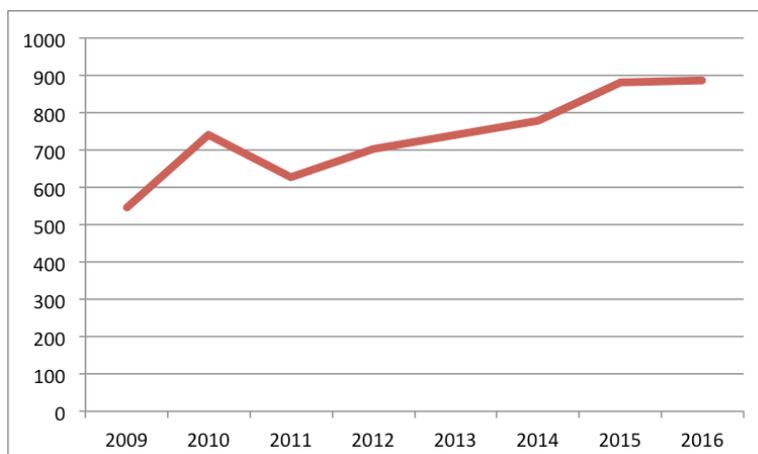


Abb. 1: grafische Darstellung der post mortem Computertomographien in den Jahren 2009-2016 am Institut für Rechtsmedizin des UKE (n=5902 insgesamt)

2.2 Magensonden

Magen- bzw. Dünndarmsonden werden auf der einen Seite zur Ernährung von intubierten, intensivpflichtigen Patienten (Gramlich et al. 2004) oder Patienten mit Dysphagie verwendet (Freeman et al. 2010).

Auf der anderen Seite ermöglichen sie die Ableitung von Magen- und Darmsekret z.B. bei postoperativer Paralyse oder bei tumoröser Obstruktion des Darmlumens.

Bei langer Anwendungsdauer werden nasogastrale Magensonden häufig schlecht toleriert, da sie für ein unangenehmes Gefühl im Pharynx sorgen sowie Refluxösophagitis und Druckulzera auslösen können (Blumenstein et al. 2014).

Verschiedene Sondenarten

Nasogastrale- bzw. nasoduodenale Sonden bestehen aus Polyurethan, Silikonkautschuk sowie Polyvinylchlorid (PVC).

Die Sonden haben eine Länge von 80-100cm bei Magen- und 100-120cm bei Duodenalsonden und einen Durchmesser von 8-16Ch (2,67mm – 5,33mm) (Haverkamp et al. 2009).

Unterschieden werden gastrale, duodenale und jejunale Lagen sowie ein-, zwei- bzw. drei-lumige Sonden.

Mittels mehrlumiger Sonden kann die Ernährung über ein jejunales Ende durchgeführt werden, während im Magen noch zwei Lumen zur Belüftung bzw. Absaugung zur Verfügung stehen. Häufig genutzt wird diese Sonde nach resezierenden Eingriffen am Ösophagus bzw. Magen zur Protektion der Anastomosen vor Insuffizienzen.

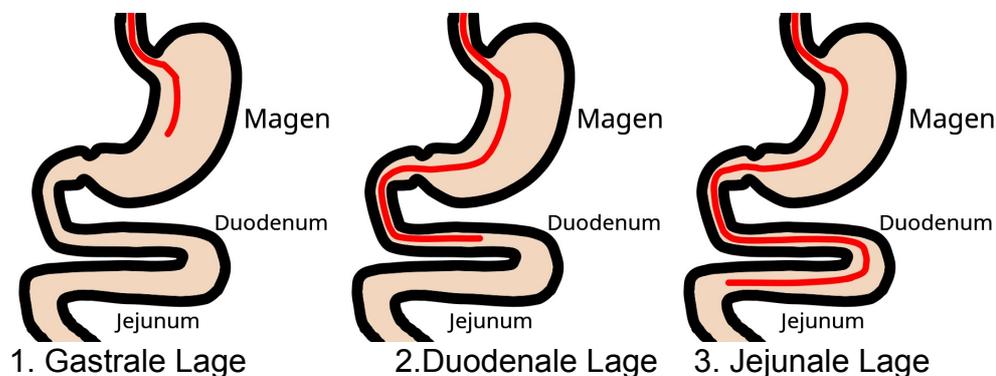


Abb. 2: Unterschiedliche Sondenlagen im oberen Gastrointestinaltrakt

Indikation und Anlage einer nasogastralen Sonde

Die Indikation zur Anwendung einer nasogastralen Sonde wird für die folgenden Anwendungsbereiche gestellt (modifiziert nach Hodin et al. 2015):

- Dekompression des Gastrointestinaltraktes (z.B. Ileus)
- Medikamentengabe
- Enterale Ernährung
- Spülung des Magens
- Intraluminale Vakuumtherapie (zur Defektsanierung, Loske et al. 2011)

Die Anlage nasogastraler Sonden ist bei Patienten mit Ösophagusstrikturen auf Grund des deutlich erhöhten Perforationsrisikos kontraindiziert. Ebenso sind nasogastrale Sonden bei Patienten mit Verdacht auf eine Schädelbasisfraktur auf Grund der Gefahr von intrakraniellen Fehllagen kontraindiziert (Ferrerias et al. 2000).

Die prophylaktische Einlage einer nasogastralen Sonde wird kontrovers diskutiert. Zunächst wurde davon ausgegangen, dass eine Magenentlastung das Risiko eines postoperativen Ileus sowie von Anastomoseninsuffizienzen und Lungenkomplikationen reduziert (Nelson et al. 2005). In nachfolgenden Studien wurde gezeigt, dass eine prophylaktische Sondenanlage keinen weiteren Nutzen bringt (Yang et al. 2008, Kunstman et al. 2013). Hiervon zu unterscheiden sind präoperative Magensondenanlagen bei nicht-nüchternen Patienten vor Notfalloperationen. Bei den so genannten rapid-sequence inductions („Ileus-Einleitung“) kann eine Nüchternheit nicht abgewartet werden.

Bei kritisch kranken Patienten wird die frühzeitige enterale Ernährung über eine Magensonde vorteilhaft betrachtet.

Eine bakterielle Fehlbesiedlung wird vermieden, ebenso kommt es zu weniger Organkomplikationen (Kudsk 2001). Je frühzeitiger eine enterale Ernährung durchgeführt und toleriert werden kann, desto geringer sind die schwerwiegenden Komplikationen, wie verlängerter Intensivstationsaufenthalt (Marik et al. 2001).

Üblicherweise werden nasogastrale Sonden im Krankenhausalltag blind eingeführt. Nur in seltenen Fällen (z.B. bei Anastomosenkontrollen nach resezierenden Eingriffen im oberen Gastrointestinaltrakt) erfolgt eine Sondenanlage unter gleichzeitiger endoskopischer Kontrolle.

Ein Sonderfall beschreibt die Magensondenanlage bei intubierten Patienten. Da keine Schutzreflexe vorhanden sind, wird eine tracheale Fehllage nicht durch eine Reaktion (Dyspnoe, dauerhaftes Husten) des Patienten erkannt. Auch bei Patienten mit geblocktem Trachealtubus ist eine tracheobronchiale Fehllage möglich (Wang et al. 2008). Zur sicheren Positionierung der Sonde wird insbesondere hier eine Laryngoskopische Kontrolle empfohlen.

Die richtige Länge einer Magensonde kann auf verschiedene Weisen bestimmt werden. Bisher hat sich keine Messmethode durchgesetzt (Ellett et al. 2004). Bei der am häufigsten angewandten Methode wird die Entfernung vom Ohr zur Nasenspitze zum Xyphoid benutzt (Beckstrand et al. 2007).

Das normale Vorgehen kann - in Kürze - so beschrieben werden:

1. Lokalanästhesie des Nasenrachenraumes mit Sprühvernebler, Applikation von Gleitmittel im Nasenloch und an der Sonde (Gallagher 2004)
2. Extension des Kopfes und Eingehen mit der gekühlten Sonde bis zum Pharynx (ca. 10-15cm)
3. Flexion des Kopfes und weiteres Vorschieben der Sonde durch den Mesopharynx in den Ösophagus
4. Aufforderung zum Schlucken zur Überwindung des oberen Ösophagussphinkters
5. Langsames Vorschieben bis zur gewünschten Lage (Markierung auf der Sonde beachten) und Fixierung der Sonde

Möglichkeiten der Lagekontrolle

Die korrekte Lage einer nasogastralen Sonde wird im klinischen Alltag zumeist durch impulsartige Insufflation von 20-50ml Luft unter gleichzeitiger Auskultation des Epigastriums als „Blubbern“ festgestellt. Jedoch beschreiben McClave et al. bereits 2003 die Auskultation nach Luftinsufflation zur Lagebestimmung einer nasogastralen Sonde als inakkurat. Die Inspektion des Mundraumes zur Feststellung einer Schleifenbildung im Bereich des Rachenraumes gehört ebenso zur Lagekontrolle.

Der britische National Health Service veröffentlichte im Juli 2016 ein Hinweisschreiben (Patient Safety Alert NHS/PSA/RE/2016/006) mit der Feststellung, dass nur die Aspiration von Magensaft über die Sonde mit Bestimmung des pH Wertes, welcher <4 sein sollte, oder die Röntgenkontrolle zur Lagebestimmung in Frage kommen. Im Zweifel bietet das Röntgenbild als einzige Methode eine eindeutige Lagekontrolle, sofern der Rachenraum mit abgebildet ist (Zipfel et al. 2012).

2.3 Post mortem Computertomographie

Die post mortem Computertomographie wird routinemäßig bei Sektionen in der Rechtsmedizin durchgeführt.

Die Vergleichbarkeit von Sektionen und virtueller Autopsie mittels PMCT wurde in Studien gezeigt (Wichmann et al. 2012, Roberts et al. 2012).

Im Jahr 2009 erarbeitete das Institut für Rechtsmedizin in Zusammenarbeit mit der Hamburger Staatsanwaltschaft einen Indikationskatalog, nach welchem die PMCT durchgeführt wird. Dieser umfasst:

- 1 Verdacht auf Tötungsdelikte durch Schuss, Stich, sonstige stumpfe / scharfe Gewalteinwirkung
- 2 Unfälle (Sturz, Verkehrs-, Arbeitsunfälle)
- 3 Behandlungsfehlerverdacht nach / bei medizinischen Interventionen (offen-chirurgisch, minimalinvasiv, endovaskulär), Intubation, Zugängen
- 4 Nicht identifizierte Leichen
- 5 Alle Todesfälle von Kindern
- 6 Weitere Indikationen (z.B. Leichen im Verwesungszustand)

(Köwing A, 2012; Heinemann et al. 2012)

Die Einwilligung zur Durchführung der PMCT muss durch die Angehörigen gegeben sein oder erfolgt auf Anordnung der Staatsanwaltschaft.

Verglichen mit den deutlich zurückgehenden Zustimmungsraten von Angehörigen bei Sektionen gibt es bei dem post mortem

Computertomogramm ein wesentlich geringeres Ablehnungsverhalten, da der Körper hier nicht versehrt wird (Wichmann et al. 2012).

Die Auswahl der Patienten zum PMCT erfolgt auf Grundlage des bereits beschriebenen Katalogs.

Zur post mortem Bildgebung wurde am Hamburger Institut für Rechtsmedizin zunächst ein 4-Zeilen-Computertomograph (MX8000 Quad 4 Slice, Firma Philips) verwendet, dieser wurde im Jahr 2012 auf einen 16-Zeilen-Computertomographen (Philips Brilliant 16-channel CT) erweitert.

Bei den Verstorbenen wurden vier Serien gefahren, eine selektive Serie Kopf-Hals (Vorschub 0,8; Pitch 0,5), eine selektive Serie Herz / Thorax (Vorschub 0,8; Pitch 0,5) sowie zwei Ganzkörperserien (Weichteil und Knochen, Vorschub 1, Pitch 1), jeweils mit 180-230 mAs und 120-140 KV.

Die Identifikation einer mit Röntgenstreifen versehenen Magensonde ist sowohl bei einem 4- wie auch 16-Zeilen-Computertomographen problemlos und über die gesamte Sondenlänge möglich, am häufigsten in der Kopf / Hals sowie Herz /Thoraxserie.



Abb. 3: Computertomograph des Instituts für Rechtsmedizin (Quelle: <https://www.uke.de/kliniken-institute/institute/rechtsmedizin/bereiche/forensische-bildgebung/index.html>, 29.01.2018)

Im Vergleich zur klinischen Computertomographie bietet das PMCT einige Vorteile. Zum einen gibt es keine Bewegungsartefakte. Zum anderen entfallen die Limitationen des Strahlenschutzes, so dass die Verwendung höherer Strahlendosen sowie Wiederholungsuntersuchungen problemlos möglich sind.

Ferner soll das PMCT die Todesursache und nicht zu behandelnde Verletzungen aufzeigen (Vogel et al. 2014).

Zur Auswertung müssen im PMCT andere Bedingungen zu Grunde gelegt werden, die Gas- sowie Wasserverteilung ändert sich bei Verstorbenen schnell und bedarf eines geschulten Auswerters (Flach et al. 2011).

2.4 Datenverarbeitung mit Osirix®

Die aus dem Institut für Rechtsmedizin erhaltenen PMCT-Daten wurden in das open-source Diagnostikprogramm Osirix® importiert und hinsichtlich einer Magensondenfehlage erneut ausgewertet. Ein besonderes Augenmerk lag auf der Art der Fehllage (Schleife im Rachen, im Ösophagus; Fehllage in der Trachea). Das Osirixprogramm bietet neben der Nativbilddiagnostik auch die Möglichkeit der 3D-Rekonstruktion sowie Festlegung einer ‚region of interest‘ (ROI). Erfahrungsgemäß wurde die Sonde am deutlichsten in der MIP (maximum intensity projection) sowie in der 3D-Projektion dargestellt. Weiterhin können Schwerpunkte auf das Weichgewebe oder die Knochen gelegt werden. Das open-source Programm bot sich auf Grund der geringeren Kosten für die Rechtsmedizin an und kann unter www.osirix.de aus dem Internet geladen werden. Wir haben mit der jeweils neuesten Version gearbeitet.

Die folgenden Abbildungen erklären die Arbeitsschritte.

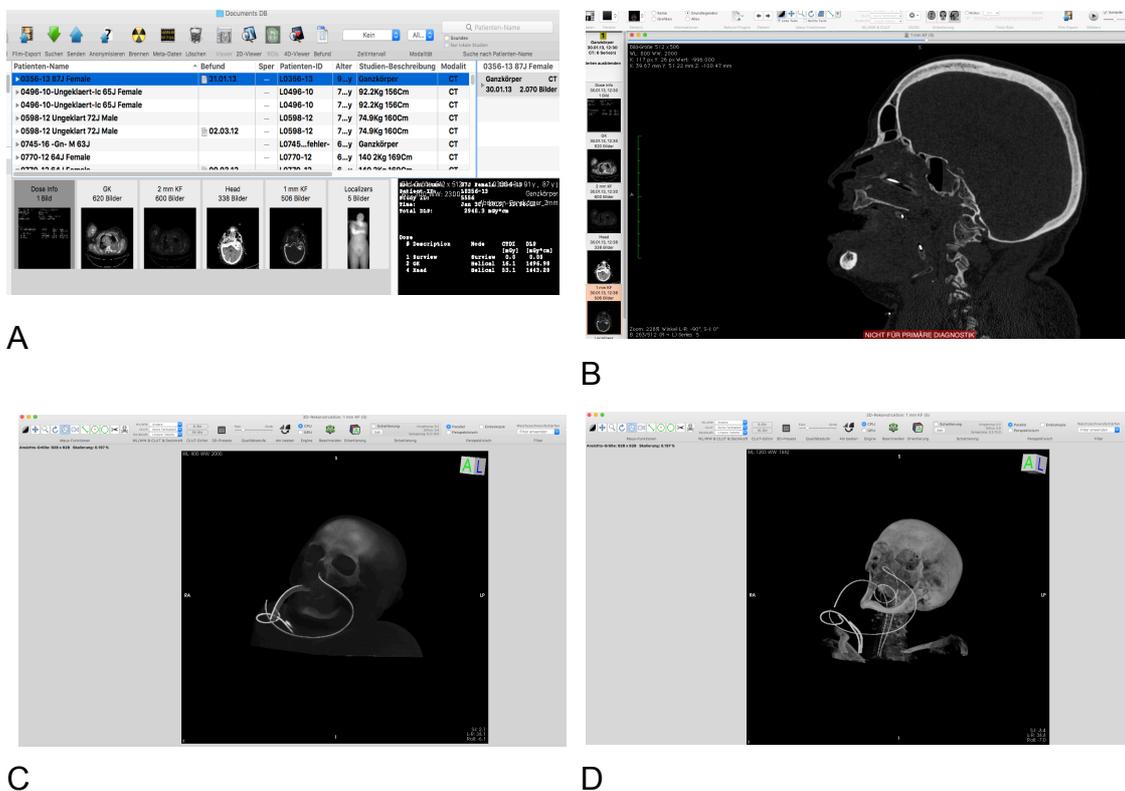


Abb. 4 A-D: (A) Import der DICOM Daten in das Osirix Diagnostikprogramm, (B) Untersuchung der Nativdaten in coronarer, transversaler und sagittaler Ebene auf die Fehllage und das Ende der Magensonde, (C) 3D Rekonstruktion im Weichteilfenster und (D) im Knochenfenster mit nun gut sichtbarer Magensondenschleife im Rachen.

3. Ergebnisse

Zwischen 2009 und 2016 (8 Jahre) wurden bei 39 verstorbenen Patienten Magensondenfehlagen diagnostiziert.

Für den Zeitraum 2013-2016 (4 Jahre) wurden in 780 PMCT Magensonden nachgewiesen. Davon waren 24 nicht korrekt einliegend (3,2%).

Tab. 5: Häufigkeit der Magensondenfehlagen

Jahr	Magensonden	Fehllagen	korrekte Lage	Prozent
2013	130	2	128	1,6
2014	155	6	149	4,0
2015	237	7	230	3,0
2016	258	9	249	3,6
Insgesamt	780	24	756	3,2

3.1 Unterschiedliche Fehllagen

In Bezug auf die Schlaufen lässt sich eine Einteilung durchführen in Anzahl der Schlaufen (einmalig oder mehrmalig) und Lokalisation (Rachen, Trachea, Magen). In 72% der Fälle wurde eine einfache Schlaufe im Rachen nachgewiesen.

Tab. 6: Lokalisation und Anzahl der Schlaufen

Jahr	Schlaufe im Rachen (=1)	Schlaufen im Rachen (n>1)	Schlaufe in Trachea	Schlaufe im Magen
2009	1			1
2010	3			
2011	2			
2012	5	1		2
2013	2			
2014	5	1		
2015	6			1
2016	4	4	1	
Insgesamt	28	6	1	4

Weiterhin wurde die Position des Magensondenendes bei Fehllage in den vorliegenden PMCT untersucht.

Eine im Rachen umgeschlagene Sonde ist einerseits unangenehm für den Patienten. Wenn die Magensondenspitze den Magen nicht erreicht, erfüllt die Sonde ihren Zweck nicht oder nur minimal. Bei trachealen Fehllagen besteht ferner bei Beschickung der Sonde ein hochgradiges Pneumonierisiko sowie die Gefahr des Erstickens.

Tabelle 7 und Abbildung 5 zeigen die unterschiedlichen Positionen des Magensondenendes.

Tab. 7: Lagen der Magensondenendes, in absoluten Zahlen

Lage des Sondenendes	n
Magencorpus	17
Cardia	6
Ösophagus	9
Rachen (umgeschlagen)	3
Trachea	3
Insgesamt	39

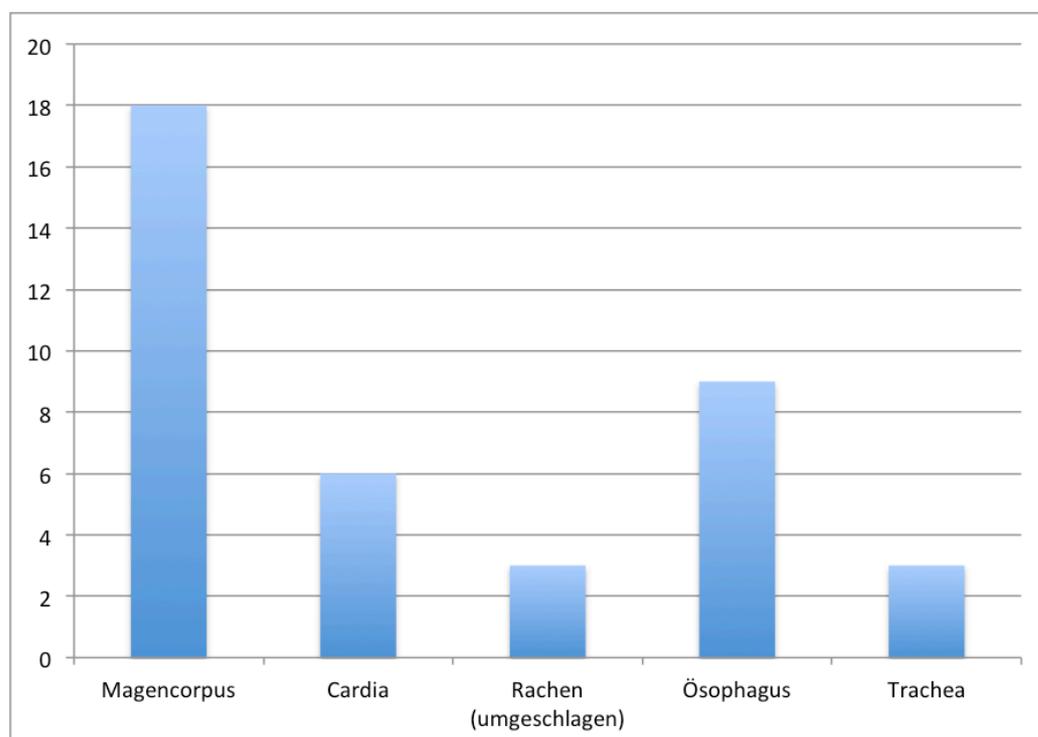


Abb. 5: Lage des Magensondenendes

3.1.1 Schlaufe im Rachen

Die häufigsten Fehllagen von Magensonden waren Schlaufen im Rachen (Pharynx). Der Rachen wird aufgeteilt in Naso-, Oro- und Laryngopharynx. Der Laryngopharynx kann noch unterteilt werden in supra-, trans- und subglottischen Raum. Hier zählt insbesondere der im oberen Abschnitt gelegene Sinus piriformis zu einer möglichen Engstelle (Agarwala et al. 1998). Folgend werden in dem PMCT diagnostizierte pharyngeale Fehllagen dargestellt und beschrieben.

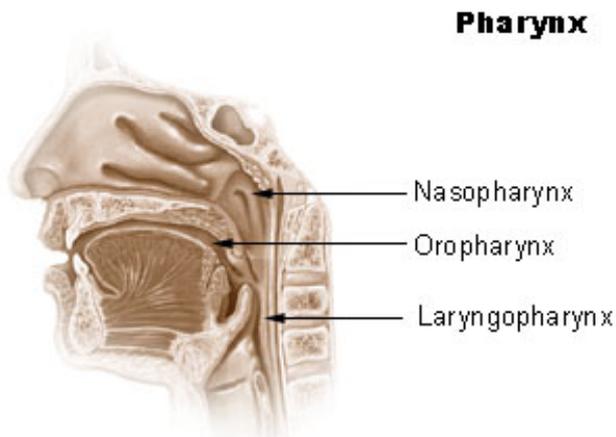


Abb. 6: Einteilung des Pharynx.

(Quelle: <http://www.cortexity.com:8080/nicksblog/images/pharynx.jpg>, 02.11.2017)

Es gibt drei physiologische Engstellen im Bereich des Ösophagus, welche eine Behinderung der Magensonde darstellen und zur Schlaufenbildung beitragen können. Für die hier gezeigten pharyngealen Schlaufen ist insbesondere die erste Ösophagusenge am Larynx bedeutend. Die Magensonde kann hier, gerade bei intubierten Patienten, umschlagen und eine Rachenschlaufe ausbilden.

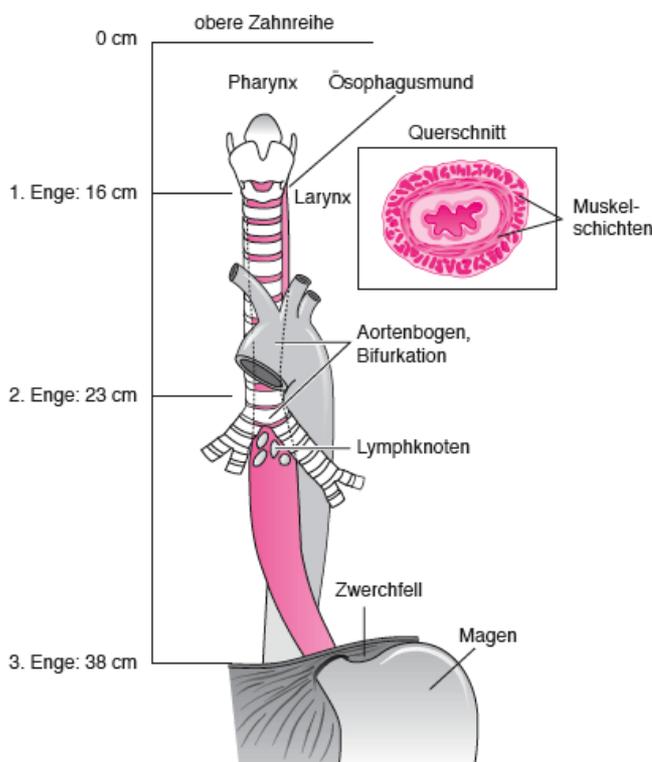
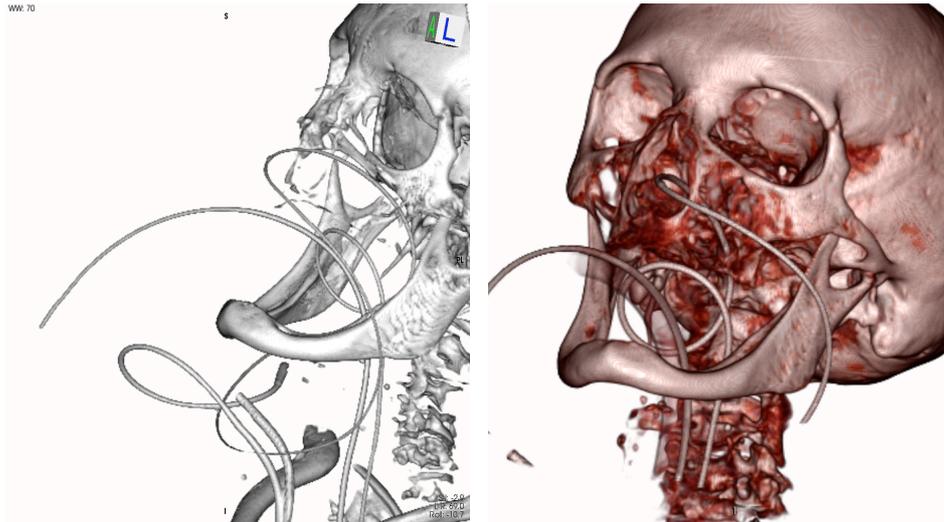


Abb. 7: Engstellen im Ösophagus.

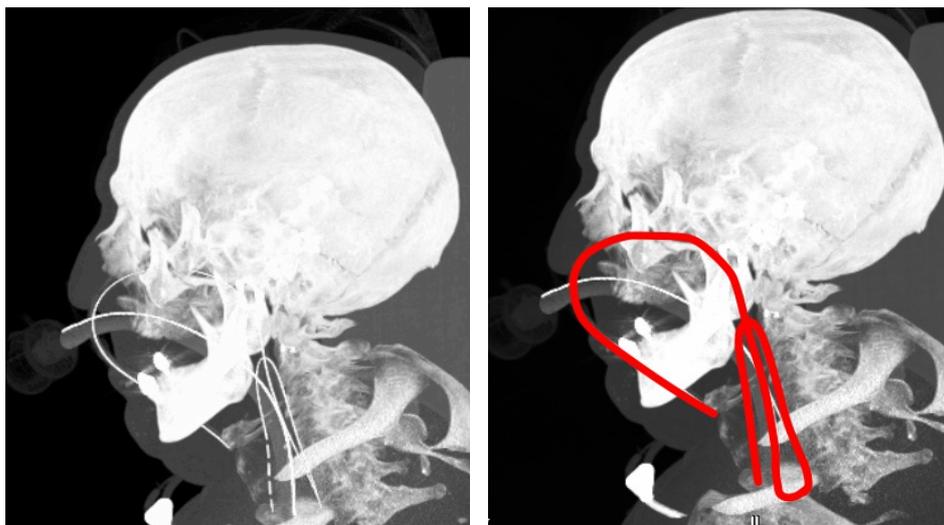
Quelle: Berghaus A. (1996) Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde Taschenbuch, Seite 490.



A

B

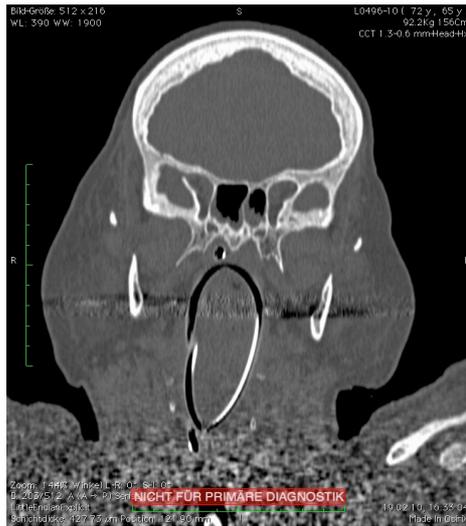
Abb. 9A-B, Schlaufe mit Umschlag im Oropharynx. A: sagittale 3D Rekonstruktion im Knochenfenster, B: Weichgewebfenster. 87J., w., gestorben an Myokardinfarkt (Reanimation).



A

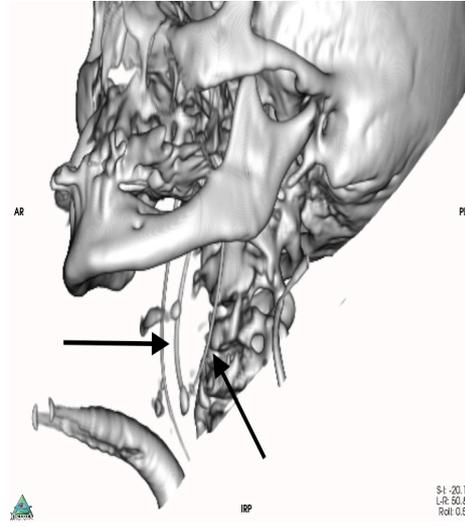
B

Abb. 10A-B, Schlaufe mit Umschlag im Laryngopharynx mit einliegendem Beatmungstubus. A: sagittale MIP Rekonstruktion, Knochenphase, B: zur besseren Darstellung rot markiert. 66J., m., gestorben an Fournierscher Gangrän.



A

B



C

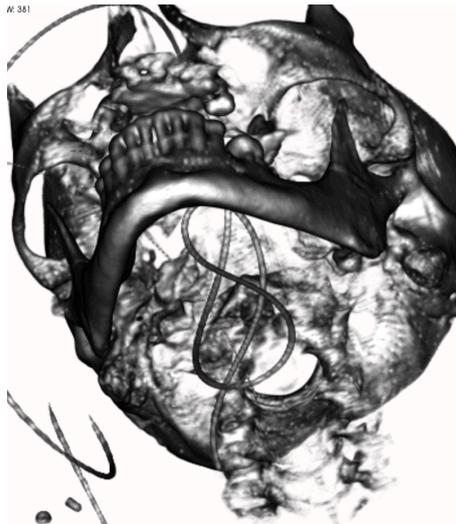
D

Abb. 11A-D, Schlaufe mit Umschlag im Oro- / Laryngopharynx (mit Pfeilen markiert). A: sagittale Darstellung, B: coronare Darstellung, C: 3D-Weichgewebstdarstellung, D: im Knochenfenster.

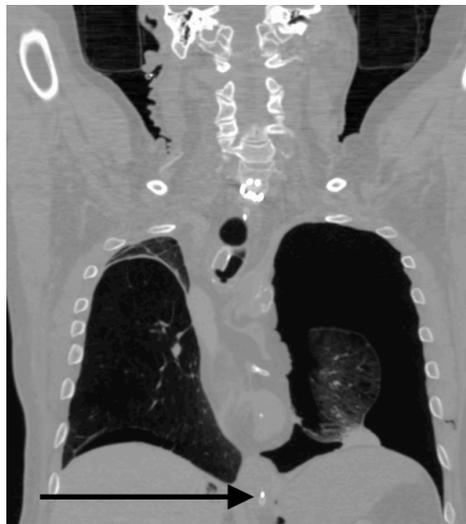
65J., w., gestorben an Multiorganversagen nach Duodenopankreatektomie (OP n. Whipple).



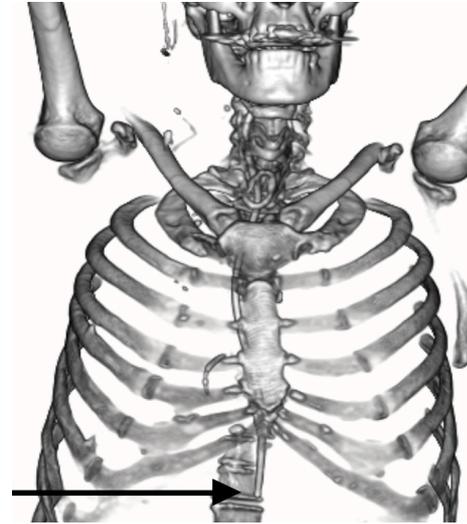
A



B

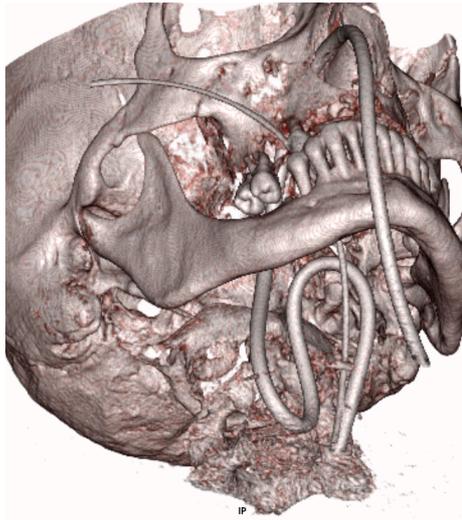


C

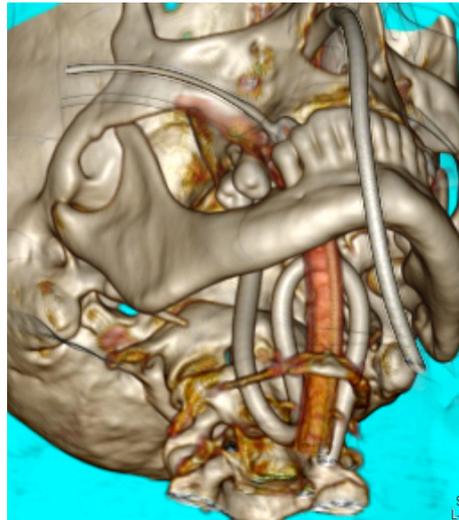


D

Abb. 12A-D, Schlaufe in Form einer „8“ mit Umschlag im Oropharynx sowie Magensondenende im unteren Ösophagus. A: coronare Darstellung, B: schräg-transversale 3D-Rekonstruktion, C: coronare Darstellung des Magensondenendes, zu sehen ebenfalls der große, linksseitige Pneumothorax und D: coronare 3D-Rekonstruktion im Knochenfenster. 63J, w., gestorben an Myokardinfarkt mit Reanimation und Spannungspneumothorax.



A



B

Abb. 13A-B, Schlaufe mit Umschlag im Laryngopharynx sowie sichtbarem Beatmungstubus. A: schräg-transversale Rekonstruktion, B: Weichgewebfenster des Befundes, hier werden die sehr beengten Platzverhältnisse des Beatmungstubus sowie der Magensondenschlaufe deutlich

64J, w., frustrane Reanimation bei kardialer Dekompensation.



A

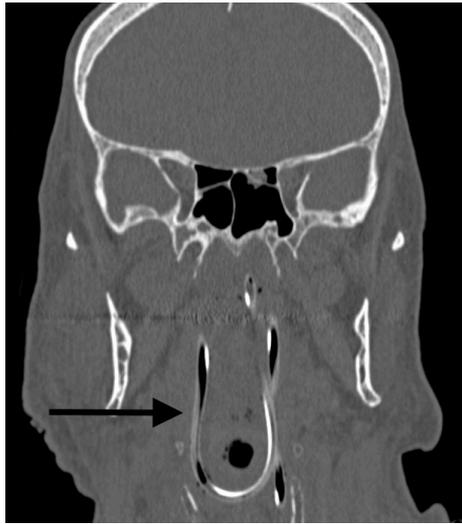


B

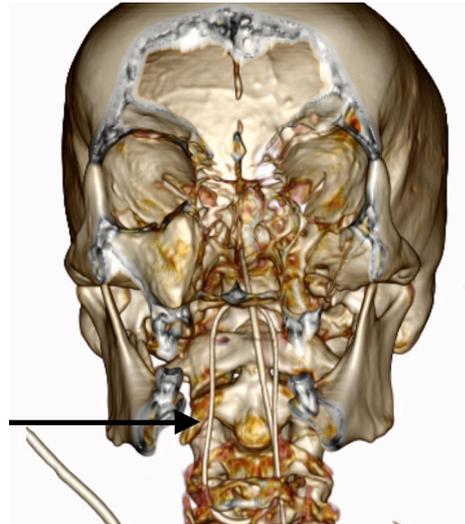
Abb. 14 A-B, Schlaufe mit Umschlag im Oropharynx sowie Beatmungstubus.

A: coronare, angeschnittene 3D Rekonstruktion und B: sagittaler Schnitt

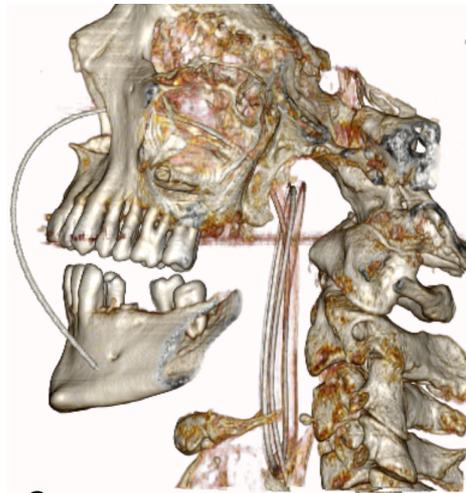
62J, m., frustrane Reanimation bei Mesenterialischämie.



A



B

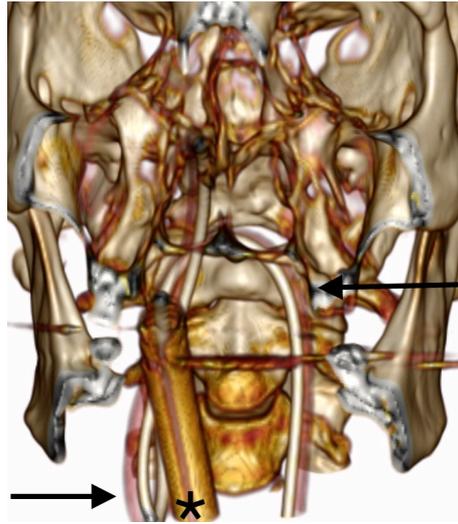


C

Abb. 15A-C, Schlaufe mit Umschlag im gesamten Pharynx.
 A: coronare Darstellung mit unterer Schlaufe (Pfeil), B: coronare 3D
 Rekonstruktion, C: sagittale 3D Rekonstruktion.
 66J, m., gestorben an Fournierscher Gangrän.



A



B

Abb. 16A-B, Schlaufe mit Umschlag im Nasopharynx. A: coronare Darstellung, B: coronare, angeschnittene 3D Rekonstruktion (mit Pfeil markiert, einliegender Beatmungstubus (Stern)).

45J, m., gestorben an RCA (Right Coronary Artery) Abriss nach Koronarangiographie und Notfalloperation.

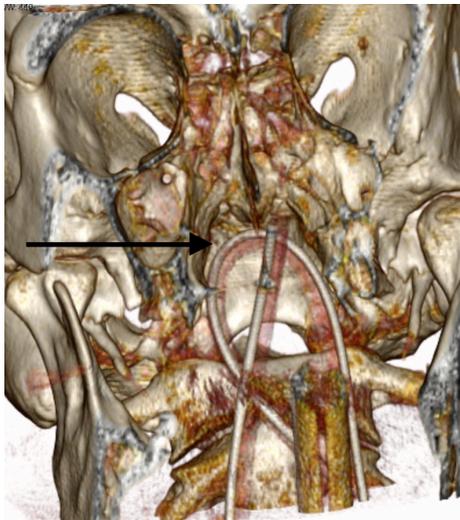
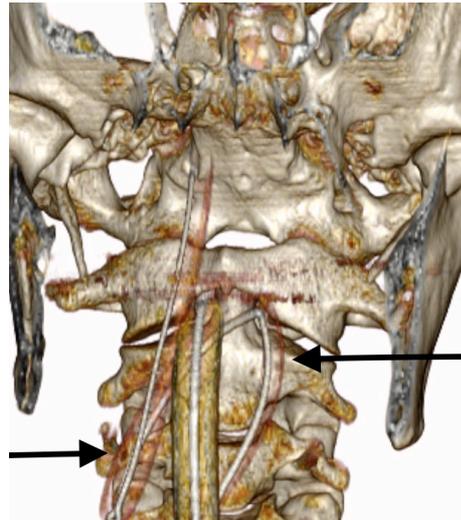


Abb. 17, Schlaufe mit Umschlag im Nasopharynx (Pfeil) in der angeschnittenen coronaren 3D-Rekonstruktion.

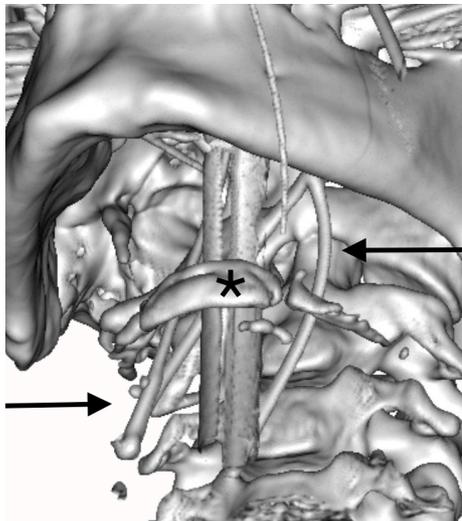
45J, m., gestorben an Landouzy-Sepsis bei Tuberkulose.



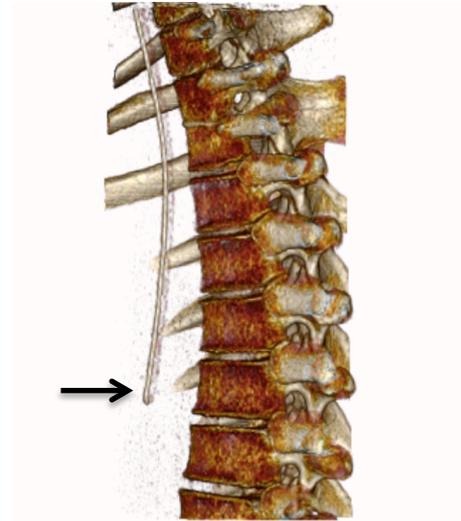
A



B

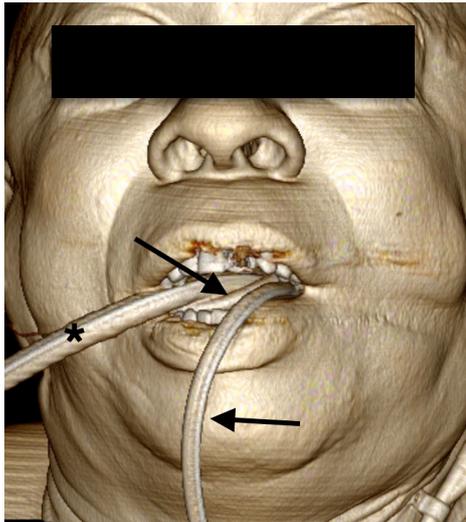


C



D

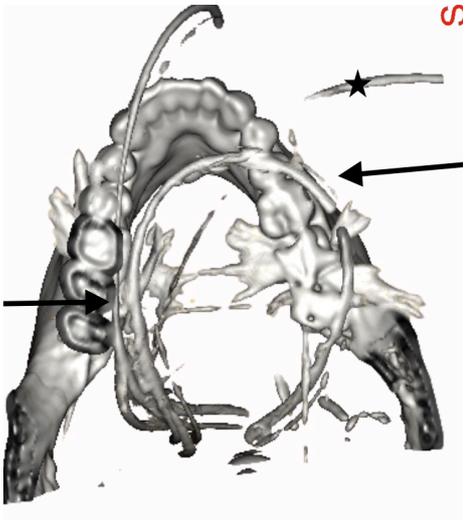
Abb. 18A-D, Schlaufe mit Umschlag im Laryngopharynx sowie Magensondenende im unteren Ösophagus. A: coronare Darstellung, B: coronar-angeschnittene 3D-Rekonstruktion (Schlaufe mit Pfeilen markiert), C: verdeutlicht die sehr beengten Platzverhältnisse in schräg-transversaler Rekonstruktion, die Pfeile markieren die Schlaufe der Magensonde, mit Stern markiert das Zungenbein (Os hyoideum), D: schräg-sagittale 3D-Rekonstruktion mit Magesondenende auf Höhe des 7. Brustwirbels. 33J, m. gestorben an Hirndruck nach Verkehrsunfall.



A



B



C



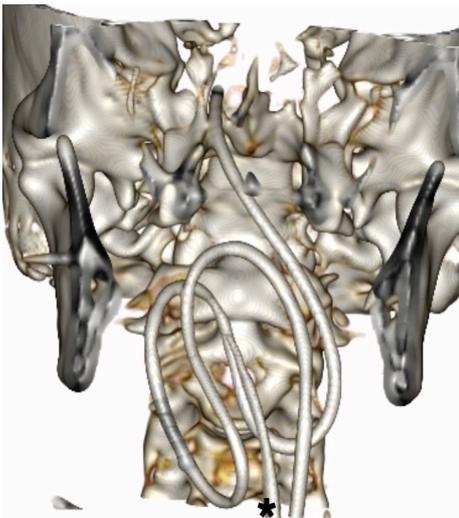
D

Abb. 19A-D, Schlaufe mit Umschlag im Mund und oberen Ösophagus bei durch den Mund eingelegter Magensonde, das Magensondenende ist im Pharynx A: coronare 3D-Rekonstruktion, Schlaufe schon äußerlich zu erkennen (Pfeil), B: transversale Darstellung (durch Zahnprothesen mit Auslöschungsartefakten), C: transversale 3D-Rekonstruktion (Schlaufe im Mund mit Pfeilen markiert, Beatmungstubus mit Stern), D: coronare 3D Rekonstruktion.

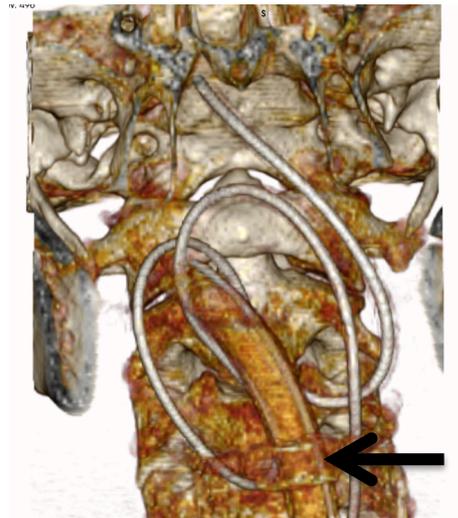
69J, m., gestorben an Aortendissektion.



Abb 20, Schlaufe mit Umschlag im Nasopharynx und oberen Ösophagus in der angeschnittenen coronaren 3D-Rekonstruktion.
66J, m., gestorben an Kohlenmonoxidintoxikation.



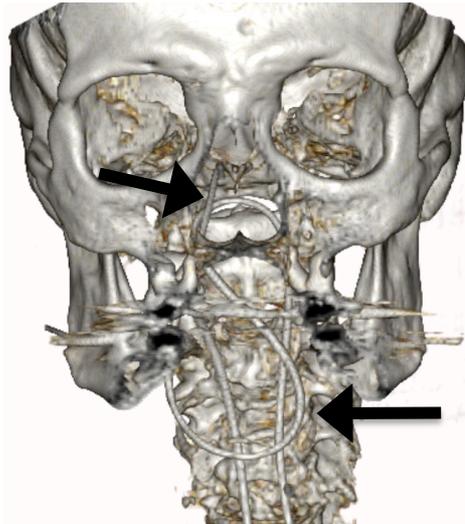
A



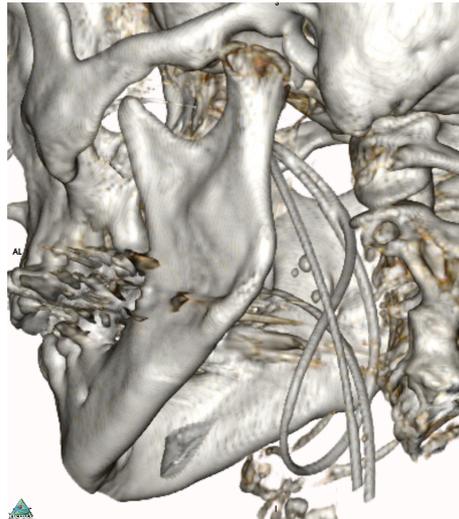
B

Abb. 21A-B, Doppelschlaufe mit Umschlag im Laryngopharynx und Umschlingen des Beatmungstubus. A: angeschnittene, coronare 3D Rekonstruktion, B: angeschnittene, coronare 3D Rekonstruktion im Weichteilfenster, mit Pfeil markiertes Os hyoideum mit unterer Schlaufe und Beatmungstubus.

45J., w., gestorben infolge beidseitiger Lungenarterienembolie.



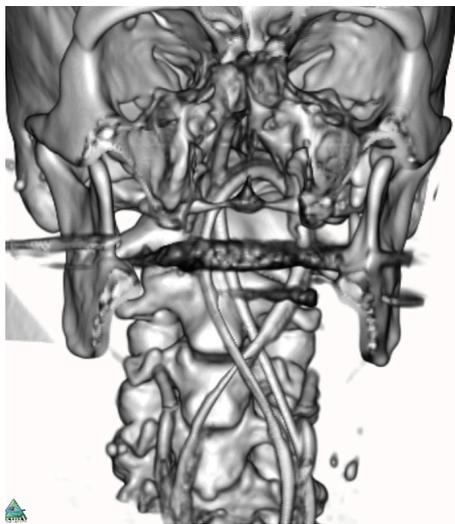
A



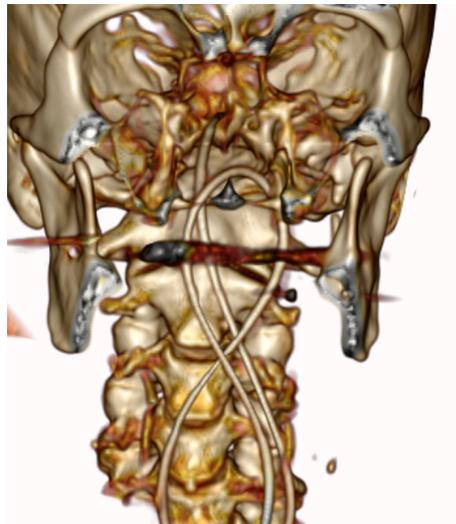
B

Abb. 22A-B, Schlaufe mit Umschlag im Nasopharynx. A: coronar-angeschnittene 3D-Rekonstruktion, B: schräg-sagittale Projektion durch den Kieferwinkel.

70J., m., gestorben an ischämischer Kardiomyopathie.



A



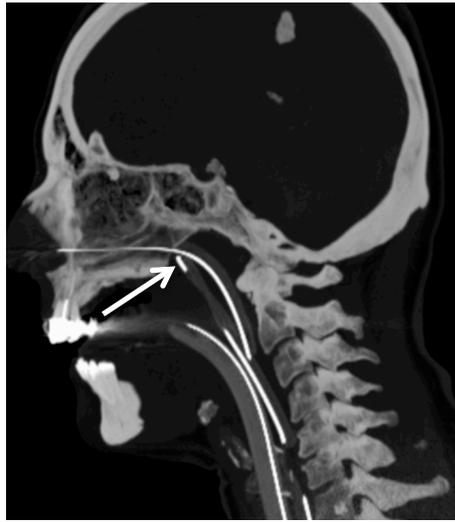
B

Abb. 23A-B, „8“-förmige Schlaufe mit Umschlag im Nasopharynx. A: coronare 3D-Knochenrekonstruktion, B: Weichteilfenster.

76J., m., gestorben an Septischem Schock bei Tuberkulose.



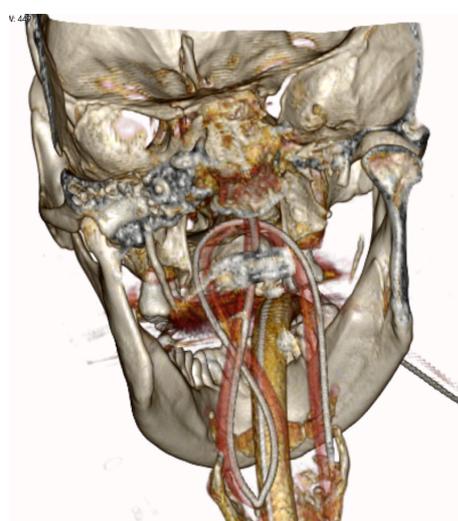
A



B



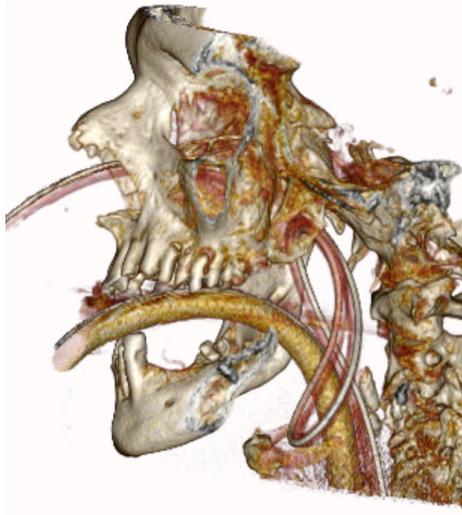
C



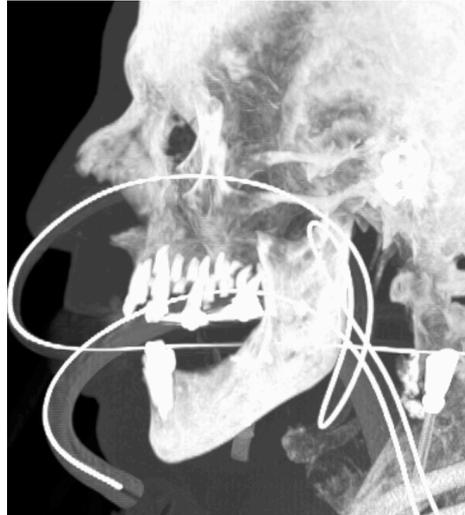
D

Abb. 24 A-D, Schlaufe mit Umschlag im Nasopharynx, mit Pfeil markiert. A: transversale MIP-Rekonstruktion, B: sagittale MIP-Rekonstruktion, C: coronare MIP-Rekonstruktion, D: coronare 3D-Rekonstruktion, von posterior gesehen.

50J., w., gestorben an Hirnblutung bei Alkoholabusus.



A



B

Abb. 25 A-B, Schlaufe mit Umschlag im Laryngopharynx über der oberen Ösophagusenge. A: sagittale 3D Rekonstruktion, B: sagittale MIP Rekonstruktion.

63J., m., gestorben an pneumogener Sepsis.



A



B

Abb. 26 A-B, Schlaufe mit Umschlag im Oropharynx, die Magensonde wird vom Os hyoideum umgeschlagen (Pfeile). A: sagittale 3D-Rekonstruktion im Knochenfenster, B: schräg sagittale 3D-Rekonstruktion mit Fokus auf das Os hyoideum.

72J., m., gestorben an Aspirationspneumonie.



A



B



C

Abb. 27 A-C, Schlaufe mit Umschlag im Laryngopharynx. A: coronare MIP-Rekonstruktion, B: sagittale MIP-Rekonstruktion, C: coronare 3D-Rekonstruktion mit entferntem Kiefer
72J., m., gestorben an Hirnblutung nach Aortenaneurysmaoperation.



A



B

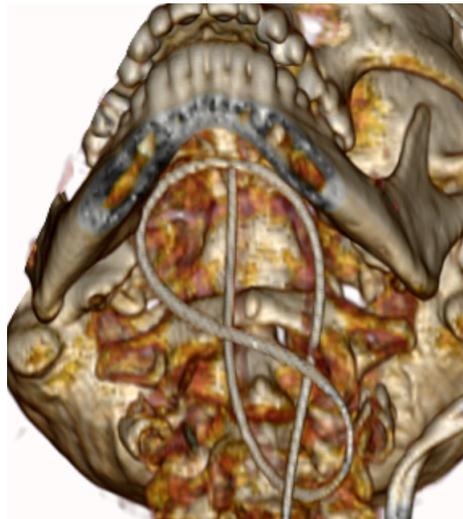


C

Abb. 28 A-C, Schlaufe mit Umschlag im Oropharynx sowie Magensondenende im unteren Ösophagus. A: sagittale MIP-Rekonstruktion, B: 3D-MIP-Rekonstruktion, C: schräg coronare 3D Rekonstruktion 74J., m., gestorben an beidseitigen Art. Carotis interna Verschlüssen.



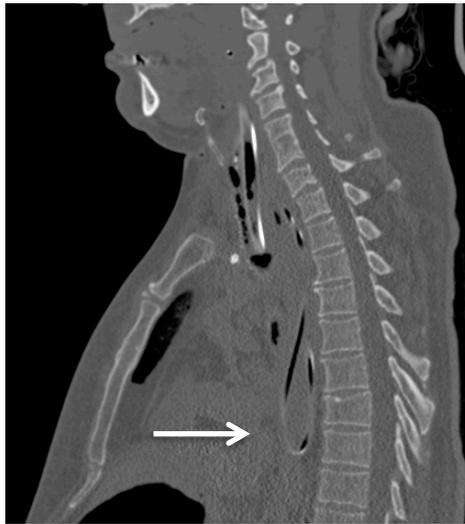
A



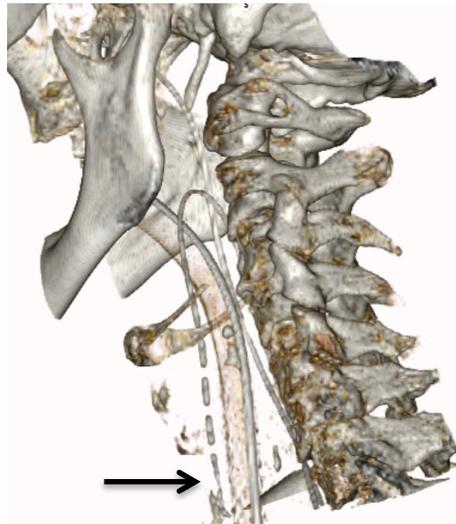
B

Abb. 29 A-B, Schlaufe mit Umschlag im Nasopharynx. A: coronare MIP-Rekonstruktion, B: coronare 3D-Rekonstruktion. 64J., m., gestorben an einer Kathetersepsis.

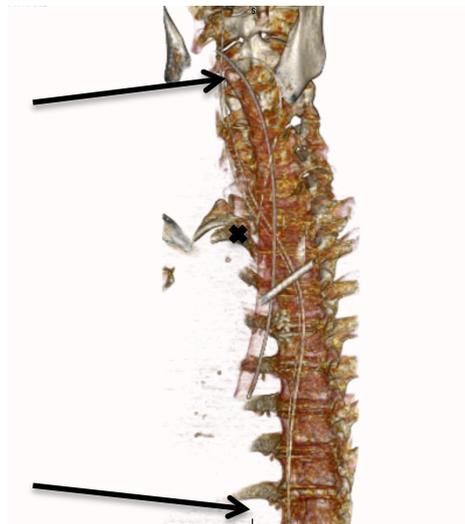
3.1.2 Schlaufe im Ösophagus



A



B



C

Abb. 30 A-C, Doppelschleife mit Umschlag im Nasopharynx sowie unteren Ösophagus, Magensondenende im oberen Ösophagus. A: sagittale Rekonstruktion mit Schlaufe im unteren Ösophagus (Pfeil), B: 3D-Rekonstruktion schräg sagittal mit markiertem Magensondenende C: 3D-Rekonstruktion schräg coronar mit kompletter Magensonde und beiden Schlaufen (Pfeile), Magensondenende mit Stern markiert.

55J., m, gestorben an Messerstichverletzung.

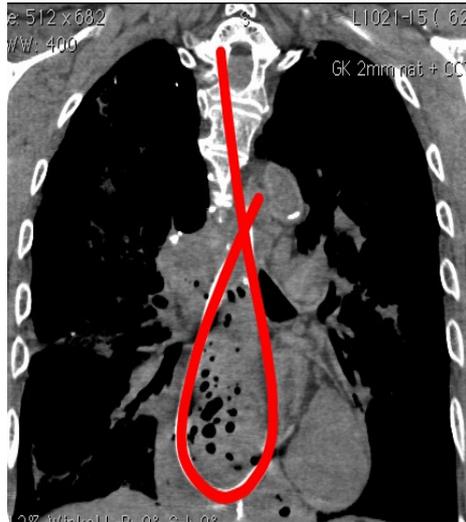
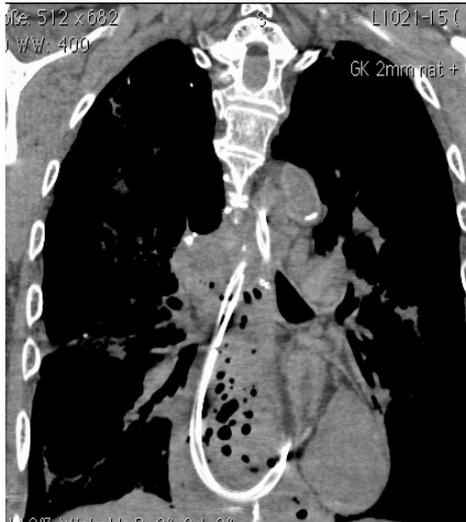
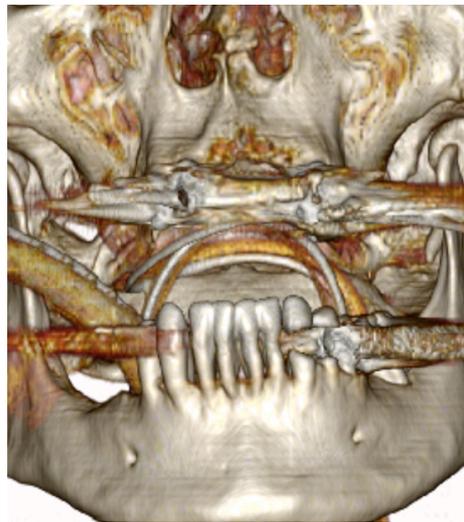


Abb. 31 A-B, Schlaufe mit Umschlag im Ösophagus bzw. hochgezogenem Magen, (A) Koronarebene, (B) zur besseren Sichtbarkeit rot markiert. 61J, m., gestorben an hämorrhagischem Schock bei Ösophagusresektion.



A



B



C

Abb. 32 A-C, Schlaufe mit Umschlag im Nasopharynx sowie oberen Ösophagus, Magensondenende knapp im Ösophaguseingang, durch den Mund eingelegt.

A: coronare MIP-Rekonstruktion, Magensondenende mit Pfeil

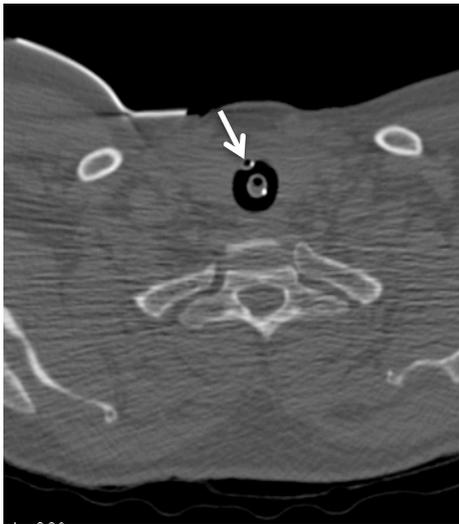
B: coronare 3D-Rekonstruktion, die obere Schlaufe ist im Mund sichtbar

C: schräg sagittale 3D-Rekonstruktion

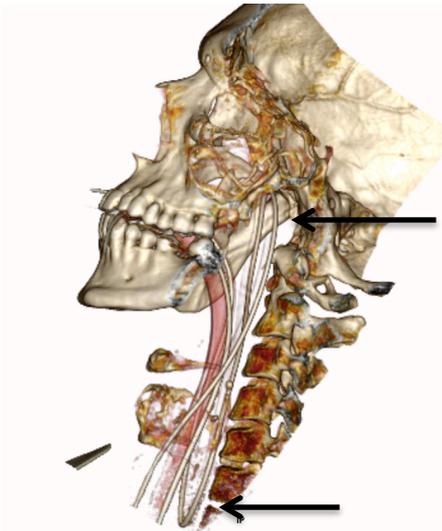
65J., m., gestorben an Aspirationspneumonie bei Darmtumor.

3.1.3 Magensonde in der Trachea

Insbesondere bei beatmeten Patienten mit liegendem Beatmungstubus besteht ein höheres Risiko einer trachealen Fehllage auf Grund der fehlenden Reflexe des sedierten Patienten. Werden tracheal eingelegte Magensonden bestückt, können diese zu Lungenentzündungen, Empyemen sowie Perforationen führen (Malik et al. 1999). Im Folgenden werden tracheale Fehllagen gezeigt, welche erst im PMCT aufgefallen sind.



A



B

nr. 1037



C

Abb. 33 A-D, Schlaufe mit Umschlag im Nasopharynx und Magensondenende in der Trachea, die Magensonde wurde durch den Mund eingebracht. A: coronare Darstellung mit Magensonde in der Trachea, B: schräg-sagittale 3D-Rekonstruktion, C: sagittale 3D-Rekonstruktion im Weichteilfenster mit Magensondenende (Pfeil) in der Trachea neben dem Beatmungstubus (Stern). 43J., m., Tötungsdelikt (Schläge).



A



B



C

Abb. 34 A-C, Umschlingung der Trachea.
A: transversale MIP-Rekonstruktion
B: sagittale MIP-Rekonstruktion
C: sagittale 3D-Rekonstruktion

3.2 Vergleich Fehllagen im CT mit Sektionsbefund

Bei ca. 1300 Sektionen im Jahr werden bei durchschnittlich 738 Verstorbenen Computertomographien durchgeführt.

Die hier aufgeführten, im PMCT diagnostizierten Fehllagen wurden mit den offiziellen Sektionsbefunden verglichen.

Bei zwei Patienten wurde eine Magensonde im Sektionsbefund erwähnt, wobei nur in einem Fall eine Fehllage beschrieben wird.

Es ist davon auszugehen, dass bei Sektionsbefunden, in die der PMCT-Befund später integriert wurde, die Magensonden nicht von übergeordneter Bedeutung waren und teilweise unmittelbar vor der Sektion entfernt wurden. Dahingehend findet sich in den Sektionsbefunden alleine nur eine beschriebene Fehllage.

3.3 Vergleich Fehllagen im CT mit Röntgendiagnostik ante mortem

Bei 28 Patienten konnte in Norddeutschen Krankenhäusern retrospektiv Einblick auf die prämortale Bildgebung genommen werden. Sämtliche 28 Patienten haben in den letzten 7 Tagen vor ihrem Tod noch eine Röntgendiagnostik erhalten. Alle Patienten erhielten ein Röntgenthorax, 14 ein zusätzliches CT. Der Zeitraum wurde mit 7 Tagen gewählt, da davon ausgegangen wird, dass die Magensonde, welche post mortem durch eine Fehllage aufgefallen ist, in diesem Zeitraum gelegt wurde.

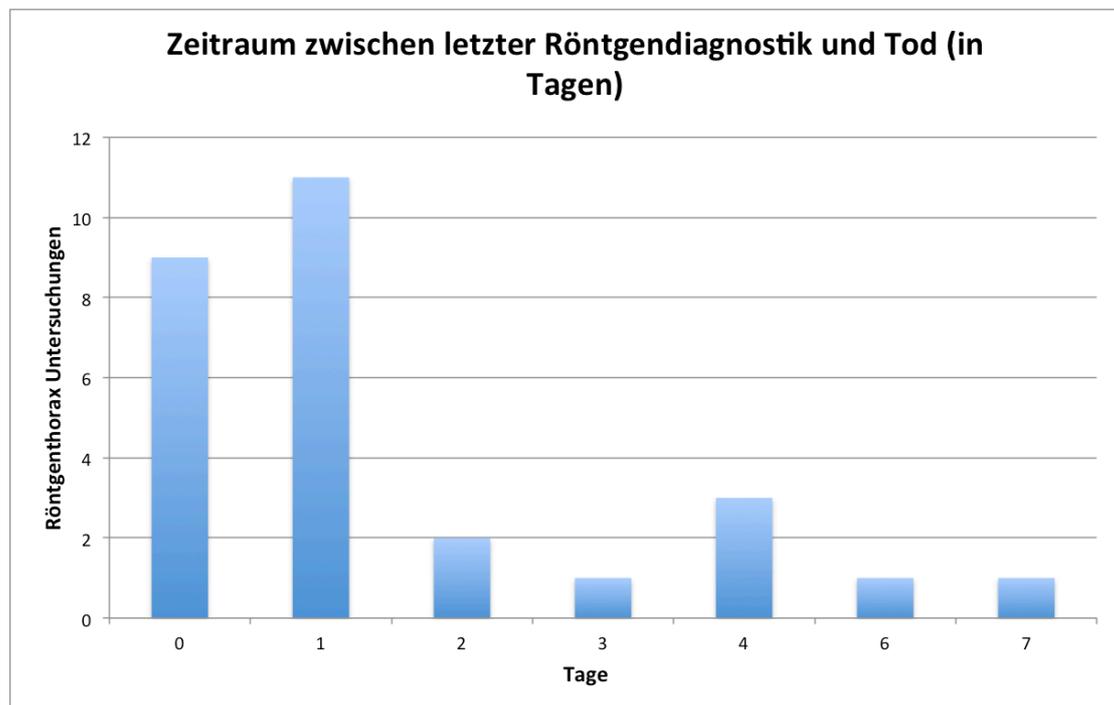


Abb. 35: Zeitraum zwischen letzter Röntgendiagnostik und Tod (in Tagen)

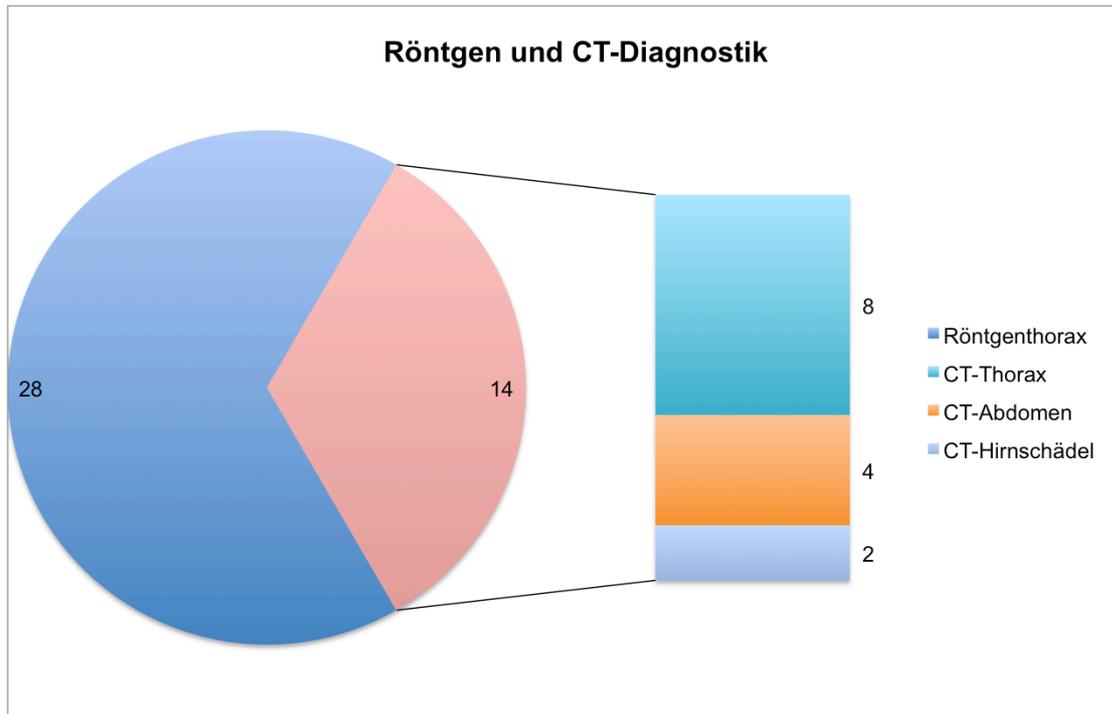


Abb. 36: Aufteilung der prä mortal durchgeführten konventionellen Röntgenthoraxbilder (28 Patienten) und der Computertomographie (14 Patienten).

Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass lediglich in einem Hirnschädel-CT die Schlaufe im Rachen abgebildet, aber nicht schriftlich befundet ist.

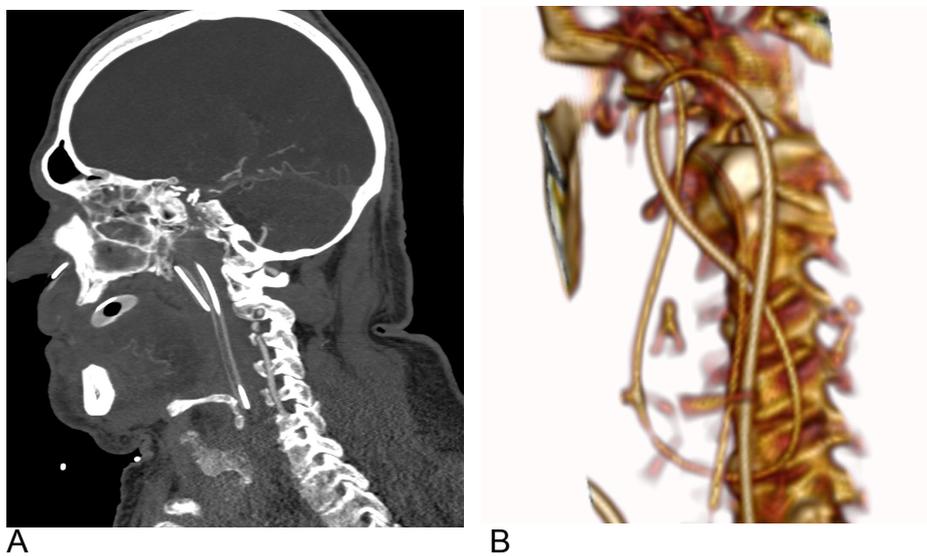


Abb.37 A-B, Schlaufe mit Umschlag im Oropharynx. A: coronare Rekonstruktion aus der klinischen Computertomographie mit Doppelkontur der Magensonde, aufgenommen am Tag vor dem Tod des Patienten. B: schräg coronare 3D-Rekonstruktion aus dem PMCT.

Bei 6 Röntgenbildern des Thorax zeigte sich keine Magensonde, so dass diese nach dem letzten Röntgenbild vor dem Tod des Patienten eingebracht worden sein muss.

Bei den übrigen 22 Röntgenbildern des Thorax war die Schlaufe im Rachen nicht im Untersuchungsvolumen.

Es bleibt jedoch offen, ob eine neue Magensonde nach dem Röntgenbild eingebracht wurde, wenn gleich wie Abbildung 12 zeigt, der Zeitraum zwischen letzter Röntgendiagnostik und Tod im Mittel sehr gering ist.

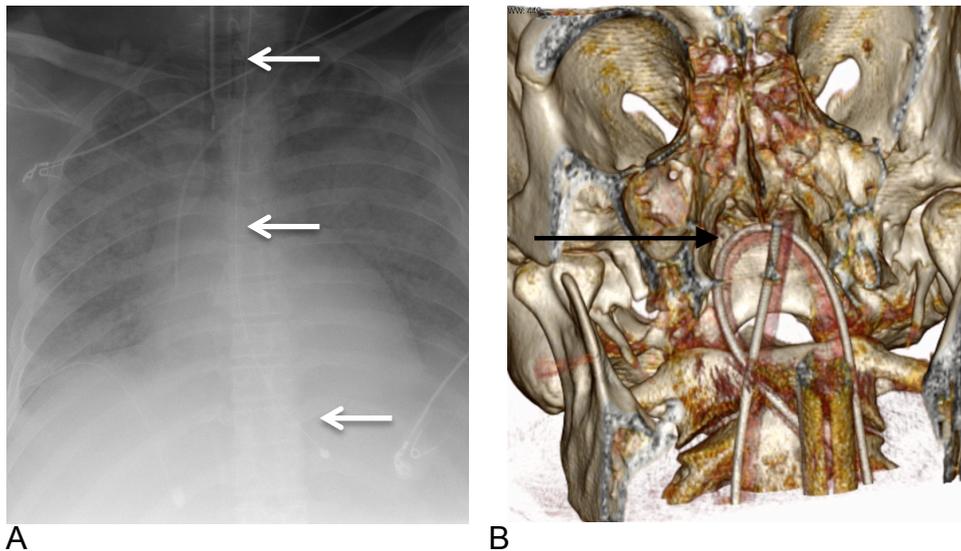


Abb. 38 A,B: Schlaufe mit Umschlag im Nasopharynx mit Vergleich der prä-mortalen Röntgenuntersuchung und des PMCT. A: In der Klinik aufgenommene konventionelle Röntgen-Thorax Untersuchung im Liegen mit markierter Magensonde, ohne Schlauffennachweis. B: coronare 3D-Rekonstruktion im PMCT. Die Röntgenuntersuchung wurde am Todestag durchgeführt.

3.4 Häufigkeit von Magensonden

Zur genauen Evaluation der Quantität von Magensondenfehlagen würde die absolute Summe von eingelegten Magensonden benötigt, diese ist nicht zu ermitteln. Es gelang jedoch zur besseren Einordnung von applizierten Magensonden, die eingekauften Sonden zu ermitteln.

Über den Zentraleinkauf eines Krankenhauses der Schwerpunktversorgung (ca. 600 Betten) in Norddeutschland wurde eine jährliche Verbrauchstatistik erstellt. Die Anfrage bezüglich der zentralen Bestellungen von Magensonden (Bestellzeitraum der Magensonden 1.1.-31.12.2016) ergab insgesamt 2397 Magensondenbestellungen in den Größen 14-18 Ch.

Zu beachten ist, dass die Sonden in verschiedenen Größen bestellt wurden, hier sind die absoluten Zahlen genannt, da auch bei den Fehllagen im PMCT retrospektiv nicht mehr zwischen den Größen unterschieden werden kann.

Den weitaus größten Teil (n=1370) stellten Magensondenbestellungen für den OP dar. Gefolgt von Intensivstationen (n=402), dann periphere chirurgische

Stationen (mit Gynäkologie, HNO und Urologie, n=316), gefolgt von der Abteilung für Endoskopie (n=176), zuletzt bleiben die internistischen Stationen (mit Geriatrie, n=126).

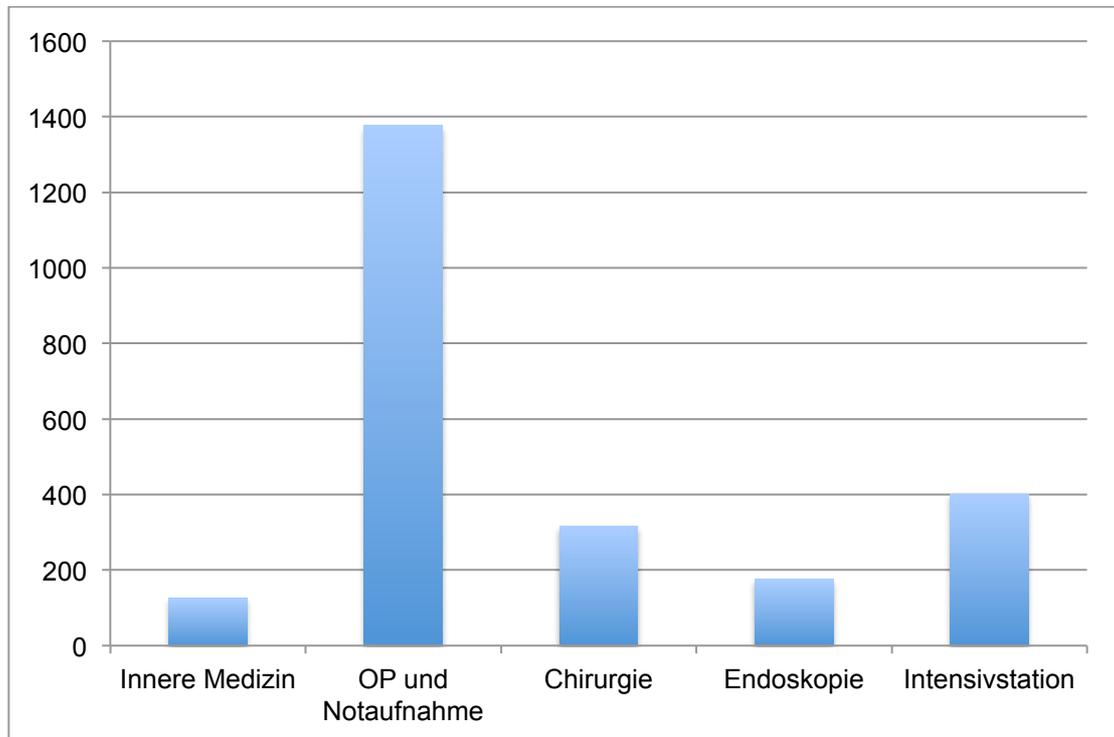


Abb. 39: Verbrauch der Magensonden im Krankenhaus, nach Abteilungen aufgeteilt.

Aus diesen Daten lässt sich ablesen, dass Magensonden am häufigsten vor oder während operativer Eingriffe gelegt werden. Diese Sonden werden häufig nur zur intraoperativen Darmentlastung benutzt und noch im OP wieder entfernt. Eine Fehllage ist so nicht zu bestimmen.

Auf den Intensivstationen werden Magensonden ebenfalls zur Darmdekompression, jedoch mehrheitlich auch zur enteralen Ernährung, angewendet. Hier besteht eine besondere Gefahr für Fehllagen, da die Patienten in den meisten Fällen eine eingeschränkte Vigilanz besitzen. Selbst bei intubierten Patienten kann eine Magensonde am geblockten Beatmungstubus vorbei in die Trachea eingelegt werden, ohne dass der Anwender dieses bemerkt (Wang et al. 2008).

Die peripheren chirurgischen Stationen folgen, hier sind insbesondere Patienten nach großen (Darm-)Operationen zu erwähnen, welche in der postoperativen Paralyse eine Magensonde zur Entlastung bekommen. Ähnliches gilt für medizinische Stationen, hier steht vor allem die Onkologie bei Patienten mit fortgeschrittenen Tumorleiden im Vordergrund. Auffallend ist, dass die für die peripheren Stationen in Summe (chirurgisch und medizinisch n= 442) bestellten Sonden die der endoskopischen (n=176) deutlich übersteigen. Daraus kann gefolgert werden, dass die meisten Sonden „am Bett“ und eben nicht unter gesicherten endoskopischen Bedingungen gelegt werden.

3.5 Aufteilung der Fehllagen nach Todesursache

Bei 35 Patienten konnte durch die vorliegenden Sektions- bzw. Leichenschauprotokolle auf die Todesursache geschlossen werden. Ferner bildet die Art des Todes auch den Moment ab, in dem die Magensonde gelegt wurde. Hier kann grob zwischen Notfallsituationen bei akuten, lebensbedrohlichen Erkrankungen gegenüber chronischen Erkrankungen mit subakutem Verlauf unterschieden werden. Hier zeigt sich, dass Magensondenfehllagen insbesondere in Notfallsituationen auftreten, bei denen die Anlage einer Magensonde nicht an erster Stelle steht und eine adäquate Magensondenkontrolle erst im Verlauf nach Stabilisierung des Patienten durchgeführt werden kann. Ebenfalls ist zu beachten, dass die am besten geeignete Person zur Anlage der Magensonde in der Akutsituation womöglich an anderer Stelle gebunden ist, so dass die Anlage der Sonde delegiert wird. Zusammenfassend gibt es eine höhere Fehllagenhäufigkeit bei dringlicher Magensondenanlage. Die 35 Erkrankungen, welche bei den Patienten mit Magensondenfehllage zum Tode geführt haben, aufgeteilt in akute und subakute Erkrankungen:

Tabelle 8: Zum Tode führende Erkrankungen bei Patienten mit Magensondenfehllage

Akute Erkrankungen	Subakute Erkrankungen
25	10

Tabelle 9: Liste der subakuten Erkrankungen, an denen die Patienten verstarben

Akute Erkrankungen, die zum Tod geführt haben	Fourniersche Gangrän ARDS Aortendissektion Verkehrsunfall mit Hirnblutung Schädel-Hirn-Trauma CO Intoxikation Lungenarterienembolien bds. Mesenterialischämie Spannungspneumothorax nach Reanimation Hirnblutung nach Coiling Hirnblutung nach Aortenaneurysmaoperation Intraoperativer, hämorrhagischer Schock bei Ösophagusresektion Hämorrhagischer Schock bei Lysetherapie Elektromechanische Entkopplung Verschluss der A. Carotis Interna bds. Hämorrhagischer Schock nach Coronarangiographie Kardiogener Schock bei Myokardinfarkt nach TAVI Hirnblutung bei Alkoholabusus
---	---

Tabelle 10: Liste der subakuten Erkrankungen, an denen die Patienten verstarben

Subakute Erkrankungen, die zum Tod geführt haben	Postoperatives Multiorganversagen nach Whipple-OP Nekrotisierende Pankreatitis Kardiale Dekompensation Aspirationspneumonie Multiorganversagen bei Tuberkulose Pneumogene Sepsis Urosepsis Kathetersepsis Herz-Kreislauf-Versagen bei Bronchialcarcinom
--	---

3.6 Sonstige Katheterschlaufen

Im Zuge der PMCT-Auswertung sind - vereinzelt - andere Fehllagen aufgefallen, welche der Magensondenfehllage ähneln und nicht verwechselt werden dürfen.

Hier zeigt sich beispielhaft die Schlaufenbildung eines ventrikulo-peritonealen Shunts bei Hydrozephalus sowie der Umschlag einer Schrittmachersonde und die Schlaufenbildung im Magen.



A



B

Abb. 40 A,B: ventrikulo-peritonealer Shunt zur Liquordrainage mit Schlaufe im Abdomen. A: sagittale MIP-Rekonstruktion, B: schräg sagittale 3D-Rekonstruktion (von links).

74J., w., gestorben an Herzbeutelamponade.



A



B

Abb. 41 A,B: Schrittmacherschleife mit Umschlag in der unteren Hohlvene. A: coronare Rekonstruktion, B: sagittale 3D.Rekonstruktion.

16J., w., gestorben nach Reanimation im Rahmen eines Status epilepticus.



A



B

Abb. 42 A,B: Magensonde mit Schlaufe im Magen sowie Aortenprothese. A: coronare Rekonstruktion, B: coronare 3D-Rekonstruktion.

74J., w., gestorben an infizierter Aortenprothese nach Aortendissektion und Notfalloperation.

Folgendes Vorkommnis zeigt die Relevanz von Magensondenkontrollen einmal mehr: Ein 75jähriger Patient stellt sich, multipel kardial vorerkrankt, zur subtotalen Gastrektomie bei stenosierendem Magenkarzinom vor. Nach zunächst unauffälligem, postoperativ intensivmedizinischem Verlauf zeigt sich plötzlich eine akute respiratorische Insuffizienz mit Notwendigkeit einer Respiratortherapie. Im Verlauf zeigt eine Kontrollgastroskopie eine im Rachen umgeschlagene Trilumensonde. Diese konnte keinen adäquaten Ablauf des

Duodenalsekretes gewährleisten, somit kam es zur Aspiration und folgender Pneumonie. Unter entsprechender antiinfektiver Therapie und langsamer Respiratorentwöhnung gelang letztlich nur unter intensivierter, prolongierter Intensivtherapie die Genesung des Patienten.

Freij et al. beschrieben 1997 einen Fall einer intrakraniell eingelegten Magensonde. Die Patientin wurde mit einem Status epilepticus in die Notaufnahme gebracht. Nach der Notfallbehandlung wurde der Patientin bei eingeschränktem Bewusstsein mit Erbrechen zur Aspirationsprophylaxe eine Magensonde eingelegt, hierfür wurden drei Versuche benötigt. Bei im Verlauf persistierender Bewusstlosigkeit zeigte eine Computertomographie des Kopfes die intrakranielle Lage der Magensonde. Trotz neurochirurgischer Intervention verstarb die Patientin an einer Sepsis.

4 Diskussion

In diese Arbeit sind ausschließlich bereits verstorbene Patienten, welche aus unterschiedlichen Gründen für eine postmortale Computertomographie ausgewählt wurden, eingeschlossen. Hieraus ergibt sich eine erschwerte Vergleichbarkeit mit anderen Studien. Die Fehllagen der Magensonden sind im Laufe der Befundung zufällig diagnostiziert worden, keine Computertomographie ist nur zur Lagekontrolle der Magensonde gemacht worden. Da mit zunehmender Nutzung der postmortalen Computertomographie auch die Inzidenz der Magensondenfehllagen stieg, ist diese Arbeit zur Darstellung der Fehllagen entstanden. Zu beachten ist, dass es bei einem von zehn Patienten zu Problemen bei der Anlage einer nasogastralen Sonde kommt (Brandt et al. 1999). Insbesondere tracheale Fehllagen sind in der Literatur bereits häufig vorbeschrieben. De Aguilar-Nascimento et al. zeigt 2007, dass von 932 Versuchen einer nasogastralen Sondenanlage 433 (46%) fehlschlagen. Bei 20 (1,6%) kam es zur einer Fehllage in die Atemwege.

In einer von Rassias et al. (1997) durchgeführten, prospektiven Studie wurden über einen Zeitraum von zwei Jahren alle auf der interdisziplinären Intensivstation eingelegten nasogastralen Sonden beobachtet. Von 740 Sonden wurden 14 (2%) in die Trachea eingelegt. Fünf Patienten (0,7%) bekamen schwere Komplikationen, zwei (0,3%) starben in direkter Folge der Fehllage. Von den 14 trachealen Fehllagen waren 13 Patienten intubiert, alle 14 waren sediert. Eine Reflexabwehr des Patienten war somit nicht gegeben. Eine weitere Studie von Sparks et al. aus 2011 bestätigte diese Komplikationsrate. Von 9931 eingebrachten nasogastralen Sonden kam es bei 187 (1,9%) zu einer Fehllage in das Trachealsystem. Von diesen 187 trachealen Fehllagen führten 35 (18,7%) zu einem Pneumothorax.

Bei den in dieser Arbeit dargestellten Magensondenschlaufen lag das Sondenende bei 9 Patienten im Ösophagus, bei weiteren 3 Patienten im Rachen selbst.

In einem Review von Metheny et al. (2006) wird eine ältere Patientin beschrieben, welche auf Grund einer nicht bis in den Magen eingelegten Sonde massiv aspirierte. Der Patientin wurden über die Sonde in schneller Folge mehrere Liter Spülflüssigkeit zur Darmvorbereitung verabreicht, die Sondenkontrolle erfolgte zuvor nur über Auskultation, eine radiologische Kontrolle erfolgte nicht.

In vorherigen Studien wurde bereits gezeigt, dass eine sichere Lagekontrolle nur mit Röntgenuntersuchungen des Thorax und Abdomens zu gewährleisten ist (Baskin 2006). In der Realität wird auf eine Röntgenuntersuchung bei wachen, ansprechbaren Patienten, welche nach Magensondeneinlage weder über Unwohlsein noch über Dyspnoe klagen, größtenteils verzichtet. Für den Fall einer radiologischen Kontrolle ist bisher auf die Abbildung des Rachens verzichtet worden. Bei intubierten und sedierten Patienten kann bei fehlender Reaktion des Patienten eine sichere Lage (bzw. der Ausschluss einer trachealen Fehllage) nicht ohne laryngoskopische Kontrolle angenommen werden. Erfahrene Anästhesisten können die Magensonde im Rachen mit

zwei Fingern an dem Beatmungstubus vorbeiführen. Da dieses Manöver blind geschieht kann auch hier eine Fehllage nicht sicher ausgeschlossen werden.

Wenn eine radiologische Bildgebung angestrebt wird, ist es unerlässlich, in der radiologischen Anmeldung die Fragestellung korrekt zu formulieren und auf die Lagekontrolle der Magensonde hinzuweisen (Cohen et al. 2012).

Grenzen der Arbeit

Wie eingangs erwähnt handelt es sich um eine retrospektive Arbeit, ergänzt durch prospektive Beispiele.

Die Arbeit begründet sich auf der zufällig aufgefallenen Häufung von Schlaufen von Magensonden im Rachen. Wie schon beschrieben, kommen Magensondenfehllagen, insbesondere tracheale Fehllagen mit schwerwiegenden Komplikationen, häufig bei intubierten und sedierten Patienten vor. Auch in dieser Arbeit sind in dem PMCT intubierte Patienten mit erfasst, es kann allerdings keine Aussage darüber getroffen werden, ob die Magensonde vor oder nach der Intubation gelegt wurde. Auch bleibt letztlich unklar, ob die Magensonde im Rahmen der Notfallsituation (Reanimation) gelegt wurde oder schon einlag. Die prä-mortalen Röntgenthoraxaufnahmen zeigen, bis auf eine Computertomographie (in welcher die Fehllage nicht erkannt wurde), keine Schlaufen im Rachen. Dieses hängt damit zusammen, dass der Rachen auf den Röntgenaufnahmen nicht abgebildet ist. Die Zeitspanne zwischen letzter Röntgenaufnahme und Tod des Patienten ist sehr kurz gewählt, trotzdem ist auch hier nicht auszuschließen, dass die Magensonde noch nach dem letzten Röntgenbild entfernt und, nun mit Fehllage, neu eingelegt wurde.

Es sind ferner keine absoluten Aussagen bezogen auf die Quantität von Fehllagen möglich, dies lässt sich auf das stark selektive Patientenkollektiv zurückführen. Eingeschlossen sind ausschließlich verstorbene Patienten, welche einer Rechtsmedizinischen Sektion zugeführt wurden und zudem noch in die postmortale Computertomographie eingeschlossen wurden.

Das Ziel dieser Arbeit ist nicht, alle tatsächlichen Fehllagen aufzuzeigen. Es geht um ein Bewusstmachen für das Vorkommen solcher Fehllagen, welche im besten Fall sehr unangenehm und im schlechtesten Fall tödlich sein können. Gerade bezogen auf die häufige Anwendung von Magensonden kann schon ein kleiner Prozentsatz von Fehllagen eine relevante Anzahl von Patienten betreffen (Metheny et al. 2007).

Eine weitere Problematik der Datenauswertung stellen Bildartefakte dar, die selbst in der Computertomographie eine genaue Magensondenverfolgung erschweren.

Ebenso kann ein detection bias nicht ausgeschlossen werden, da auch der Erstuntersucher nach den ersten Fehllagen vermerkt darauf achtete.

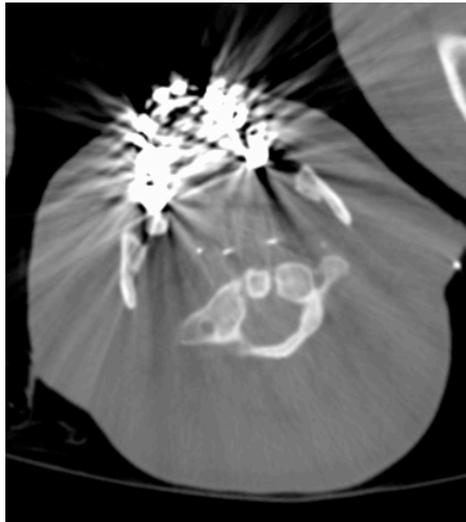


Abb. 42: transversale Rekonstruktion des Unterkiefers mit deutlichem Bildartefakt durch den Zahnersatz.

Weiterhin bleibt festzuhalten, dass der entwickelte Score zur Risikoabschätzung einer Magensondenfehlage auf den hier beschriebenen Erkenntnissen beruht. Für eine allgemeine Gültigkeit sind noch weitere Studien notwendig.

Auch ist zu bedenken, dass für die Notfallsituation andere Bedingungen gelten, so dass die korrekte Lage der Magensonde zunächst in den Hintergrund rücken kann. Im weiteren klinischen Setting sollte die Sondenkontrolle jedoch nachgeholt werden.

Klinische Relevanz und Risikoklassifikation

Ziel dieser Arbeit ist es, auf das Problem der Rachenschlaufen bei der Magensondenanlage aufmerksam zu machen.

Selbst wenn sich die Fehllagen im einstelligen Prozentbereich (3,2%) befinden, ist es dennoch wichtig, bei der Anlage einer Magensonde das Komplikationsmanagement zu beherrschen und eine adäquate Versorgung zu gewährleisten.

Verhindert werden kann eine Fehllage nur durch endoskopische Anlage der Magensonde.

Wesentlich wichtiger ist die nachfolgende Kontrolle der Sonde. Sollte es bei der Anlage zu Problemen gekommen sein, ist eine Röntgenuntersuchung unumgänglich.

Bei intubierten Patienten auf der Intensivstation sollte diese Kontrolle regelhaft erfolgen, da hier keine Schutzreflexe auf die Fehllage aufmerksam machen.

Die Röntgenuntersuchung ist der Goldstandard der Magensondenkontrolle und sollte immer zur Lagekontrolle erfolgen. Bei Kindern sollte auf Grund der Strahlenbelastung keine Routine-Röntgenuntersuchung erfolgen. Die Magensondenanlage sollte in diesen seltenen Fällen nur von erfahrenem Personal eingebracht werden (Phipps et al. 2005).

Ferner sollte ein System zur Qualitätskontrolle etabliert werden, welches alle Fehllagen erfasst und so einen Überblick über die Quantität geben kann. Denn nur, wenn eine Fehllage systematisch ermittelt wird, werden sich auch die Kontrollmechanismen ändern.

Die klinische Relevanz leitet sich aus den Komplikationen ab. Eine tracheale Fehllage ist, neben der sehr seltenen Perforation, die schwerwiegendste Komplikation und kann, unerkannt, zum Tod des Patienten führen. Eine Magensonde mit Schlaufe im Rachen täuscht eine erheblich längere intrakorporale Lage vor. Auf den ersten Blick scheint die Sonde bis tief in den Magen vorgeschoben, das Magensondenende liegt jedoch meist im Ösophagus. Bei dieser Fehllage fehlt der Dekompressionseffekt der Sonde, bei einer enteralen Ernährung kann es zudem zur Aspiration kommen. Sollte die Magensonde den Magen trotz Schlaufe erreichen, ist die Funktion der Magensonde, wenn keine ausgeprägte Verknotung vorliegt, gegeben. Da sich bei Magensondenschlaufen wesentlich mehr Material im Rachen befindet, steigt das Risiko für Druckulzera an. Abschließend ist zu beachten, dass eine im Rachen umgeschlagene Sonde für den Patienten einen äußersten Diskomfort, insbesondere bei längerfristiger Nutzung, darstellt.

Zur Abschätzung des Risikos einer Magensondenfehllage bieten sich, auf Grundlage der hier erhobenen Daten, folgende Fragen an:

- Besteht oder bestand eine Magensondendysfunktion?
- Konnte die Magensondenlage mit einfacher Inspektion des Rachens und Auskultation des Abdomens nicht sicher bestimmt werden?
- Ist der Patient beatmet / sediert?
- Wurde die Magensonde in einer Notfallsituation gelegt?
- Wurden mehr als zwei Versuche benötigt, die Magensonde zu legen?
- Gab es einen Widerstand beim Einlegen der Sonde?
- Ist die Sonde wesentlich länger als vorher abgemessen (Ohr-Nase-Magen-Abstand)?

Um, anlehnend an bestehende Scores, eine einfach nachvollziehbare und unkomplizierte Einteilung zu ermöglichen, bietet sich an, ab zwei Ja-Antworten eine weiterführende Diagnostik anzustrengen.

Ein vereinfachter Score könnte dann wie folgt aussehen:

Dysfunktion	JA / NEIN
Keine Auskultation /Inspektion	JA / NEIN
Patient beatmet/sediert	JA / NEIN
Notfallsituation	JA / NEIN
Mehr als 2 Versuche	JA / NEIN
Unklarer Widerstand beim Einlegen	JA / NEIN
Magensonde länger als abgemessen	JA / NEIN

Bei 2 oder mehr JA weitere Diagnostik anstreben

Schlussfolgerung

Die Magensondenfehlage mit Rachenschlaufe ist insgesamt keine häufige Komplikation. Sie kann jedoch schwerwiegende Konsequenzen haben, wenn sie nicht rechtzeitig erkannt wird. Die Dunkelziffer ist schwer vorherzusagen, da für diese Arbeit nur verstorbene Patienten, welche in der Rechtsmedizin untersucht wurden, eingeschlossen wurden.

Die Komplikationen einer Magensondenfehlage reichen vom permanenten Reiz im Rachen bis hin zur trachealen Fehllage, welche letal enden kann. Die sichere Lagekontrolle ergibt sich durch die Röntgenuntersuchung, wobei darauf zu achten ist, dass der Rachen im Untersuchungsvolumen enthalten ist.

5. Zusammenfassung

Zwischen 2009 und 2016 wurden im Institut für Rechtsmedizin der Universität Hamburg 5902 post mortem Computertomographien durchgeführt. Nach anfänglichen Zufallsbefundungen von Magensondenfehlagen wurden für den Zeitraum 2013-2016 sämtliche im CT diagnostizierten Magensonden überprüft. Bei 3,2% (n=39) der im PMCT dargestellten Magensonden fanden sich Fehllagen, insbesondere Schlaufen im Rachen.

Im klinischen Alltag werden Magensonden von Ärzten sowie Pflegepersonal bei verschiedenen Indikationen eingelegt. Zum einen zur Entlastung des Magens (z.B. während / nach Operationen) und zum anderen zur Ernährung (v.a. bei intubierten Patienten).

In der täglichen Routine wird die Magensonde häufig blind über die Nase vorgeschoben bis, bei vermutetem Erreichen des Magens, Sekret zurückläuft oder über eine Spritze Luft insuffliert wird, bei einem entsprechenden Geräusch im Epigastrium wird von einer korrekten Lage ausgegangen. Gerade bei sedierten Patienten findet keine reizbedingte Abwehr bei unsachgemäßer Lage statt.

Als Komplikation findet sich zum einen der permanente Reiz im Rachen bei einer Schlaufe. Andererseits kann eine Magensonde, die den Magen nicht erreicht und in der Speiseröhre endet, Magensaft nicht drainieren, so dass es zu einer Aspiration kommen kann. Durch die Rachenschlaufe wird hier eine deutlich tiefere Lage suggeriert.

Sollte es zu einer trachealen Fehllage kommen, kann es zu fortschreitenden Lungenentzündungen sowie bis zur Perforation der Lunge kommen.

Ein sicherer Nachweis einer korrekt liegenden Magensonde kann nur via Röntgenuntersuchung erfolgen.

Diesbezüglich wurden bei 28 der 39 Patienten mit Magensondenfehlagen Röntgen und CT Untersuchungen unmittelbar vor dem Tod der Patienten ausgewertet. Eine Fehllage wurde nur in einem Fall mit abgebildet.

Vor der Sektion werden Magensonden in der Regel entfernt, so dass in den Sektionsprotokollen der Patienten keine Fehllage beschrieben ist.

Der Vorteil der post mortem Computertomographie zeichnet sich dadurch aus, dass sie "zerstörungsfrei" dokumentiert, wodurch diese Fehllagen erst aufgefallen sind.

Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass zum sicheren Ausschluss einer Magensondenfehlage, gerade bei Risikopatienten, zwingend eine Röntgenuntersuchung notwendig ist.

Summary

Between 2009 and 2016 the Institute for Forensic Medicine at the University of Hamburg has conducted 5902 post mortem CT-Scans.

Initially secondary findings of nasogastric tube misplacements were made.

To find out more all nasogastric tubes found in PMCT in the period from 2013 to 2016 were reviewed. In conclusion 3.2% (n=39) of the nasogastric tubes showed misplacement, especially pharyngeal loops.

In daily hospital routine nasogastric tubes are placed by doctors or nurses in answer to different indications.

Mainly to relief the stomach (e.g. during or after operations), and for nutritional purposes (especially for intubated patients).

In everyday routine the nasogastric tube is most commonly placed through the nose without optical guidance until the assumed arrival in the stomach. Then liquid will be drained or air insufflated to produce a specific sound in the epigastrium. If this sound can be heard a correct positioning of the tube is assumed. Especially in sedated patients no stimulus-related defense will occur when the tube is in an inappropriate position.

In daily hospital routine nasogastric tubes are placed by doctors or nurses in answer to different indications. Mainly to relief the stomach (e.g. during or after operations), and for nutritional purposes (especially for intubated patients).

In everyday routine the nasogastric tube is most commonly placed through the nose without optical guidance until the assumed arrival in the stomach. Then liquid will be drained or air insufflated to produce a specific sound in the epigastrium. If this sound can be heard a correct positioning of the tube is assumed.

Especially in sedated patients no stimulus-related defense will occur when the tube is in an inappropriate position.

As a complication of a misplacement there is a permanent pharyngeal stimulus. If the misplacement results in a loop a clearly deeper position is assumed. The tube might not even reach the stomach, even though the tube is almost completely inducted.

Therefore the tube will not reach the stomach but stop in the esophagus and hence will not be able to drain the gastric juices, which could lead to an aspiration.

In worst cases a tracheal misplacement can occur, which can result in serious pneumonia or a lung perforation.

The only verification of a correct placement is the X-Ray study.

Regarding this X-Ray and/or CT-Scans from 28 of the 39 patients with nasogastric tube misplacements - taken shortly before their death - could be evaluated. In only one case a misplacement was shown on the images.

Before the actual autopsy, nasogastric tubes are usually removed, so that there is no misplacement described in the official records.

The advantage of a post mortem CT-Scan is the nondestructive documentation, whereby the misplacements first were noticeable.

As a result it remains to be concluded that a safe exclusion of misplacements of nasogastric tubes, especially in high-risk patients, is only possible via correct detection by X-Ray picture.

6. Abkürzungsverzeichnis

MIP: maximum intensity projection

PMCT: port mortal computertomography, post mortem Computertomogramm

PMI: post mortal imaging

ROI: Region of interest

7. Literaturverzeichnis

Andenmatten, M.A., Thali, M.J., Kneubuehl, B.P., Oesterhelweg, L., Ross, S., Spendlove, D., Bolliger, S.A. (2008): Gunshot injuries detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT): a feasibility study. In: *Leg Med (Tokyo)* 10 (6), S. 287–292.

Agarwala, S., Dave, S., Gupta, A.K., Mitra, D.K. (1998): Duodeno-renal fistula due to a nasogastric tube in a neonate. In: *Pediatr Surg Int* 14:102.

Baskin, W.N. (2006): Acute complications associated with bedside placement of feeding tubes. In: *Nutr Clin Pract* 21:40.

Beckstrand, J., Cirgin Ellett, M.L., McDaniel, A. (2007): Predicting internal distance to the stomach for positioning nasogastric and orogastric feeding tubes in children. In: *J Adv Nurs* 59:274.

Blumenstein, I., Shastri, Y.M., Stein, J. (2014): Gastroenteric tube feeding: techniques, problems and solutions. In: *World J Gastroenterol*;20:8505-24.

Brandt, C.P., Mittendorf, E.A. (1999): Endoscopic placement of nasojejunal feeding tubes in ICU patients. In: *Surg Endosc*.13:1211–1214.

Cohen, M.D., Ellett, M. (2012): Quality of communication: different patterns of reporting the location of the tip of a nasogastric tube. In: *Acad Radiol* 19:651.

Combes, A., Mokhtari, M., Couvelard, A., Trouillet, J.L., Baudot, J., Henin, D., et al. (2004): Clinical and autopsy diagnoses in the intensive care unit: a prospective study. In: *Arch Intern Med* 164(4):389-92.

Dettmeyer, R.B., Verhoff, M.A., Schütz, H. (2011): *Rechtsmedizin. Mit 111 Tabellen*. Heidelberg: Springer Medizin.

De Aguilar-Nascimento, J.E., Kudsk, K.A. (2007): Clinical costs of feeding tube placement. In: *J Parenter Enteral Nutr*.31:269–273.

De Vlieger, G.Y., Mahieu, E.M., Meersseman W. (2010): Clinical review: what is the role for autopsy in the ICU? In: *Crit Care* 14:221.

Ellett, M.L. (2004): What is known about methods of correctly placing gastric tubes in adults and children. In: *Gastroenterol Nurs* 27:253.

- Flach, P., Ross, S.G., Christe, A., Thali, M.J. (2011): Clinical and forensic radiology are not the same. In: Brogdon's forensic radiology. 2. Aufl. Boca Raton, CRC Press, S. 409–439.
- Freeman, C., Ricevuto, A., DeLegge, M.H. (2010): Enteral nutrition in patients with dementia and stroke. In: *Curr Opin Gastroenterol* 26:156–159.
- Freij, R.M.; Mullett, S.T. (1997): Inadvertent intracranial insertion of a nasogastric tube in a non-trauma patient. In: *J Accid Emerg Med* 14: 45-47.
- Ferreras, J., Junquera, L.M., García-Consuegra, L. (2000): Intracranial placement of a nasogastric tube after severe craniofacial trauma. In: *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 90:564.
- Gallagher, E.J. (2004): Nasogastric tubes: hard to swallow. In: *Ann Emerg Med* 44:138.
- Gramlich, L., Kichian, K., Pinilla, J., Rodych, N.J., Dhaliwal, R., Heyland, D.K. (2004): Does enteral nutrition compared to parenteral nutrition result in better outcomes in critically ill adult patients? A systematic review of the literature. In: *Nutrition* 20:843–848.
- Haverkamp et al. (2009): *Internistische Intensivmedizin*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Seite 482.
- Heinemann, A., Nushida, H. Püschel K., Vogel H. (2001): Der durchsichtige Tote – Post mortem CT und forensische Radiologie - Symposium zur Forensischen Radiologie. Schriftenreihe Forschungsergebnisse aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität Hamburg, Dr. Kovac Verlag.
- Heinemann, A., Seifert, D., Denzer, U., Rösch, T., Lorenzen, M., Adam, G. et al. (2012): Moderne Leichenschau - Die Entwicklung der multimodalen virtuellen Autopsie und ihre Anwendungsmöglichkeiten in Rechtsmedizin und Pathologie. In: *Hamburger Ärzteblatt* 66, 12–17.
- Hoey, B.A., Cipolla, J., Grossman, M.D., McQuay, N., Shukla, P.R., Stawicki, S.P. et al. (2007): Postmortem computed tomography, "CATopsy", predicts cause of death in trauma patients. In: *J Trauma* 63 (5), 979-85; discussion 985-6.
- Hodin, R.A., Bordeianou, L., Sanfey, H., Collins, K.A. (2015): nasogastric and nasoenteric tubes, uptodate Review, last updated 16.11.2015.
- Köwing, A. (2012): Evaluation eines Modellversuches zur Integration von CT-Befunden in die Befunderhebung bei gerichtlichen Obduktionen in der Rechtsmedizin, Dissertation Universität Hamburg.
- Kudsk, K.A. (2001): Importance of enteral feeding in maintaining gut integrity. In: *Techniques Gastrointest Endosc.*3:2–8.

- Kunstman, J.W., Klemen, N.D., Fonseca, A.L., et al. (2013): Nasogastric drainage may be unnecessary after pancreaticoduodenectomy: a comparison of routine vs selective decompression. In: *J Am Coll Surg* 217:481.
- Levy, A.D., Abbott, R.M., Mallak, C.T., Getz, J.M., Harcke, H.T., Champion, H.R., Pearse, L.A. (2006): Virtual autopsy: preliminary experience in high-velocity gunshot wound victims. In: *Radiology* 240 (2), 522–528.
- Levy, G., Goldstein, L., Blachar, A., Apter, S., Barenboim, E., Bar-Dayana, Y. et al. (2007): Postmortem computed tomography in victims of military air mishaps: radiological- pathological correlation of CT findings. In: *Isr. Med. Assoc. J* 9 (10), 699–702.
- Loske, G., Schorsch, T., Müller, C. (2011): Intraluminal and intracavitary vacuum therapy for esophageal leakage: a new endoscopic minimally invasive approach. In: *Endoscopy*.43:540–544.
- Madea, B. (2007): *Praxis Rechtsmedizin. Befunderhebung, Rekonstruktion, Begutachtung*. 2. Aufl. Springer-Verlag.
- Malik, N.W., Timon, Cl., Russel, J. (1999): A unique complication of primary tracheoesophageal puncture: knotting of the nasogastric tube. In: *Otolaryngol Head Neck Surg* 120:528.
- Marik, P.E., Zaloga, G.P. (2001): Early enteral nutrition in acutely ill patients: a systematic review. In: *Crit Care Med*.29:2264– 2270.
- McClave, S.A., Martindale, R.G., Vanek, V.W., McCarthy, M., Roberts, P., Taylor, B., Ochoa, J.B., Napolitano, L., Cresci, G. (2009): Guidelines for the provision and assessment of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: Society of Critical Care Medicine (SCCM) and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.) In: *J Parenter Enteral Nutr*.33:277–316.
- McWey, R.E., Curry, N.S., Schabel, S.I., Reines, H.D.(1988): Complications of nasoenteric feeding tubes. In: *Am J Surg*.55:253–257.
- Metheny, N.A., Meert, K.L., Clouse, R.E. (2007): Complications related to feeding tube placement. In: *Curr Opin Gastroenterol*. 23(2):178-82.
- Metheny, N.A. (2006): Preventing respiratory complications of tube feedings: evidence-based practice. In: *Am J Crit Care* 15:360–369.
- Nelson, R., Tse, B., Edwards, S. (2005): Systematic review of prophylactic nasogastric decompression after abdominal operations. In: *Br J Surg* 92:673.
- Paperno, S., Riepert, T., Krug, B., Rothschild, M.A., Schultes, A., Staak, M., Lackner, L. (2005): Prospektive Untersuchung zur Wertigkeit der postmortalen Computertomographie im Vergleich zur Autopsie. In: *RöFo* 177 (1), 130–136.

- Phipps, L.M., Weber, M.D., Ginder, B.R. et al. (2005): A randomized controlled trial comparing three different techniques of nasojejunal feeding tube placement in critically ill children. In: *J Parenter Enter Nutr* 29:420-424.
- Rassias, A.J., Ball, P.A., Corvin H.L. (1998): A prospective study of tracheopulmonary complications associated with the placement of narrow-bore enteral feeding tubes. In: *Crit Care* 2:25–8.
- Roberts, W.C. (1978): The autopsy: its decline and a suggestion for its revival. In: *N Engl J Med* 299:332-8.
- Roberts, I.S., Benamore, R.E., Benbow, E.W., Lee, S.H., Harris, J.N., Jackson, A. et al. (2012): Post-mortem imaging as an alternative to autopsy in the diagnosis of adult deaths: a validation study. In: *Lancet* 379:136-42.
- Sparks, D.A., Chase, D.M., Coughlin, L.M., Perry, E. (2011): Pulmonary complications of 9931 narrow-bore nasoenteric tubes during blind placement: a critical review. In: *J Parenter Enteral Nutr.* (5):625-9.
- Thali, M.J., Jackowski, C., Oesterhelweg, L., Ross, S.G., Dirnhofer, R. (2007): VIRTopsy - the Swiss virtual autopsy approach. In: *Leg Med (Tokyo)* 9 (2), 100– 104.
- Veress, B., Alafuzoff, I. (1993): Clinical diagnostic accuracy audited by autopsy in a university hospital in two eras. In: *Qual Assur Health Care* 5:281-6.
- Vogel, H., Vogel. B. (2014): Forensics, Radiology, Society – X-Rays: Tool and Document, Forschungsergebnisse aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität Hamburg, Band 27, 3-9.
- Wang, P.C., Tseng, G.Y., Yang, H.B. et al. (2008): Inadvertent tracheobronchial placement of feeding tube in a mechanically ventilated patient. In: *J Clin Med Assoc* 71:365.
- Weustink, A.C., Hunink, M.G., van Dijke, C.F., Renken, N.S., Krestin, G.P., Oosterhuis, J.W. (2009): Minimally invasive autopsy: an alternative to conventional autopsy? In: *Radiology* 250:897-904.
- Wichmann, D., Heinemann, A., Weinberg, C., Vogel, H., Hoepker, W.W., Grabherr, S., Püeschel, K., Kluge, S. (2014): Virtual autopsy with multiphase postmortem computed tomographic angiography versus traditional medical autopsy to investigate unexpected deaths of hospitalized patients: a cohort study. In: *Ann Intern Med* 160: 534-541.
- Wichmann, D., Obbelode, F., Vogel, H., Hoepker, W.W., Nierhaus, A., Braune, S., Sauter, G., Püeschel, K., Kluge, S. (2012): Virtual autopsy as an alternative to traditional medical autopsy in the intensive care unit: a prospective cohort study. In: *Ann Intern Med* 156: 123-130.

Wirth, I., Schmeling, A. (2012): Rechtsmedizin. Grundwissen für die Ermittlungspraxis. 3. Aufl. Heidelberg, Hamburg: Kriminalistik (Grundlagen, 43).

Yang, Z., Zheng, Q., Wang, Z. (2008): Meta-analysis of the need for nasogastric or nasojejunal decompression after gastrectomy for gastric cancer. In: Br J Surg; 95:809.

Zipfel, A., Ingenpaß, R., Grund, K-E. (2012): Sonden legen – Nasogastrale Sonden In: Lege artis; 2(1): 40-44 Stuttgart: Thieme.

8. Danksagung

Herzlich danken möchte ich Herrn Prof. Dr. med. Vogel für die hervorragende Betreuung dieser Arbeit. Ohne seine Expertise in der postmortalen Computertomographie, seine Hilfsbereitschaft und sein konsequentes Anfeuern wäre diese Arbeit gar nicht möglich gewesen.

Ebenso bedanke ich mich bei meinem Doktorvater, Prof. Dr. med. Püschel für die Bereitstellung des Themas und die wertvollen Anregungen.

Bei Herrn PD Dr. med. Wichmann sowie Frau Dr. med. Ernst bedanke ich mich sehr für das Korrekturlesen und die hilfreichen Hinweise.

Zum Schluss gilt mein größter Dank Maïke, Kathi, Max und meinen Eltern, die mich mit ihrer Geduld und unermüdlichen Unterstützung begleitet haben.

9. Lebenslauf

Lebenslauf aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht enthalten

10. Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe. Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: