

Kasuistik / Casuistic

Luftembolie nach Arthroskopie – Sektionsbefund und rechtsmedizinische Gesichtspunkte

G. Bauer¹, W. Denk¹ und J. Grünwald²

¹Institut für gerichtliche Medizin der Universität Wien, Sensengasse 2, A-1090 Wien,
Österreich

²I. Chirurgische Abteilung des Wilhelminenspitals, Montleartstraße 37, A-1171 Wien,
Österreich

Air Embolism Following Arthroscopy – Autopsy Findings and Medicolegal Aspects

Summary. An iatrogenic cause of air embolism with a fatal outcome is reported that occurred in a case in which arthroscopy of the knee had been carried out. Even after worldwide use of arthroscopy for many years, this complication has never been seen until now. At autopsy, when air bubbles were observed in the right heart chamber and in the vena cava inferior, only the knee joint was taken into consideration as the air-access route. The access of air was detected by means of arthroscopy on the corpse, combined with a special autopsy technique and shown experimentally. Insufflated air had entered via a fracture of the tibial articular surface and then passed through the spongiosa into the femoral vein. These findings are of far-reaching clinical consequence because the indication for arthroscopy by gas insufflation must be reconsidered again. Finally, the medicolegal aspects of such an incident are discussed.

Key words: Arthroscopy of the knee, air embolism – Air embolism, following arthroscopy – Special autopsy technique, air embolism following arthroscopy – Medicolegal aspects, air embolism following arthroscopy

Zusammenfassung. Eine bisher nicht bekannte, iatrogene Ursache der Luf tembolie wird am Fall einer Arthroskopie des Kniegelenks mit tödlichem Ausgang referiert. Eine derartige Komplikation wurde bis jetzt nach weltweiter Anwendung der Kniegelenksspiegelung seit vielen Jahren nicht beobachtet. Im Rahmen der Obduktion wurde daher erst beim Nachweis von Luft im Herzen und in der unteren Hohlvene das Kniegelenk als Eintrittspforte der Luft in Betracht gezogen. Durch die Arthroskopie an der Leiche in Verbindung mit einer besonderen Sektionstechnik konnte der Weg der Luf tembolie nicht nur festgestellt, sondern auch im Modellversuch reproduziert werden.

ziert werden. Demnach war die im Rahmen der Arthroskopie insuffilierte Luft über eine Gelenksflächenfraktur des medialen Tibiakondylus in das Spongiosasystem des Knochens eingetreten und von dort in die Beinvenen verschleppt worden. Der Befund ist von weitreichender klinischer Bedeutung, da nunmehr die Indikationsstellung zur Arthroskopie im gasförmigen Medium völlig neu zu überdenken ist. Abschließend werden arztrechtliche Aspekte eines derartigen Zwischenfalles diskutiert.

Schlüsselwörter: Arthroskopie des Kniegelenkes, Luftembolie – Luftembolie, bei Arthroskopie – Sektionstechnik bei Luftembolie nach Arthroskopie – Arztrecht, Luftembolie bei Arthroskopie

Entstehungs- und Nachweismöglichkeiten der Luftembolie

Die traditionelle Bedeutung des Befundes einer Luftembolie im Rahmen der Obduktion war im Lauf der jüngsten Vergangenheit einem Wandel unterzogen. Stellte sie früher eine häufige Todesursache bei illegalen Abortversuchen dar (Im Obersteg 1949; Merkel und Walcher 1936), so gehören diese Fälle unter anderem wegen der veränderten gesellschaftlichen Strukturen nunmehr der Vergangenheit an. Dennoch bildet auch heute noch die Probe auf Luftembolie bei jeder Sektion einer Frau im gebärfähigen Alter, welche unter nicht völlig geklärten Umständen verstorben ist oder aufgefunden wurde, einen unverzichtbaren Bestandteil der Untersuchung. Als Nachweismethode einer kardialen Luftembolie gilt die Eröffnung des rechten Herzens im flüssigkeitsgefüllten Herzbeutel vor Eröffnung anderer Blutgefäße, wobei der Austritt von Gasblasen einen positiven Befund darstellt. Als tödliche Menge werden Luftvolumina über 50 ml angesehen (Schmidt 1986).

Für die weitere Untersuchung der Bestandteile des entweichenden Gases und damit auch unter anderem für die Differenzierung gegen Fäulnigsgase kann das von Mallach und Schmidt (1980) vorgestellte Aspirometer verwendet werden.

Von Adebarh et al. (1984) wurden auch lichtmikroskopisch sichtbare Veränderungen im Gefolge kardialer Luftembolie in Lungenvenen und im Herzblut – Thrombozyten- und Leukozytenansammlungen um Luftbläschen – beschrieben, wobei diese Befunde je nach Überlebenszeit und Umständen des Todes differieren können und noch einen Hinweis auf eine Luftembolie erlauben sollen, falls, etwa nach Herzmassage, im Herz keine Luftembolie mehr nachweisbar ist.

Die Feststellung einer Luftembolie bereits vor Beginn der Obduktion kann durch Röntgenaufnahmen gelingen, worauf Schmidt (1986) erst jüngst hingewiesen hat. Bei Strangulationstodesfällen ist sie nach neueren Untersuchungen nur in Einzelfällen zu beobachten (Brinkmann et al. 1983; Grunert und Mallach 1986).

Die Luftembolie bildet heute eine Haupt- oder konkurrierende Todesursache bei Verletzungen mit Eröffnung großer Venen (Pollak et al. 1978), bei Stichverletzungen der Brusthöhle (King et al. 1984), bei Schädelfrakturen (Mallach 1978) und bei Tauchunfällen (Eisenmenger und Tröger 1982; Novo-

mesky und Ehm 1985). Vor allem aber medizinische Eingriffe und ärztliche Behandlungen sind, wenn auch nur in geringem prozentuellen Ausmaß, häufig die Ursache einer Luft- oder Gaseinschwemmung in das Venensystem. Das Spektrum der risikobehafteten ärztlichen Handlungen reicht von Infusionen mittels Infusionspumpen (Pollak et al. 1978; Weiler 1976), Aderlässem (Lötterle und Schellmann 1980), zentralen Venenkathetern (Flanagan et al. 1969; Weiler 1976), Transfusionen (Werkgartner und Maresch 1957), künstlicher intravenöser Ernährung (Green und Nemir 1971), künstlicher Beatmung von Neugeborenen (Baur et al. 1979) über neurochirurgische (Krier und Wiedemann 1978) und gynäkologische Eingriffe (Davies et al. 1980) bis zu Operationen im Thoraxbereich (Wetzer et al. 1980) und allgemeinchirurgischen Eingriffen, wobei eine vollständige Aufzählung den gebotenen Rahmen sprengen würde (weitere Zusammenstellung bei Mueller 1975; Schmidt 1986). Tödliche Gasembolien werden auch nach röntgenologischen Untersuchungen mit Luft als Kontrastmittel beschrieben (Weiler 1976; Vogel 1986), in Einzelfällen wurde nach Arthrographien das Auftreten einer Luftembolie beobachtet (Vogel 1986 zitiert 8 Fälle), Adebahr (1971) berichtet eine Luftembolie nach Luftfüllung des Hüftgelenkes. Hervorzuheben ist allgemein, daß es durchaus zunächst relativ geringfügige Verletzungen sein können, in deren Gefolge eine tödliche Luftembolie entstehen kann, so z. B. in dem von Bowen und McKim Sycamore (1976) beschriebenen Fall einer Luftembolie bei Einrichtung einer Unterkieferfraktur.

Durch den vorzustellenden Fall einer Luftembolie nach Kniegelenksarthroskopie wird als weitere mögliche Luftembolieursache die endoskopische Gelenksuntersuchung hinzugefügt.



Abb. 1. Ausrißfraktur im Bereich des vorderen Kreuzbandes

Kasuistik

Die 16jährige F. wurde nach einem selbstverschuldeten Mopedunfall an der chirurgischen Abteilung eines Wiener Krankenhauses stationär aufgenommen. Das rechte Kniegelenk war bei der Einlieferung geschwollen und schmerhaft. Auf Röntgenaufnahmen zeigte sich ein Bruch des medialen Schienbeinkondylus mit Stufenbildung. Am nächsten Tag wurde nach internistischer Untersuchung zum Ausschluß einer begleitenden Band- oder Meniskusverletzung und zur Abklärung des allfälligen weiteren therapeutisch-chirurgischen Vorgehens eine Arthroskopie in Vollnarkose vorgenommen. Hierbei entleerte sich zunächst reichlich blutiger Erguß aus der Gelenkhöhle. Nach Spülung und Auffüllung mit Luft zeigte sich an den Gelenksstrukturen mit Ausnahme einer Gelenksflächenfraktur (Abb.1) keine Verletzung, insbesonders keine Meniskusläsion. Unmittelbar vor der geplanten Beendigung des Eingriffes kam es zur Tachykardie mit einer Frequenz von 130/min. Nach einigen Sekunden traten Bradykardien, QRS-Verbreiterung und Zyanose der oberen Körperhälfte auf. Es wurde sofort intubiert und man verabreichte 2 Ampullen Suprarenin intratracheal und 1 weitere Ampulle intravenös über einen Venflon am Handrücken. Die Versuche, einen Subclaviakatheter zu setzen, gelangen nach etwa 10 Min. Trotz Einführung einer Schrittmachersonde war keine Herzaktion zu erzielen. Zum Ausschluß eines Pneumothorax wurden beide Brusthöhlen punktiert, auch auf Thoraxröntgenbildern war aber kein Pneu zu erkennen. Nach 45 Min wurden die Reanimationsversuche abgebrochen.

Obduktion – Sektionsbefund und Arthroskopie an der Leiche

Zur Obduktion gelangte die Leiche einer 168 cm großen, 75 kg schweren, jungen Frau. Bei der äußeren Besichtigung zeigten sich den Behandlungsmaßnahmen entsprechende Einstichstellen. Zeichen der Leichenfäulnis waren nicht vorhanden. Die Obduktion wurde mit der Pneumothoraxprobe begonnen, wobei sich in der linken Brusthöhle 500 ml, in der rechten etwa 20 ml Blut fanden. Bei Eröffnung des Ausströmungsteiles der rechten Herzkammer im wasser gefüllten Herzbeutel entleerten sich zahlreiche Luftblasen – also der positive Befund einer kardialen Luftembolie.

Als mögliche Quellen dieser Luftembolie kamen zunächst die Einstichstellen am Handrücken, der Subclaviakatheter und, vorerst theoretisch, das verletzte rechte Kniegelenk in Frage. Dem klinischen Verlauf zufolge war zwar der Subclaviakatheter erst nach dem Kreislaufstillstand gesetzt worden, ein späteres, letztlich zum Tod führendes Eintreten von Luft konnte aber von vornherein nicht ausgeschlossen werden.

Es wurde nun die untere Hohlvene, ebenfalls unter Wasser geöffnet. Auch hier kam es zu reichlichem Luftaustritt. Wenngleich eine Verschleppung der Luft aus dem Herzen in das untere Hohlvenengebiet durch Umlagerung und Manipulationen während der Reanimation oder nach dem Tod denkbar war, so kam nunmehr das Kniegelenk in erhöhtem Ausmaß als Eintrittspforte der Luft in Betracht.

Um einerseits das Kniegelenk als Emboliequelle zu verifizieren und andererseits eine iatrogene, durch die Arthroskopie gesetzte Beschädigung festzustellen oder auszuschließen – zu denken war u. a. an eine Verletzung der hinteren Gelenkkapsel mit Läsion der V. poplitea – mußte von der üblichen Obduktionstechnik abweichen werden.

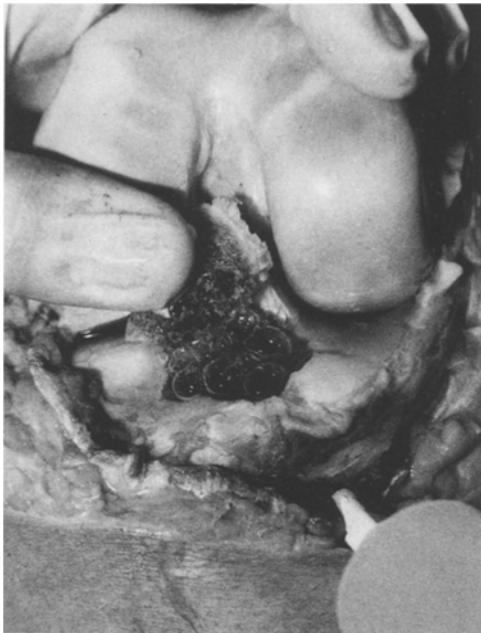


Abb. 2. Austritt von Luftblasen durch die Frakturfläche nach Anbohren des Schienbeinkopfes und Insufflation von Luft in die Spongiosa



3



4

Abb. 3. Austritt von Latexmilch durch die Gelenksflächenfraktur nach Injektionen in den angeborenen Schienbeinkopf

Abb. 4. Verteilung der Latexmilch in der Spongiosa des Schienbeinkopfes nach Injektion

Als einziger Weg, um ein klares Ergebnis zu erhalten erschien die neuzeitliche Spiegelung des unsezierten Kniegelenkes an der Leiche.

Nach Spülung des Gelenks konnte endoskopisch die Erstdiagnose – Ausrißfraktur im Bereich der Eminentia intercondylica mit Stufenbildung – bestätigt werden. Zusätzliche Läsionen waren auch an der hinteren Kapselwand nicht zu erkennen. Zur Klärung des fraglichen Luftaustrettes aus der Gelenkshöhle in das Venensystem wurde die Oberschenkelvene freigelegt und über ein Schlauchsystem in ein mit Wasser gefülltes Gefäß geleitet. Bei Insufflation von Luft in das Kniegelenk trat nahezu zeitgleich Luft aus der Femoralvene aus.

Um sicherzustellen, daß die Gelenksflächenfraktur als einzige, nachgewiesene Verletzung die Durchtrittsstelle der Luft bilden konnte, wurden nun das Gelenk eröffnet und der Tibiakopf angebohrt. Bei Einblasen von Luft durch das Bohrloch konnte der Luftaustritt wiederum durch Blasenbildung an dem mit Wasser bedeckten Frakturspalt objektiviert werden (Abb. 2).

Der Ausbreitungsweg eines flüssigen und damit auch eines gasförmigen Mediums innerhalb der spongiosen Knochenstruktur wurde durch Injektion von Latexmilch durch das Bohrloch im Tibiakopf dokumentiert. An der Frakturlinie kam es zum Austritt der weißen Latexmilch (Abb. 3), an einem Längsschnitt durch die Tibia zeigte sich die Verteilung innerhalb der Spongiosa (Abb. 4). Die Organbefunde der jungen Frau waren altersentsprechend unauffällig, am Gehirn wurden bei einer neuropathologischen Untersuchung die Zeichen des Sauerstoffmangels vor dem Tod festgestellt.

Schlußfolgerungen für den Unfallchirurgen

Durch die angeführte Präparationstechnik war es somit einerseits gelungen, eine zusätzliche iatrogene Verletzung im Kniegelenk auszuschließen und andererseits die Gelenksflächenfraktur eindeutig als Durchtrittspforte der, über das Knie in das Spongiosasystem insuffilierten Luft zu zeigen. Der unmittelbare Übertritt der Luft über die Spongiosa in die Beinvenen, der sich bei Einbringen von Luft in das Kniegelenk ergeben hatte, steht im Einklang mit Erfahrungen der transossären Phlebographietechniken (Fuchs 1964; Weber 1978). Die Darstellung der jeweiligen Venensysteme durch das unter Druck in den Markraum injizierte Kontrastmittel erfolgt ebenfalls innerhalb von Sekunden.

Erkennung und Nachweis der Luftembolie bei der Sektion sind um so bedeutsamer, als diese Komplikation bisher völlig unbekannt war. Die Arthroskopie wurde ganz allgemein als extrem risikoarmer diagnostisch-therapeutischer Eingriff betrachtet. Hervorgehoben wird die im Vergleich zur Arthrotomie mit 1:2500 geringe Infektionsrate (Glinz 1985). An weiteren, insgesamt seltenen Komplikationen nennt Glinz Knorpelschäden, Frakturen am distalen Femurende, Verletzungen der Art. poplitea, Venenthrombosen und Lungenembolie, Seitenbandrupturen, Paresen und Logensyndrome.

Eine der Luftembolie nach Art der Entstehung vergleichbare Komplikation ist das Haut- bzw. Weichteilemphysem. Nach einer Zusammenstellung von Dick et al. (1978) über 3714 Arthroskopien kam es in 22 Fällen zur Bildung eines Hautemphysems. Die Entstehung von Hautemphysemen wird vom Insufflationsdruck beeinflußt und ist bei Druckwerten über 70 mm Hg zu erwarten

(Scheuer und Rehn 1978). Zur Vermeidung der Ausdehnung eines unter Umständen lebensbedrohenden Hautemphysems wird neben einer Begrenzung des Druckes das Anlegen einer pneumatischen Manschette um den Oberschenkel gefordert (Shupak et al. 1984).

Die Arthroskopie kann im gasförmigen oder flüssigen Medium durchgeführt werden. Das gasförmige Milieu bietet gegenüber der Flüssigkeitsfüllung vor allem den Vorteil der klaren, nicht durch optische Phänomene („Aquariumeffekt“) und Schlierenbildung bei Blutungen beeinträchtigten Sicht (Henche 1974; Scheuer und Rehn 1978). Haupt und Duspiva (1984) berichten jedoch über die erfolgreiche Anwendung von Flüssigkeitsspumpen zur kontinuierlichen Gelenksspülung, auch bei frischem Hämarthros. Als Insufflationsgase werden Luft, CO₂ und Lachgas verwendet, wobei Lachgas und CO₂ gegenüber Luft den Vorteil der besseren Löslichkeit und damit der Resorbierbarkeit, sowohl aus dem Kniegelenk als auch bei Hautemphysemen besitzen, CO₂ jedoch durch Säurebildung zur Gewebsreizung führen kann (Scheuer und Rehn 1978).

Hinsichtlich der Indikationsstellung wurde von klinischer Seite zunehmend gefordert, bei traumatischem Hämarthros sofort eine Arthroskopie durchzuführen, um Bandläsionen diagnostizieren zu können (Gronert und Stewin 1980; Hohlbach et al. 1981; Noyes et al. 1980). McLennan (1982) weist vor allem auf die Rolle der Arthroskopie auch als therapeutischer Eingriff nach Gelenksflächenfrakturen hin. Während der Kniegelenksspiegelung ergibt sich vielfach erst die Notwendigkeit der Ausdehnung des Eingriffes zur Arthrotomie, weshalb insbesonders bei frischem, traumatischem Hämarthros eine Vollnarkose und vorherige Aufklärung des Patienten über die mögliche Ausweitung zur Arthrotomie gefordert werden (Kohn und Aigner 1985).

Gelenksflächenfrakturen mit fraglicher Meniskusbeteiligung stellten bisher also eine klare Indikation zur Arthroskopie dar. Die Indikation zu dieser Untersuchung im gasförmigen Milieu ist jetzt neu zu überdenken, da, wie der referierte Fall zeigt, letztlich doch die Möglichkeit einer sogar tödlichen Komplikation besteht. Wichtig erscheint uns zudem die Überlegung, daß mit dem Anlegen einer pneumatischen Blutsperre kein zureichender Schutz gewährleistet ist, auch wenn der Blutzfluß und damit die abführenden Beinvenen vorübergehend unterbunden sind. Denn der Austritt von Luft in den Spongiosaraum und die Weiterleitung nach proximal, bis zur Manschette, können naturgemäß auf diese Weise nicht verhindert werden und bei Lösen der Blutsperre, unter Umständen bereits nach Entfernung des Arthroskopes, kann vorher eingedrungene Luft nunmehr ungehindert über das Venensystem bis zum Herz gelangen.

Angesichts des beschriebenen Falles soll weiters darauf hingewiesen werden, daß ein Luftaustritt selbst durch kleine Kapsel- oder Bandläsionen denkbar erscheint, da Luftembolien auch immer wieder nach Minimaltraumen beschrieben werden. So berichten Merkel und Walcher (1936) über einen Schleimhautriß im Kehlkopfbereich als einzige Quelle einer tödlichen Luftembolie. Für die Auffüllung eines frisch traumatisierten Gelenkes mit Luft muß daher ebenfalls angenommen werden, daß die Gefahr einer Luftembolie besteht, da in der Gelenkhöhle bereits kleine Blutgefäße eröffnet sein müssen und die Luft unter Druck eingebracht wird.

Bei Verletzungen knöcherner Strukturen besteht aber in jedem Fall einer Arthroskopie im gasförmigen Milieu das Risiko der Luftembolie.

Arztrechtliche Aspekte

Nach Erfahrungen und Wissenstand bis zu dem referierten Zwischenfall bestand wohl eine relative Indikation zur Arthroskopie, die auch *lege artis* durchgeführt wurde. Damit würde bereits mangels einer objektiv sorgfaltswidrigen Handlung die Tatbestandsmäßigkeit zum fahrlässigen Erfolgsdelikt, hier der fahrlässigen Tötung, fehlen.

Wollte man sich dieser Beurteilung der Arthroskopie als einer im gegenständlichen Fall indizierten, sorgfaltsgemäß und *lege artis* vorgenommenen Untersuchung hingegen nicht anschließen, dann wäre neben einer Feststellung des Kausalzusammenhangs auch zu prüfen, ob die Handlung mit dem eingetretenen Erfolg spezifisch normativ verknüpft ist (Bauer 1981a). Der ursächliche Konnex zwischen der Kniegelenksspiegelung und der Luftembolie mit tödlichem Ausgang konnte im Sinne eines naturwissenschaftlichen Bedingungszusammenhangs geklärt werden. Als haftungsbegrenzendes Korrektiv würde sich im gegenständlichen Fall vor allem die Adäquanz anbieten. Damit soll der Erfolg dann nicht zugerechnet werden, wenn dieser nur infolge einer ganz ungewöhnlichen Verkettung dem Täter nicht vorhersehbarer Umstände eingetreten ist, oder wenn der Erfolgseintritt völlig außerhalb des Rahmens der gewöhnlichen Erfahrung liegt. Ganz atypische Kausalverläufe, die aber doch vom Verhalten des Täters in Wirksamkeit gesetzt wurden, sollen demnach ausgeschieden werden (Bauer 1984). Adäquanz bedeutet heute als haftungsbegrenzendes Korrektiv, daß neben dem Erfolg auch der gesamte Kausalverlauf in seinen wesentlichen Zügen vorhersehbar sein muß, wobei es vor allem um den notwendigen Tendenzgrad der Handlung zum eingetretenen Erfolg geht (Bauer 1981b). Der eingetretene Erfolg war der Exitus der Patientin, die zum Tode führende Komplikation eine von der Schienbeinfraktur ausgegangene und durch die Arthroskopie induzierte Luftembolie. Folgt man der bis zum Vorfall bekannten Literatur, dann lag dieser Verlauf vermutlich außerhalb der bestehenden Erfahrungen und könnte daher als inadäquat angesehen werden, womit die sogenannte objektive Zurechnung entfiel.

Literatur

- Adebahr G (1971) Zur Frage der Therapie bei Dekompressionskrankheit und bei Luftembolie. *Z Rechtsmed* 68:225–238
- Adebahr G, Weiler G, Riße M (1984) Die Bedeutung der mikroskopischen Untersuchung der mittleren und kleinen Äste der Arteria pulmonalis für die Diagnose der Luftembolie. *Z Rechtsmed* 92:127–135
- Bauer G (1981a) Objektive Voraussetzung strafrechtlicher Haftung. *Z Rechtsmed* 86:281–285
- Bauer G (1981b) Objektive Haftung des Arztes nach dem neuen Strafgesetzbuch. *Österr Ärzteztg* 36:154–157

- Bauer G (1984) Kausalitätsfragen bei der Begutachtung ärztlicher Fahrlässigkeit. Österr Ärzteztg 39: 1365–1369
- Baur M, Otten A, Bringer J (1979) Plötzlicher Tod durch massive Luftembolie bei Respirator-Beatmung im Neugeborenenalter. Acta Paediatr Helv 34: 147–153
- Bowen DA, McKim Sycamore E (1976) Traumatic air embolism. Med Sci Law 16: 56–58
- Brinkmann B, Andrä F, Püschel K (1983) Das sogenannte Luftemboliezeichen beim Erhängen. In: Barz J, Bösche J, Frohberg H, Joachim H, Käppner R, Mattern R (Hrsg) Fortschritte der Rechtsmedizin. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, S. 49–56
- Davies DE, Digwood KI, Hilton JN (1980) Air embolism during caesarean section. Med J Aust 67: 644–646
- Dick W, Glinz W, Henche HR, Ruckstuhl J, Wruhs O, Zollinger H (1978) Komplikationen der Arthroskopie. Eine Analyse von 3714 Fällen. Arch Orthop Trauma Surg 92: 69–73
- Eisenmenger W, Tröger HD (1982) Tauchunfälle – Ursachen und rechtsmedizinische Aspekte. Zentralblatt Rechtsmed 24: 877–880
- Flanagan JP, Gradisar IA, Gross RJ, Kelly TR (1969) Air embolus – a lethal complication of subclavian venipuncture. New Eng J Med 281: 488–489
- Fuchs WA (1964) Intraossäre Phlebographie. In: Diethelm L, Olsson O, Strnad F, Vieten H, Zuppinger A (Hrsg) Handbuch der medizinischen Radiologie Teil 3, Röntgendiagnostik des Herzens und der Gefäße. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, S. 373–374
- Glinz W (1985) Die stille Revolution. In: Hofer H (Hrsg) Fortschritte in der Arthroskopie. Referate des 1. Kongresses der deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Arthroskopie. Enke, Stuttgart, S. 1–5
- Green HL, Nemir P (1971) Air embolism as a complication during parenteral alimentation. Am J Surg 121: 614–616
- Gronert HJ, Stewin J (1980) Möglichkeiten und Grenzen der Arthroskopie beim frischen traumatischen Kniebinnenschaden. Unfallheilk 83: 108–114
- Grunert W, Mallach HJ (1986) Luftembolie beim Tod durch Strangulation. In: Eisenmenger W, Liebhardt E, Schuck M (Hrsg) Medizin und Recht. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, S. 175–179
- Haupt PR, Duspiva W (1984) Flüssigkeitspumpen zur kontinuierlichen Gelenkspülung bei der Arthroskopie. Aktuel Traumatol 14: 106–107
- Henche HR (1974) Indikation, Technik und Resultate der Arthroskopie nach Traumatisierung des Kniegelenkes. Orthopäde 3: 178–183
- Hohlbach G, Schildberg FW, Miersch WD (1981) Die Diagnostik bei traumatischem Haemarthros des Kniegelenkes unter besonderer Berücksichtigung der Arthroskopie. Unfallheilk 84: 326–333
- Im Obersteg J (1949) Die Luftembolie bei kriminellem Abort. Dtsch Z Gesamte Gerichtl Med 39: 646–687
- King MW, Aitchison JM, Nel JP (1984) Fatal air embolism following penetrating lung trauma: an autopsy study. J Trauma 24: 753–755
- Krier C, Wiedemann K (1978) Luftembolie. Eine Komplikation bei neurochirurgischen Eingriffen in sitzender Position. Prakt Anästh 13: 386–397
- Kohn D, Aigner R (1985) Entscheidungen vor, während und nach der Kniegelenksarthroskopie. Fortschr Med 103: 317–320
- Lötterle J, Scheilmann B (1980) Unbekannte Gefahr bei Aderlaß mit Unterdruckflaschen: Luftembolie. Z Rechtsmed 85: 247–254
- Mallach HJ (1978) Die Luftembolie als primäre oder konkurrierende Todesursache. H Unfallheilk 132: 52–55
- Mallach HJ, Schmidt WK (1980) Über ein quantitatives und qualitatives Verfahren zum Nachweis der Luft- oder Gasembolie. Beitr Gesamte Gerichtl Med 38: 409–419
- McLennan JG (1982) The role of arthroscopic surgery in the treatment of fractures of the intercondylar eminence of the tibia. J Bone Joint Surg 64-B: 477–480
- Merkel H, Walcher K (1936) Gerichtsärztliche Diagnostik und Technik. Hirzel Verlag, Leipzig, S. 67, 91–92, 173
- Mueller B (1975) Gerichtliche Medizin. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, S 355–360

- Novomesky F, Ehm OF (1985) Tödliche Luftembolie beim Tauchen. Eine morphologische Untersuchung. *Z Rechtsmed* 95:105–111
- Noyes FR, Bassett RW, Grood ES, Butler DL (1980) Arthroscopy in acute traumatic hemiarthrosis of the knee. *J Bone Joint Surg* 62-A:687–695
- Pollak S, Dellert P, Vycudilik W (1978) Kriminalistische Aspekte iatrogener Luftembolien. *Z Rechtsmed* 82:211–223
- Scheuer I, Rehn J (1978) Die Technik der Arthroskopie mit Lachgasfüllung. *Unfallheilk* 81: 661–663
- Schmidt G (1986) Röntgenologischer Nachweis der Luftembolie. In: Eisenmenger W, Liebhardt E, Schuck M (Hrsg) Medizin und Recht. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, S 286–296
- Shupak RC, Shuster H, Funch RS (1984) Airway emergency in a patient during CO₂ arthroscopy. *Anesthesiology* 60:171–172
- Vogel H (1986) Risiken der Röntgendiagnostik. Urban und Schwarzenberg, München Wien Baltimore, S 101–118
- Weber J (1978) Phlebographie und Venendruckmessung im Abdomen und Becken. Witzstrock, Baden-Baden Köln New York, S. 32–34
- Weiler G (1976) Zur venösen Gasembolie bei diagnostischen und therapeutischen Eingriffen unter besonderer Berücksichtigung des Pneumoperitoneums. *Beitr Gesamte Gerichtl Med* 34:9–14
- Werkgartner A, Maresch W (1957) Tödliche Luftembolie bei Konservenblutübertragung. *Wien Klin Wochenschr* 69:813–814
- Wetzer K, Röhle KF, Preisler J, König S, Schilling W, Wenzel D, Scheuler D (1980) Luftembolie bei perthorakaler Lungenpunktionsbiopsie. *Z Erkr Atmungsorgane* 154:155–162

Eingegangen am 13. April, 1987