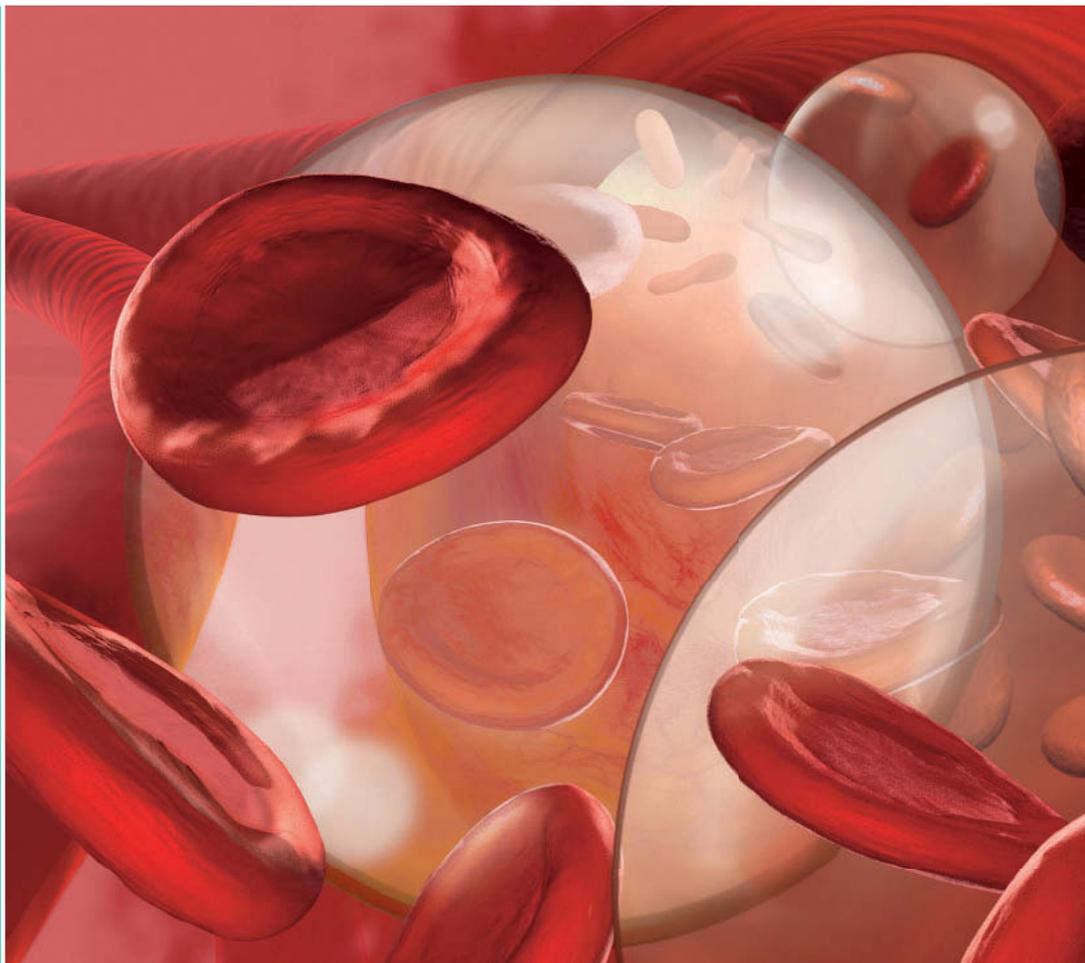


Luftembolie

Risikoprävention in der Infusionstherapie



Luftembolie



Definition Ursachen

Definition

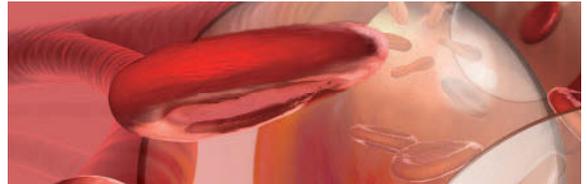
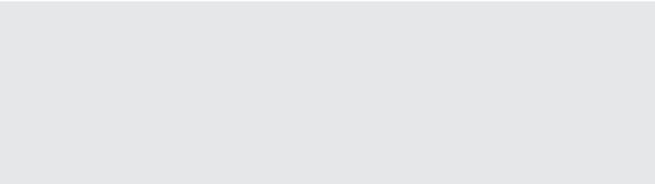
Eine vaskuläre Luftembolie ist das Eindringen von Luft (oder von außen zugeführtem Gas) über die Operationswunde oder andere Verbindungen zur Außenwelt in die Venen oder Arterien des Patienten mit der Folge systemischer Wirkungen [Mirski et al. 2007].

Ursachen

Eine Luftembolie entsteht durch das Eindringen von Luft in die Blutbahn. Hierzu sind verschiedene Ursachen denkbar, meist ist die Luftembolie iatrogen verursacht (Abb. 1) [Gabriel 2008, Wittenberg 2006, Josephson 2006, Patel 2000, Boone et al. 1999, Obermayer 1994].

Pathophysiologie

Der Embolus wird zum Herzen transportiert und kann an der Pulmonalklappe einen intrakardialen Lufteinschluss (Air Lock) bilden. Dieser vermindert bzw. verhindert den Blutaustrom aus der rechten Herzkammer. Weil das Blut nicht mehr in ausreichender Menge aus dem rechten Ventrikel heraus fließen kann, kommt es auf der rechten Herzseite zu einem Blutstau. Durch den Versuch, das Blut an dem Lufteinschluss vorbei aus dem Herzen heraus zu transportieren, nimmt die Kraft der Herzmuskelkontraktionen immer weiter zu. Diese heftigen Kontraktionen können kleinere Luftbläschen aus dem Air Lock freisetzen. Die Bläschen gelangen in den Lungenkreislauf und behindern dort die Fortbewegung des Blutes, dabei entsteht eine Gewebshypoxie. Die pulmonale Hypoxie bewirkt eine Vasokonstriktion der Lungengefäße, wodurch wiederum die Arbeitsbelastung des rechten Ventrikels gesteigert und der Blutaustrom aus der rechten Herzseite verringert wird [Perdue 2001, Philips et al. 1997].



Ursachen

- Offenes Infusionssystem
- Nicht korrekt befülltes und entlüftetes Infusionssystem
- Parallele Infusionen
- Nichtbeachten der Gebrauchsanleitungen der Produkte

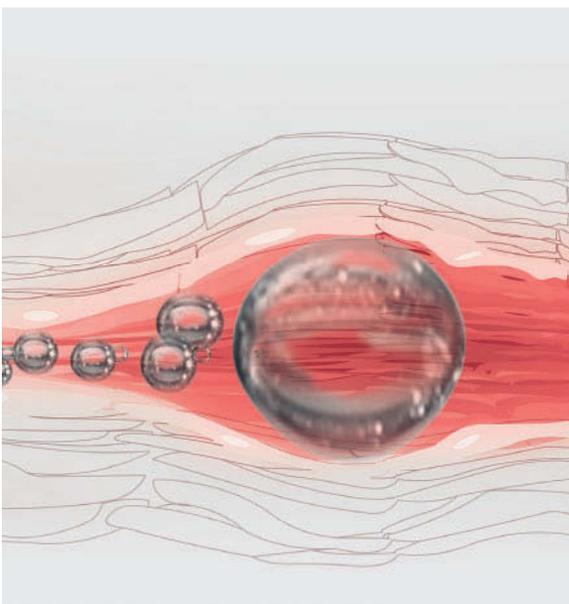


Abb. 1: Eine Luftembolie entsteht durch das Eindringen von Luft in die Blutbahn.

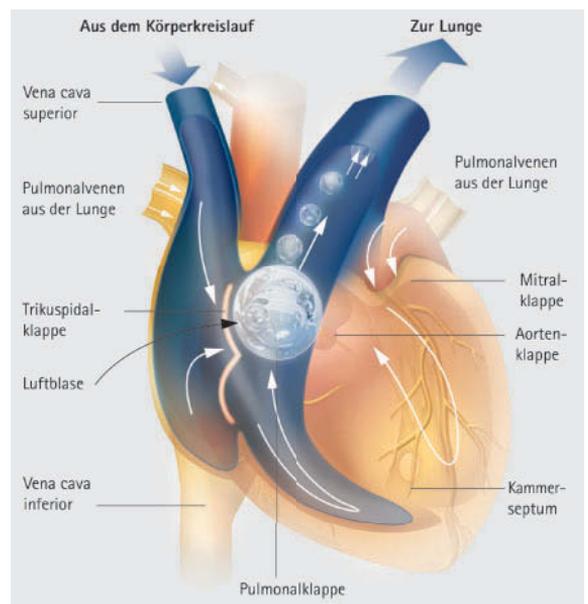


Abb. 2: Luft innerhalb des Herzens. Luft, die in das Herz gelangt, kann einen intrakardialen Lufteinschluss (Air Lock) verursachen. Durch die Kontraktion des Herzens kann der Luft-Embolus in viele kleinere Bläschen umgewandelt werden, die die Blutzirkulation in kleineren Gefäßen behindern. Dies ist im Lungenkreislauf besonders kritisch.

Luftembolie

Ursachen



Typische Ursachen von Luftembolien sind:

- Lufteintritt über einen offenen i.v.-Zugang oder ein offenes Infusionssystem (z. B. Dreiwegehahn offen, Entkopplung des Infusionssystems, Leck aufgrund von Produktversagen). Die Menge an eintretender Luft hängt von der Lagerung des Patienten und von der Höhe der Vene relativ zur Herzhöhe ab [Josephson 2006, Perdue 2001, Muth et al. 2000].
- Nicht korrekte Befüllung und unzureichende Entlüftung des Infusionssystems.
- Parallelinfusionen, bei denen sich Schwerkraftinfusionen und Infusionspumpen durch Zusammenschluss im Infusionsset gegenseitig beeinflussen (Abb. 3). Dies kann beim Leerlaufen der Schwerkraftinfusion zum „Beading“ (Perlschnureffekt, Flüssigkeit-Luft-Flüssigkeit) führen (Abb. 4) [Obermayer 1994].
- Unterschiedlichste chirurgische Eingriffe (insbesondere neurochirurgische, vaskuläre, geburtshilfliche, gynäkologische oder orthopädische Operationen) [Mirski et al. 2007, Muth et al. 2000, Natal & Doty 2009, Wong & Irwin 2005].
- Falsch durchgeführte Druckinfusion [Gray et al. 1999].



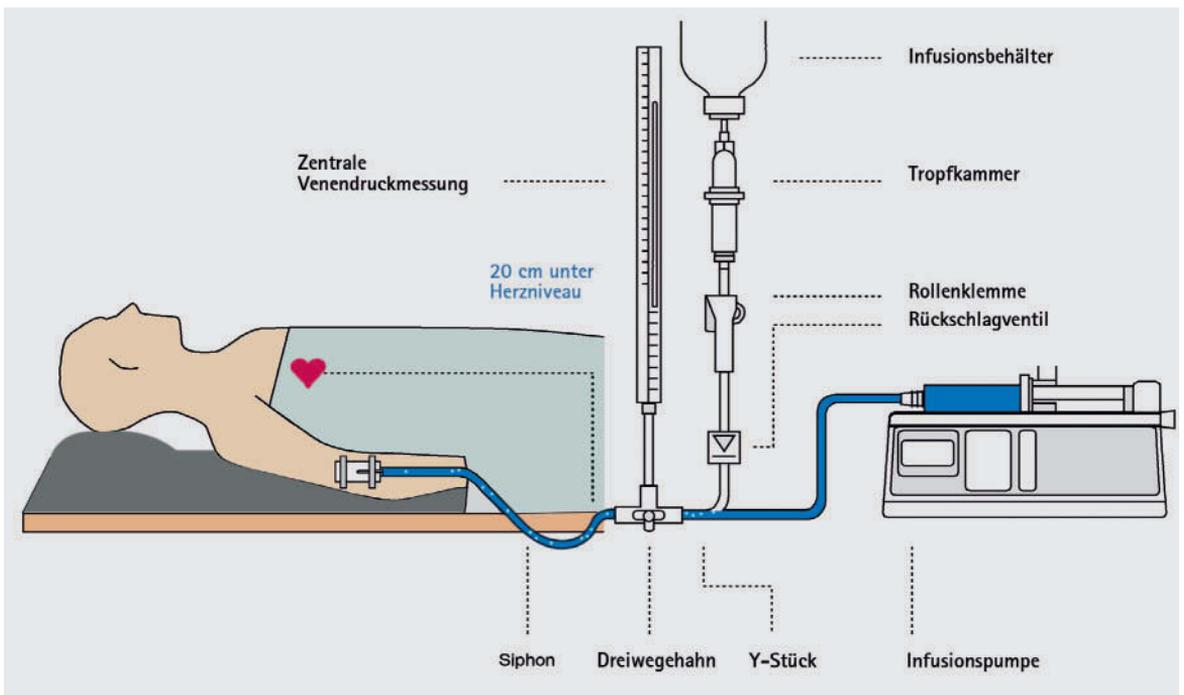


Abb. 3: Parallelinfusion. Die parallele Verabreichung einer Schwerkraftinfusion und einer Infusion über eine Infusionspumpe (blau) geht beim Leerlaufen der Schwerkraftinfusion mit dem Risiko einer Luftembolie einher.



Abb. 4: Beading (Perlschnureffekt Flüssigkeit-Luft-Flüssigkeit) bei Parallelinfusion.

Luftembolie

Folgen

Mögliche Symptome* / Klinisches Bild

Angst [Josephson 2006]

Atemnot [Mirski et al. 2007, Perdue 2001]

Retrosternale Schmerzen [Mirski et al. 2007, Perdue 2001]

Unruhe / Desorientiertheit [Wittenberg 2006]

Kurzatmigkeit [Perdue 2001]

Zyanose [Perdue 2001]

Tachykardie [Mirski et al. 2007, Wittenberg 2006]

Tachypnoe [Mirski et al. 2007, Wittenberg 2006]

Bewusstseinsstörung [Wittenberg 2006]

Blutdruckabfall / Schock [Wittenberg 2006]

Kardiales „Mühlradgeräusch“** [Wittenberg 2006]

Jähe Bewusstlosigkeit, Kreislaufchock oder plötzlicher Tod [Wittenberg 2006, Josephson 2006]

Symptome / Klinisches Bild

Die subjektiven und objektiven Symptome der Luftembolie hängen davon ab, wie viel Luft in die Blutbahn gelangt ist. Meist treten die Symptome sofort nach dem Lufteintritt auf [Mirski et al. 2007, Wittenberg 2006, Josephson 2006, Perdue 2001].

Komplikationen

Generell ist ein Lufteintritt in die Blutbahn in jeder Menge als kritisch zu werten. Die Folgen stehen in direktem Zusammenhang mit dem Zustand des Patienten, dem Luftvolumen sowie der Geschwindigkeit, mit welcher die Luftmenge infundiert wird [Gabriel 2008, Mirski et al. 2007, Josephson 2006, Booke et al. 1999, Orebaugh et al. 1992].

Klinische Komplikationen sind vermindertes Herz-/Zeitvolumen, Schock und Tod [Wittenberg 2006, Josephson 2006].



* Die Symptome sind unspezifisch und hängen mit dem Kreislaufkollaps zusammen.

** Das „Mühlradgeräusch“ ist ein lautes, maschinenähnliches Geräusch über der Herzspitze (Spätzeichen).

Luftembolie



Präventionsstrategien

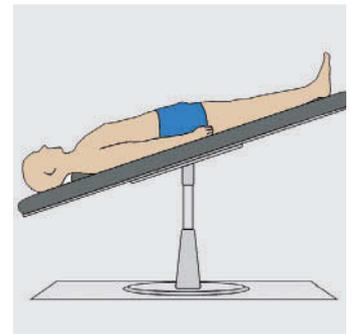


Abb. 6:
Trendelenburg-Lagerung
für das Legen des zentralen Venenkatheters.

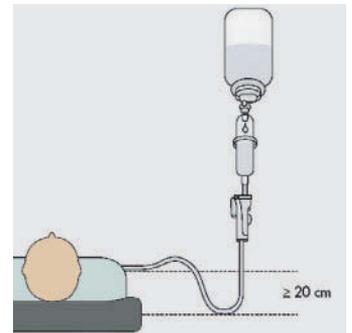


Abb. 7:
Ein Siphon (>20 cm)
schützt vor dem Eindringen von Luft in
das Infusionsset.

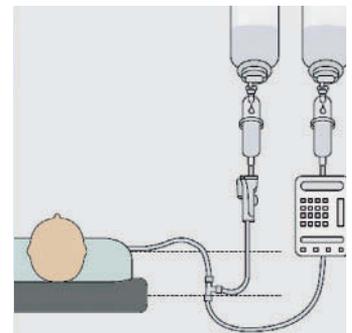


Abb. 8:
Bei Parallelinfusionen
muss der Siphon in den
aufsteigenden Teil des
Schlauchs eingefügt
werden. Für eine
Schwerkraftinfusion ist
ein Rückschlagventil zu
verwenden.



Präventionsstrategien

- Beim Legen einer Kanüle in der Peripherie kann das Luftembolierisiko reduziert werden, wenn sichergestellt wird, dass der Arm des Patienten beim Legen oder Ziehen der Kanüle unter dem Herzniveau liegt [Gabriel 2008].
- Beim Legen oder Ziehen eines zentralen Venenkatheters sollte der Patient in Rückenlage oder in Trendelenburg-Position sein. Dies minimiert das Risiko einer Luftembolie (Abb. 6) [Gabriel 2008, Mirski et al. 2007, Wittenberg 2006, Josephson 2006, Dougherty 2006, Perdue 2001].
- Die Gebrauchsanleitungen von Infusionsset und -behälter sind zu beachten.
- Die Inzidenz von Luftembolien lässt sich auch durch Luer-Lock-Anschlüsse verringern. Dadurch werden mögliche Fehler beim Anschließen von Sets und Spritzen an den intravenösen Katheter weitgehend ausgeschlossen [Gabriel 2008, Perdue 2001].
- Undichte Infusionsleitungen sind sofort auszutauschen, um zu verhindern, dass Luft in die Blutbahn gezogen wird [Perdue 2001].
- Bei der Planung einer Infusionstherapie sollte immer ein Siphon (>20 cm) als Schutz gegen das Eindringen von Luft vorgesehen werden (Abb. 7, 8) [Riemann 2004].
- Infusionsfilter halten nicht nur Partikel und Bakterien, sondern auch zu 100 % eventuell vorliegende Luft aus den Infusionsleitungen zurück [Riemann 2004].
- Es sollten moderne Infusionssets mit einer AirStop-Membran verwendet werden [Riemann 2004].

Prävention

- Korrekte Lagerung des Patienten entsprechend dem beabsichtigten Vorgehen
- Befolgen der Gebrauchsanweisungen für die Infusionsbehälter und -systeme
- Anlage eines Siphons
- Verwendung von Luer-Lock-Anschlüssen
- Sofortiges Austauschen undichter Infusionsleitungen
- Verwendung von Infusionssets mit AirStop-Mechanismus
- Verwendung moderner Infusionsfilter

Luftembolie

Risiko prävention



Intrafix® SafeSet

Mehr Sicherheit und Komfort.

Einzigartige luftdichte 15 µm-Filtermembran in der Tropfkammer (AirStop).

- Wirkt als Barriere gegen die Infusion von Luft.
- Schützt das Infusionssystem vor Leerlaufen und damit den Patienten vor Luftembolien.



Discofix® C

Einzigtartiger Dreiwegehahn für mehr Sicherheit.

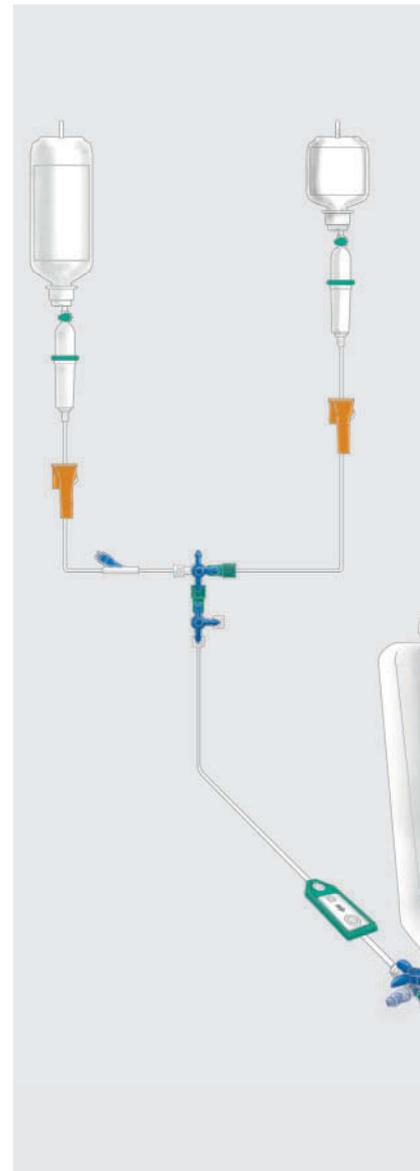
- Ein spezielles Material schützt vor Luftembolien durch die Vermeidung von Spannungsrissen.
- Der einzigartige Discofix® C ist auch bei langfristigem Gebrauch resistent gegenüber Arznei- und Desinfektionsmitteln.



Discofix® C mit Safeflow

Einzigtartiger Dreiwegehahn mit integriertem Membranventil.

- Der Dreiwegehahn vereint die Vorteile von Discofix® C mit denen eines Membranventils.
- Schutz vor Luftembolien durch spannungsrissbeständiges Material.
- Das Ventil öffnet sich bei konnektiertem Ansatz (z. B. Spritze) und schließt zuverlässig nach der Dekonnection – für mehr Sicherheit vor Luftembolien.





Caresite® / Safeflow

Nadelfreie Membranventile für einen sicheren und anwenderfreundlichen Zugang zum Infusionssystem.

Das Ventil sichert das geschlossene System.

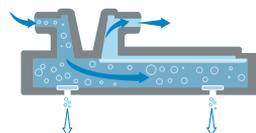
- Verschluss des Ventils vor der Aktivierung.
- Luftdichter, leckresistenter Verschluss bei Anschließen des Luer-Konus an das Ventil.
- Ventil wird verschlossen, wenn die Konnektion gelöst wird.



Intrapur® und Sterifix® Infusionsfilter

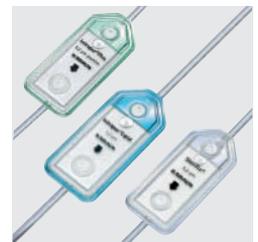
Breite Filterpalette für die sichere Infusionstherapie.

- Zwei hydrophobe Membranen aus Polytetrafluorethylen (PTFE) sichern während der Anwendung die lageunabhängige Luftabscheidung der Infusionslösung.



Querschnitt

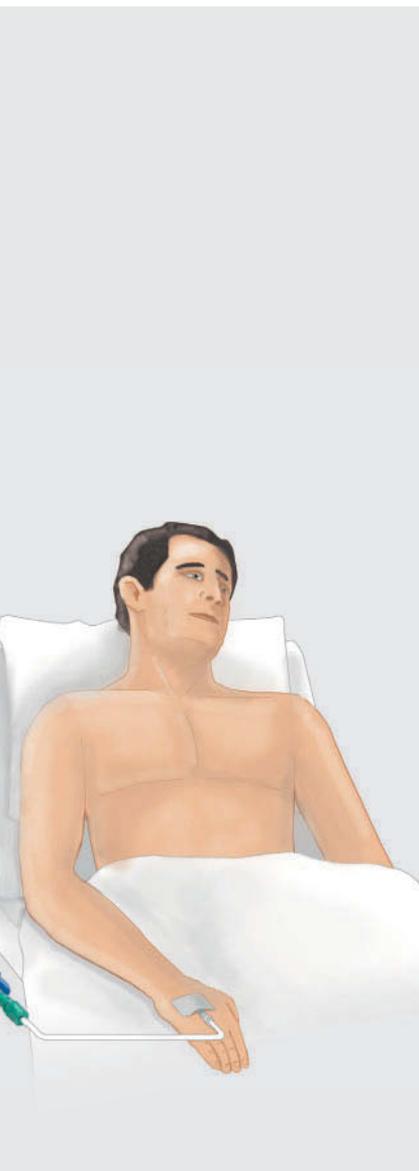
Entlüftung



Mandrins

Mandrins für Verweilkatheter von B. Braun ermöglichen eine sichere und problemlose kurzzeitige Unterbrechung der intravenösen Verabreichung.

- Die sichere Luer-Lock-Verbindung zwischen Mandrin und Kanülenansatz verhindert während Unterbrechungen der intravenösen Verabreichung das Eindringen von Luft.



Literatur

Literatur

- Booke M, Bone HG, van Aken H, Hinder F, Jahn U and Meye J. Die venöse paradoxe Luftembolie. *Anaesthesist* 1999; 48(4): 236-41
- Demaerel P, Gevers AM, De Bruecker Y, Sunaert S and Wilms G. Gastrointest Endosc. Stroke caused by cerebral air embolism during endoscopy 2003; 57(1): 134-5
- Gabriel J. Infusion therapy. Part two: Prevention and management of complications. *Nurs Stand* 2008; 22(32): 41-8
- Gray AJ, Glover P. Air emboli with Haemacel®. *Anaesthesia* 1999; 54(8): 790-2
- Jardin F, Gurdjian F, Desfonds P, Fouilladieu JL and Margairaz A. Hemodynamic factors influencing arterial hypoxemia in massive pulmonary embolism with circulatory failure. *Circulation* 1979 May; 59(5): 909-12.
- Josephson DL. Risks, complications, and adverse reactions associated with intravenous infusion therapy. In: Josephson DL. *Intravenous infusion therapy for medical assistants*. The American association of Medical Assistants. Clifton Park: Thomson Delmar Learning 2006; 56-82
- Lamm G, Auer J, Punzengruber C, Ng CK and Eber B. Intracoronary air embolism in open heart surgery – an uncommon source of myocardial ischaemia. *Int J Cardiol* 2006; 112(3): 85-6
- Lynch JJ, Schuchard GH, Charles N, Gross and Samuel L. Prevalence of right-to-left atrial shunting in a healthy population: detection by Valsalva maneuver contrast echocardiography. *Am J Cardiol* 1984; 53(10): 1478-80
- Mirski MA, Lele AV, et al. Diagnosis and treatment of vascular air embolism. *Anesthesiology* 2007; 106(1): 164-77
- Muth CM, Shank ES. Gas embolism. *N Engl J Med* 2000; 342(7): 476-82
- Natal BL and Doty CI. Emedicine, <http://emedicine.medscape.com/>, last update: Jul 2009
- Obermayer A. Physikalisch-technische Grundlagen der Infusionstechnik – Teil 2. *Medizintechnik* 1994; 114(5): 185-190
- Orebaugh SL. Venous air embolism: clinical and experimental considerations. *Crit Care Med* 1992; 20(8): 1169-77
- Patel S. Avoiding air emboli during pressure infusion. *Anaesthesia* 2000; 55(4): 412
- Perdue MB. Intravenous complications. In: Perucca R. *Infusion therapy equipment: types of infusion therapy equipment*. In: *Infusion therapy in clinical practise*. Philadelphia: Saunders 2001; 418-445
- Phillips LD, Kuhn MA. *Manual of intravenous medications*. Lippincott Williams & Wilkins 1997; 294-95
- Riemann T. How many "milliliters" of air will lead to an air embolism? *Die Schwester Der Pfleger* 2004; 8: 594-595
- Sagara M, Haraguchi M, Isowaki S, Yoshimura N and Nakamura K. Myocardial ischemia induced by air bubbles [Japanese]. *Masui* 1996; 45(7): 884-7



Soto-Sarrión C, Poyatos C, Isarria-Vidal S, Faus-Cerdá R and Esteban-Hernández JM. Arterial gas embolism progressing to a massive stroke [Article in Spanish]. *Rev Neurol* 2004 Feb; 1-15; 38(3): 234-8

Souders JE. Pulmonary air embolism. *J Clin Monit Comput* 2000; 16(5-6): 375-83

Tanus-Santos JE, Gordo WM, Udelsmann A, Cittadino MH, Moreno H Jr. Nonselective endothelin-receptor antagonism attenuates hemodynamic changes after massive pulmonary air embolism in dogs. *Chest* 2000; 118(1): 175-9

Tuxen DV, Scheinkestel CD, Salamonson R. Air embolism – a neglected cause of stroke complicating cardiopulmonary bypass (CPB) surgery. *Aust N Z J Med* 1994; 24(6): 732-3

Wittenberg AG. Venous Air Embolism. *Emedicine*, last updated: May 2006

Wong AY, Irwin MG. Large venous air embolism in the sitting position despite monitoring with transoesophageal echocardiography. *Anaesthesia* 2005; 60(8): 811-3



Diese wissenschaftliche Übersicht richtet sich an Fachpersonal in der Patientenversorgung. Sie basiert auf der Auswertung der Fachliteratur und der Leitlinien. Dies ist gedacht als Einführung in die typischen Risiken der Infusionstherapie, um das Fachpersonal aufmerksamkeits- und bewussteinsschärfend auf diese Probleme hinzuweisen. In seiner summarischen Form beschränkt sich der Text auf eine Übersicht, die nicht alle speziellen Bedingungen berücksichtigen kann und soll. Bei nicht korrekter Auslegung der Hinweise übernimmt B. Braun keine Verantwortung für die möglichen Konsequenzen therapeutischer Maßnahmen auf der Grundlage dieser Übersicht.

B. Braun Melsungen AG | Hospital Care | 34209 Melsungen | Deutschland
 Tel. +49 5661 71-0 | www.bbraun.de | www.sichereinfusionstherapie.de

B. Braun Austria GmbH | Otto-Braun-Str. 3-5 | 2344 Maria Enzersdorf | Österreich
 Tel. +43 2236 465 41-0 | Fax +43 2236 484-79 | www.bbraun.at

B. Braun Medical AG | Seesatz 17 | 6204 Sempach | Schweiz
 Tel. +41 58 258 50-00 | Fax +41 58 258 60-00 | www.bbraun.ch