

Perioperatives Management bei neurochirurgischen Operationen in sitzender oder halbsitzender Position*

Empfehlungen des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Neuroanästhesie

Diese Empfehlungen ersetzen die Empfehlungen des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Neuroanästhesie der DGAI „Monitoring bei neurochirurgischen Operationen in sitzender oder halbsitzender Position“ aus dem Jahr 1995 bzw. 2000, die nachweislich Einfluss auf die geübte Praxis hatten [1]. Sie richten sich in erster Linie an Anästhesisten, die mit der Betreuung neurochirurgischer Patientinnen und Patienten betraut sind, bei denen eine Operation in sitzender oder halbsitzender Position geplant ist; darüber hinaus auch an Neurochirurgen oder Ärztinnen und Ärzte anderer Disziplinen, die mit diesem Patientenkollektiv in Berührung kommen.

Diese Empfehlungen entsprechen nach der Definition der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) einer S2k-Leitlinie (formales Konsensusverfahren).

Die hier ausgesprochenen Einzelempfehlungen entsprechen bestenfalls einem Empfehlungsgrad C, da für keinen der angesprochenen Punkte Daten und Studien mit einer Evidenzstärke besser als IIb (mindestens eine Studie mit quasi-experimentellem Ansatz) bzw. III (beschreibende, vergleichende oder Case-Controll-Studie) vorliegen.

Einleitung

Die Risiken der Lagerung in halbsitzender und sitzender Position sind vielfältig. Die schwerwiegendsten Komplikationen sind die postoperative Quadriplegie, Hirnnervenausfälle, der postoperative Pneumenzephalus sowie die venöse und die paradoxe Luftembolie. Andererseits werden als Vorteile dieser Lagerung - besonders bei Operationen an der hinteren Schädelgrube - eine verbesserte Exposition des Operationsfeldes, verbesserte Liquordrainage, die Reduktion von Blutverlust, Gewebstrauma, Hirndruck und Hirn-

nervenschäden angeführt [2,3,4]. Somit ist bei der Operationsplanung eine sorgfältige Nutzen-Risiko-Abwägung von chirurgischer und anästhesiologischer Seite unabdingbar.

1. Präoperative Diagnostik und Aufklärung

Patienten, bei denen die sitzende oder halbsitzende Lagerung für einen neurochirurgischen Eingriff geplant ist, erhalten zusätzlich zur üblichen präoperativen Diagnostik eine entsprechende Untersuchung mit der Fragestellung nach einem persistierenden Foramen ovale (PFO). **Empfehlungsgrad C**

Bei Operationen in sitzender Position kommt es mit einer Wahrscheinlichkeit von bis zu 100 % zu venösen Luftembolien [5,6]. Bei Patienten mit einem PFO besteht ein nicht kalkulierbares Risiko, dass es im Falle einer venösen Luftembolie zu einer paradoxen Embolie in das arterielle System kommt mit den deletären Folgen wie Hirninfarkt, Erblindung, Myokardinfarkt oder Infarzierungen in anderen arteriellen Versorgungsgebieten. Die Prävalenz des PFO in der Gesamtbevölkerung beträgt ca. 30 % [7]. Eine aussagekräftige Untersuchung zum Ausschluss oder Nachweis eines PFO ist deshalb dringend anzuraten.

Bei der Suche nach einem PFO ist die transösophageale Echokardiographie der transthorakalen Untersuchungstechnik eindeutig überlegen [8,9]. Einzuschließen in den Untersuchungsgang ist die Injektion von Kontrastmittel (z.B. Galaktose) bei gleichzeitigem Valsalva-Manöver. Im Rahmen der Echokardiographie muss auch nach Zeichen der Rechtsherzbelastung und Zeichen der Druck-

* Anästh. Intensivmed. 49 (2008) 47 - 51.

erhöhung im kleinen Kreislauf gefahndet werden, da es bei intraoperativ auftretenden Luftembolien mit der damit verbundenen akuten Rechtsherzbelastung zu einer Rechtsherzdekompensation kommen kann.

Alternativ zur präoperativen transösophagealen Echokardiographie-Untersuchung zur PFO-Diagnostik kann auch die weniger invasive transkranielle echo-contrast-gestützte Doppler-Untersuchung (c-TCD) eingesetzt werden (Sensitivität 0.92, Spezifität 1, negativer prädiktiver Wert 0.97, positiver prädiktiver Wert 1 bei TEE als Goldstandard-Referenzmethode) [9,10].

Bei nicht kooperativen Patienten oder Kindern empfiehlt es sich, die präoperative transösophageale Echokardiographie am Operationstag nach Einleitung der Anästhesie durchzuführen. In Abhängigkeit vom Befund wird dann gemeinsam mit dem Chirurgen die Lagerung zur Operation besprochen. Dies setzt eine entsprechende präoperative Aufklärung des Patienten bzw. dessen Eltern voraus, die auch beinhaltet, dass über die Lagerung zur Operation mit ihren entsprechenden Risiken sowie Vor- und Nachteilen erst nach Einleitung der Narkose entschieden wird.

Der Nachweis eines PFO stellt eine Kontraindikation für die sitzende oder halbsitzende Lagerung dar. Sollte eine andere als die sitzende oder halbsitzende Position ein unverträgliches hohes chirurgisches Risiko darstellen, kann in Abwägung der Nutzen und Risiken unter entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen und der entsprechenden intraoperativen Überwachung (siehe dort) die Durchführung der Operation in sitzender oder halbsitzender Position bei Patienten mit einem PFO erwogen werden. Der Patient muss über die damit verbundenen Risiken aufgeklärt werden.

Empfehlungsgrad D

Es wird Situationen geben, in denen der Neurochirurg aufgrund des zu operierenden Befundes, der Gesamtsituation oder aufgrund seiner Erfahrung sich auch bei einem Patienten mit einem PFO zu einer Operation in sitzender oder halbsitzender Position entschließt. Zuvor müssen alternative Lagerungsmöglichkeiten mit einem geringeren Risiko der venösen Luftembolie

geprüft werden. Es muss eine eingehende interdisziplinäre Beratung insbesondere mit dem Neuroanästhesisten erfolgen und eine entsprechende Aufklärung des Patienten bzw. dessen gesetzlichen Vertreters stattfinden. Belastbare Daten zum Risiko einer paradoxen Luftembolie bei Patienten mit einem PFO, die in sitzender oder halbsitzender Position operiert werden, liegen nicht vor.

Ein präoperativer Verschluss eines PFO mit entsprechend kathetergestützten Okklusionsverfahren ist in wenigen Fällen durchgeführt worden. Diese Fälle sind aber noch nicht publiziert und berühren die Frage der erforderlichen postinterventionellen Antikoagulation über einige Wochen, die einen neurochirurgischen Eingriff zunächst verbieten.

Bei älteren Patienten oder Patienten mit Hinweisen auf degenerative oder sonstige krankhafte Veränderungen der Halswirbelsäule (HWS) empfiehlt sich die präoperative Anfertigung einer Röntgen-Aufnahme der HWS in zwei Ebenen und eventuell weiterer bildgebender Verfahren wie CT und MRT.

Empfehlungsgrad D

Es sind einzelne Fallberichte über postoperative Tetraparesen und Tetraplegien nach Operationen in sitzender Position infolge von Überdehnungen und konsekutiven Durchblutungsstörungen des zervikalen Myelons publiziert [11]. Besonders ältere Menschen und Patienten mit Veränderungen der HWS scheinen von dieser Komplikation besonders bedroht zu sein.

2. Intraoperatives Monitoring

Zusätzlich zum üblichen anästhesiologischen Standardmonitoring sind bei Operationen in sitzender und halbsitzender Position zu empfehlen: Transösophageale Echokardiographie, präkordialer Doppler, zentraler Venenkatheter, invasive arterielle Blutdruckmessung, somatosensorisch evozierte Potentiale (SSEP).

Empfehlungsgrad C

Die transösophageale Echokardiographie (TEE) ist das Monitoring mit der höchsten Sensitivität

und Spezifität in der Detektion der Luftembolie. Mit der TEE lassen sich nicht nur kleinste venöse Luftembolien nachweisen, sondern sie erlaubt darüber hinaus den Nachweis paradoxer Luftembolien. Im Falle einer venösen Luftembolie kann es durch eine damit verbundenen akuten rechtsventrikulären und rechtsatrialen Drucksteigerung zur Wiedereröffnung eines bis dahin funktionell verschlossenen Foramen ovale mit der Ausbildung von paradoxen Luftembolien kommen. Dies lässt sich nur mittels der TEE erkennen. Die TEE ist das aussagekräftigste Instrument zur Differenzialdiagnose einer intraoperativen hämodynamischen Instabilität (Luftembolie, Hypovolämie, kardiale Dysfunktion, andere Genese). Darüber hinaus gelingt mit der TEE der Nachweis einer transpulmonalen Passage von Luftbläschen, wie sie gelegentlich bei massiven Luftembolien beobachtet wird [12].

Sollte die TEE oder ein in der TEE ausreichend erfahrener Untersucher nicht zur Verfügung stehen, ist der präkordiale Doppler als zu fordernder Standard in der intraoperativen Überwachung zur Detektion der Luftembolie anzusehen. Er ist ausreichend sensitiv, spezifisch, nicht-invasiv und preisgünstig. Mit einer gut platzierten präkordialen Doppler-Sonde können schon klinisch unbedeutende Luftembolien von 0,015 ml Luft/kg/min nachgewiesen werden [13]. Eine Kombination von TEE und präkordialem Doppler ist sinnvoll.

Ein zentraler Venenkatheter ist erforderlich zur Messung des zentralen Venendrucks. Er sollte mit der Spitze an der Einmündung der Vena cava superior in den rechten Vorhof liegen (Lagekontrolle mittels TEE oder Vorhof-EKG), damit im Falle einer Luftembolie Luft aspiriert werden kann. Er erlaubt die Gabe von Katecholaminen und hoch-osmolarer Substanzen wie Mannitol.

Ebenfalls zu empfehlen ist ein arterieller Gefäßzugang zur kontinuierlichen Blutdruckmessung sowie zur Überwachung der Beatmung (Hypo- und Normoventilation).

Die Ermittlung des Gradienten zwischen der endexpiratorischen CO_2 -Konzentration und dem arteriellen pCO_2 stellt ein diagnostisches Kriterium

für eine Luftembolie dar. Daraus resultierende Gasaustauschstörungen lassen sich nur mittels der arteriellen Blutgasanalyse exakt erfassen. Aus dem Schweregrad der Gasaustauschstörung ergibt sich dann die Indikation zur postoperativen Nachbeatmung bzw. zur postoperativen Extubation.

Empfehlenswert ist die kontinuierliche Ableitung der somatosensorischen Potentiale (SSEP). Bis zu 25 Prozent aller Patienten zeigen als Hinweis auf eine Druckschädigung oder Minderperfusion des Halsmarkes Veränderungen der SSEP während der Lagerung in die sitzende oder halbsitzende Position. Durch Optimierung der Lagerung wie Zurücknahme der HWS-Flexion und -Rotation kann es dann zur einer Normalisierung der SSEP kommen [14]. Die Ableitung der SSEP ist die einzige Möglichkeit, frühzeitig und zuverlässig diese Veränderungen zu erfassen und dann geeignete Maßnahmen zur Lagerungskorrektur zu ergreifen.

3. Maßnahmen zur Verringerung des Risikos einer venösen Luftembolie

Die Beatmung mit positiv endexpiratorischen Druck (PEEP) ist keine zuverlässig effektive Maßnahme zur Verringerung des Risikos einer venösen Luftembolie. **Empfehlungsgrad C**

In Deutschland wird in fast 90 % aller neurochirurgischen Operationen in sitzender oder halbsitzender Position PEEP eingesetzt [1]. Die Anwendung von PEEP bei Operationen in sitzender Position wird kontrovers diskutiert [15,16].

PEEP wird unter der Vorstellung eingesetzt, dass durch PEEP der Druckgradient zwischen der potenziellen Lufteintrittsstelle und dem rechten Vorhof reduziert und dadurch das Risiko der Luftembolie verringert wird. Bei Kindern führen PEEP-Werte bis zu 15 cm H_2O in sitzender Position zu keiner Zunahme des Drucks im Sinus sagittalis [17]. Ein PEEP von 10 cm H_2O führt zu keiner Reduktion der venösen Luftembolie [18].

In einer Untersuchung an 60 Kindern, die in sitzender Position operiert wurden, fanden die

Autoren nur bei der gleichzeitigen Anwendung einer MAST-Suit und der Beatmung mit PEEP (8-10 cm H₂O) eine Zunahme der Druckwerte im rechten Herzvorhof (RAP) und im Bulbus der V. jugularis. Während unter diesen Bedingungen in der Untersuchungsgruppe keine venösen Luftembolien auftraten, erlitten 26 % der Kinder in der Kontrollgruppe eine venöse Luftembolie [19]. Bei Erwachsenen, die in sitzender Position operiert wurden, war die Häufigkeit einer venösen Luftembolie (60 %) bei einer Applikation von PEEP 10 cm H₂O und PEEP 3 cm H₂O gleich [18].

Zu beachten ist, dass unter der Beatmung mit PEEP von 10 cm H₂O der Druck im linken Vorhof (LAP) niedriger sein kann als im rechten Vorhof (RAP), was im Falle einer venösen Luftembolie eine paradoxe Luftembolie begünstigen würde [20]. Das PEEP-Niveau, bei dem sich der physiologische Gradient LAP/RAP umkehrt, wird unterschiedlich beurteilt [21]. Es wurde nachgewiesen, dass diese Veränderungen durch eine ausreichende Volumenzufuhr verhindert werden können [22].

Nach Reduktion des PEEP von 5 cm H₂O auf 0 cm H₂O können – insbesondere nach Reposition in Rückenlage – Luftembolien auftreten [23].

Ein hoch-normaler zentraler Venendruck (ZVD), sowie Normo- bis mäßige Hypervolämie sind bei Operationen in sitzender oder halbsitzender Position potenziell günstig.

Empfehlungsgrad D

Wie bei den pathophysiologischen Überlegungen zu PEEP besteht das Konzept eines erhöhten ZVD darin, einen möglichst hohen Druck in den Venen auf Höhe des chirurgischen OP-Feldes im Verhältnis zum Atmosphärendruck zu haben. Ein ausgeglichener Volumenstatus (Normo- bis leichte Hypervolämie) ist andererseits auch günstig zur Vermeidung einer Hypotonie bei Aufrichten in die sitzende oder halbsitzende Position vor OP-Beginn und zur Minimierung der Kreislaufdepression im Fall einer intraoperativen Luftembolie [22,24].

4. Maßnahmen bei venöser Luftembolie

Der Chirurg muss umgehend über die Luftembolie informiert werden. Die chirurgische Sanierung der Lufteintrittsstelle ist die einzige kausale und die effektivste Form der Behandlung der Luftembolie.

Empfehlungsgrad D

Der operierende Chirurg ist darauf angewiesen, dass er vom Anästhesisten auf Lufteintritt in das Gefäßsystem informiert wird. In jedem Fall ist immer auch zu prüfen, ob nicht-chirurgische Ursachen für die Luftembolie verantwortlich sind (undichte Konnektionen in Infusionssystemen, akzidentielle Infusion von Luft). Es kann erforderlich sein, dass der Chirurg das Operationsfeld spült, um den weiteren Lufteintritt zunächst zu verhindern.

Weitere, vom Neuroanästhesisten durchzuführende Maßnahmen können als sinnvoll betrachtet werden: Jugularvenenkompression, Beatmung mit einer FiO₂ von 1.0, Kreislauftherapie mit Volumengabe und der Applikation von Katecholaminen, Versuch der Luftaspiration über den zentralen Venenkatheter.

Empfehlungsgrad D

In Absprache mit dem Chirurgen kann bei einer Luftembolie eine Kompression der Jugularvenen durchgeführt werden. Zum einen soll damit ein weiterer Lufteintritt verhindert werden, zum anderen soll diese Maßnahme dem Chirurgen das Auffinden des Lufteintrittsortes erleichtern.

Die Beatmung mit einer FiO₂ von 1.0 soll eine mit der Luftembolie potentiell einhergehende Hypoxämie verhindern. Sollte bis dahin die Narkose mit Lachgas geführt worden sein, ist die Zufuhr von Lachgas zu beenden.

Eine mit der Luftembolie einhergehende Kreislaufdepression, primär bedingt durch die Rechts-herzbelastung, im weiteren Verlauf durch die akute Linksherzinsuffizienz (Abfall der koronaren Perfusion, Verlagerung des Ventrikelseptums in den linken Ventrikel, Abfall der linksventri-

kulären Vorlast) ist konsequent zu behandeln. Neben der raschen Gabe von Volumen kann der Einsatz von Katecholaminen zur Aufrechterhaltung eines adäquaten systemischen und koronaren Perfusionsdruck erforderlich sein. Hierzu kommen in erster Linie Vasopressoren in Frage.

Die Aspiration von Luft über den zentralen Venenkatheter kann versucht werden. In tierexperimentellen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass über Multiple-orifice-Katheter effektiver abgesaugt werden kann als über konventionelle zentrale Venenkatheter [25].

Sollten diese Maßnahmen keinen Erfolg zeigen und eine mechanische kardiopulmonale Reanimation erforderlich sein, muss eventuell die Lagerung aufgehoben und die Operation vorzeitig beendet werden.

Literatur

1. Schaffranietz L, Grothe A, Olthoff D. Anwendung der sitzenden Position in der Neurochirurgie: Ergebnisse einer Umfrage aus 1998 in Deutschland. *Anaesthesist* 2000; 49: 269-274.
2. Black S, Ockert DB, Oliver WC Jr, Cucchiara RF. Outcome following posterior fossa craniectomy in patients in the sitting or horizontal positions. *Anesthesiology*. 1988; 69:49-56.
3. Leonard IE, Cunningham AJ. The sitting position – not yet obsolete! *BJA* 2002; 88:1-3.
4. Rath GP, Bithal PK, Chaturvedi A, Dash HH. Complications related to positioning in posterior fossa craniectomy. *Clin Neurosci* 2007; 14:520-525.
5. Papadopoulos G, Kuhly P, Brock M, Rudolph KH, Link J, Eyrich K. Venous and paradoxical air embolism in the sitting position. A prospective study with transoesophageal echocardiography. *Acta Neurochir (Wien)* 1994; 126:140-143.
6. Mammoto T, Hayashi Y, Ohnishi Y, Kuro M. Incidence of venous and paradoxical air embolism in neurosurgical patients in the sitting position: detection by transesophageal echocardiography. *Acta Anaesthesiol Scand* 1998; 42: 643-647.
7. Hagen PT, Scholz DG, Edwards WD. Incidence and size of patent foramen ovale during the first ten decades of life: An autopsy study of 965 normal hearts. *Mayo Clin Proc* 1984; 59: 17-20.
8. Weihs W, Schuchlenz H, Harb S, Schwarz G, Fuchs G, Weihs B. Preoperative diagnosis of a patent foramen ovale: rational use of transthoracic and transesophageal contrast echocardiography. *Anaesthesist* 1998; 47: 833-837.
9. Stendel R, Gramm HJ, Schroder K, Lober C, Brock M: Transcranial Doppler ultrasonography as a screening technique for detection of a patent foramen ovale before surgery in the sitting position. *Anesthesiology* 2000; 93: 971 - 975.
10. Engelhardt M, Folkers W, Brenke C, Scholz M, Harders A, Fidorra H, Schmieder K. Neurosurgical operations with the patient in sitting position: analysis of risk factors using transcranial Doppler sonography. *Br J Anaesth* 2006; 96: 467-472.
11. Morandi X, Riffaud L, Amlashi SF, Brassier G. Extensive spinal cord infarction after posterior fossa surgery in the sitting position: case report. *Neurosurgery* 2004; 54:12-1515.
12. Bedell EA, Berge KH, Losasso TJ. Paradoxical air embolism during venous air embolism: transesophageal echocardiographic evidence of transpulmonary air passage. *Anesthesiology*. 1994; 80: 947-950.
13. Gildenberg PL, O'Brien RP, Britt WJ, Frost EA. The efficacy of Doppler monitoring for the detection of venous air embolism. *J Neurosurg* 1981; 54: 75-78.
14. Deinsberger W, Christophis P, Jodicke A, Heesen M, Boker DK. Somatosensory evoked potential monitoring during positioning of the patient for posterior fossa surgery in the semisitting position. *Neurosurgery* 1998; 43: 36-40.
15. Culley DJ, Crosby G. Anesthesia for posterior fossa surgery. In: Newfield P and Cotrell JE (eds.) *Handbook of Neuroanesthesia*, 4th ed. Lippincott Williams and Wilkins, 2007, p. 133-142.
16. Mirski MA, Lele AV, Fitzsimmons L, Toung ThJK. Diagnosis and treatment of vascular air embolism. *Anesthesiology* 2007; 106:164-177.
17. Grady MS, Bedford RF, Park TS. Changes in superior sagittal sinus pressure in children with head elevation, jugular venous compression, and PEEP. *J Neurosurg* 1986; 65: 199-202.
18. Giebler, R, Kollenberg, B, Pohlen, G, Peters, J. Effect of positive end-expiratory pressure on the incidence of venous air embolism and on the cardiovascular response in the sitting position during neurosurgery. *Br J Anaesth* 1998; 80: 30-35.
19. Meyer PG, Cuttaree H, Charron B, Jarreau MM, Peri AC, Sainte-Rose C. Prevention of venous air embolism in paediatric neurosurgical procedures performed in a sitting position by combined use of MAST suit and PEEP. *Br J Anaesth* 1994; 73: 795-800.
20. Perkins NAK, Bedford RF. Hemodynamic consequences of PEEP in seated neurosurgical patients – implications for paradoxical air embolism. *Anesth Analg* 1984; 63: 1127-1134.
21. Zasslov MA, Pearl RG, Larson P, Silverberg G, Shuer LF. PEEP does not affect left atrial-right atrial pressure difference in neurosurgical patients. *Anesthesiology* 1988; 68: 760-763.
22. Akavipat P, Metta P. Does preloading with colloids prevent hemodynamic changes when neurosurgical patients are subsequently changed to seated position? *J Med Assoc Thai* 2005; 88: 247-251.
23. Schmidt HJ, Hemmerling TM. Venous air emboli occur during release of positive end-expiratory pressure and repositioning after sitting position surgery. *Anesth Analg* 2002; 94: 400-403.
24. Colohan AR, Perkins NA, Bedford RF, Jane JA. Intravenous fluid loading as prophylaxis for paradoxical air embolism. *J Neurosurg* 1985; 62: 839-842
25. Colley PS, Artru AA. Bunegin-Albin catheter improves air retrieval and resuscitation from lethal venous air embolism in dogs. *Anesth Analg* 1987; 66: 991-994.

