

安全な中心静脈カテーテル挿入・管理のための手引き 2009

(社)日本麻酔科学会・安全委員会

麻酔手技における事故防止対策調査ワーキンググループ

I. はじめに

中心静脈カテーテルは、中心静脈圧測定や薬物投与、体液・栄養管理など、さまざまな目的に使用される。挿入経路としては、一般に、内頸静脈や鎖骨下静脈、大腿静脈が主に選択されるが、本手引きでは、主として麻酔科医が最も経験する機会の多い内頸静脈穿刺について、麻酔手技における事故防止対策の観点から、その手技、合併症を中心に概説する。中心静脈カテーテル挿入手技については、施設ごとに設備やマンパワー、教育体制が異なり、それぞれに対応したマニュアルやガイドラインがすでに定められている場合も多い。したがって、本手引きは、各施設においてマニュアルやガイドラインを新たに作成する場合に限らず、改訂を加える際の参考にもご考慮いただければ幸いである。

II. インフォームドコンセント

中心静脈カテーテルの挿入に際しては、その目的や利点、合併症について患者や家族に十分説明し、所定の承諾書に同意・署名を得た上で実施する必要がある。署名された承諾書は診療録に保存するが、超音波エコーガイド下にカテーテルを留置する場合、その画像情報も保存しておくとうい。

III. 教育体制

日本医学会では、医療安全の3つのキーワードとして、「標準化」、「シミュレーション」、「教育」を掲げている。中心静脈カテーテル挿入の「標準化」としては、機械的合併症を回避するための超音波エコーガイド下穿刺の有用性が広く認められているが、必ずしも十分には普及していない現状である。また、「シミュレーション」と「教育」に関しては、欧米に比較してその遅れが指摘されているが、最近では、マニュアルとシミュレータによる「教育」の重要性が次第に認識されつつある。日本麻酔科学会では、今後の課題として、中心静脈穿刺手技や管理に関する教育プログラムを早急に策定し、局所解剖学や生じうる合併症とその対策について詳述したマニュアルを作成すると共に、初期臨床研修医に対する必須研修項目として、シミュレータ訓練を義務づける方向で検討を加えている。

IV. 中心静脈穿刺

1. 一般的注意事項

a. モニタリング

中心静脈カテーテル挿入に伴う合併症は、他の麻酔関連合併症と比較して重篤である場合が多く¹⁾、急性期合併症の早期診断・治療には、挿入時のバイタルサイン看視が重要な役割を担う。一般には、経皮的動脈血酸素飽和度や心電図^{*}、血圧など「安全な麻酔のためのモニター指針」²⁾に準じたモニタリングが行われる。なお、人工呼吸患者では、特に滅菌ドレープ下の呼吸回路の外れや気管チューブの屈曲に注意すべきであり、この場合、カプノメトリや人工呼吸器のグラフィック・モニター（気道内圧・流量・容積曲線）が有用である。また、意識下の患者では処置中の会話によるコミュニケーションを密にし、十分な協力を得る必要がある。

挿入時のガイドワイヤーやカテーテルにより持続性心室細動が発生することがあるため、除細動器つきモニターがあれば優先的に使用する。カテーテル挿入に伴う不整脈（発生率、約1.6%）は、ガイドワイヤーやカテーテルによる直接的な心房や心室への機械的刺激が原因であり、これらを引き戻すことにより消失することが多い³⁾。従って、長すぎるガイドワイヤーの挿入は避けるべきである（例えば、成人では右内頸静脈から穿刺する場合、22cm以上の深さにガイドワイヤーを進めるべきではない⁴⁾）。

b. 準備

緊急時に備え、酸素マスクや救急蘇生に必要な薬品・器具（除細動器など）を準備しておく。また、超音波エコー装置⁵⁾の使用を推奨する。これは、ランドマーク法による盲目的穿刺より血管同定が容易であり、動脈誤穿刺などの合併症発生率が低下する⁵⁾。医療機関によっては、超音波エコー装置、レントゲン透視装置を備えた専用施設で行うところもある。また、そのような装置を欠く場合でも、感染予防のため、穿刺は処置室や手術室などで行い、空気塞栓予防や中心静脈の拡張を目的とした頭低位が可能な処置台であることが望ましい。

c. 患者評価

患者の体型、全身状態、特に脱水や循環血液量減少の有無、呼吸音、胸部レントゲン写真、全血球算・血液生化学・凝固能検査、既往歴（常用薬）について事前に評価しておく。穿刺部の感染巣や出血傾向、以前の穿刺に伴う血栓の既往には特に注意する。

2. 感染予防

感染の危険は、主に穿刺部における細菌の存在に依存する⁶⁾。カテーテル挿入時の感染対策に関しては第VII項参照。

3. 穿刺部位

穿刺部位として好まれる内頸静脈や鎖骨下静脈、大腿静脈のそれぞれでカテーテル関連感染や機械的合併症の発生率が異なるため（表1）、留置の目的や患者の病態などに応じて適切な部位を選択すべきである。

表 1. 穿刺部位と合併症

穿刺部位	感染 ⁷⁾	血胸・気胸 ⁸⁾	動脈穿刺時の止血
内頸静脈	中	+	容易
鎖骨下静脈	低	++	困難
大腿静脈	高	-	容易

V. カテーテル挿入法

一般的な中心静脈カテーテル挿入法として、ランドマーク法に基づく内頸静脈穿刺（右側優先）について以下に概略を述べる。

体位は空気塞栓予防のため頭低位とするか、水平仰臥位の場合は必要に応じてバルサルバ手技を加える。顔はやや対側を向かせ、穿刺は原則としてセルジンガー法を用いる。超音波エコー装置があれば、内頸静脈と総頸動脈の解剖学的位置関係を確認しておく。ランドマーク法では胸鎖乳突筋の胸骨枝と鎖骨枝の合流部、あるいは輪状甲状膜の高さで頸動脈拍動の外側、胸鎖乳突筋の内側を刺入点とする。

必要に応じて穿刺部位の皮下浸潤麻酔施行後、試験穿刺を行う場合は 23G 針を刺入点から同側の乳頭に向け⁹⁾、皮膚に対して 30 度の角度で進める。静脈血（第VII項参照）の逆流を確認後、試験穿刺針の角度や深さをよく記憶した上で、直ちに本穿刺を行う。本穿刺では、静脈血の逆流を確認後、ガイドワイヤーを挿入する。この場合、挿入抵抗のないことを確認し、ガイドワイヤーを進める。深く挿入し過ぎると、不整脈が発生する可能性があるため、ガイドワイヤーを進める際には心電図や経食道心エコー所見に注意する。不整脈が出現した場合、直ちにガイドワイヤーを少し引き抜き、正常洞調律への回復を待つ。ガイドワイヤーの留置後、本穿刺針を抜去し、必要な場合には皮膚小切開に続いてダイレタを愛護的に挿入する。ダイレタに続くカテーテル挿入では、ガイドワイヤーを確実に保持し、通常 13~15cm（右側内頸静脈穿刺の場合）の深さに留置する、ガイドワイヤー抜去後、静脈血の逆流を確認し、ヘパリン加生理食塩液による一時的なヘパリンロックを行う（輸液回路との接続は、胸部エックス線写真による確認後に行うほうが良い）。カテーテル先端位置の確認は、心電図モニタリングキットによる P 波の波形変化から推測可能であるが、確定診断は胸部エックス線写真による。

VI. 胸部エックス線写真による確認

カテーテル留置後の胸部エックス線写真では、気胸や血胸、乳糜胸、気縦隔・縦隔血腫がないこと、およびカテーテル先端の位置確認を行う。カテーテル先端が上大静脈内で血管壁とほぼ平行に走行し、鎖骨下縁よりも尾側で第 3 肋骨や胸椎 4/5 間、奇静脈、気管分岐部もしくは右主気管支の基部より頭側にあるのが理想である（図 1）¹⁰⁾。気管分岐部は、通常、上大静脈の心膜翻転部より頭側に存在するため、カテーテル先端は常にこの頭側にあることが望ましい（血管壁びらんにつながる血管穿孔が生じる場合、心膜翻転部より頭側では縦隔血腫、尾側では心タンポナーデが生じうる）。

図1 上大静脈，右房，心膜翻転部，気管分岐部の位置関係（文献10より改変）

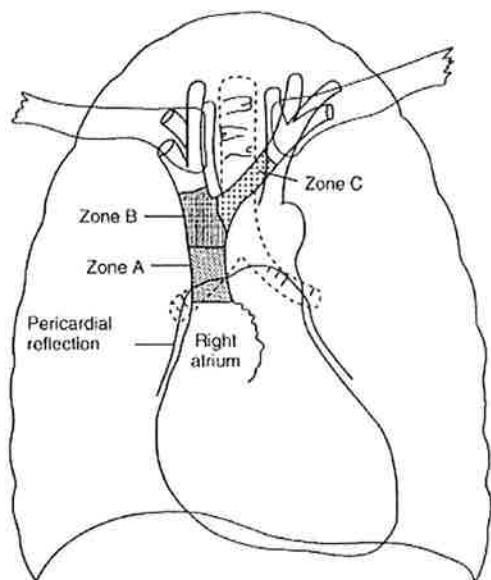


図1. Zone A, B, C の説明

Zone A: 上大静脈下部～右心房上部。Zone B: 左右無名静脈の結合部位と上大静脈上部。Zone C: 上大静脈より末梢の左無名静脈。左内頸静脈から挿入したカテーテルは、血管壁と並行でなくてはならない。右内頸静脈から挿入したカテーテル先端が Zone A にあるときは、Zone B まで引き抜く。この場合、カテーテル先端の至適位置は Zone B である。

VII. 機械的合併症

ASA Closed Claims Project によれば，中心静脈挿入に関連した機械的合併症の発生頻度は5～19%と報告され¹⁾，1970～2000年に生じた損害賠償請求6,449件の内，中心静脈に関連したものは110件であった（表1）。この内，死亡率の高い合併症は肺動脈損傷，血胸，心タンポナーデ，空気塞栓の順であり，1988年以前と1989年以降とでそれぞれの発生頻度に大きな違いはない。

表1 ASA Closed Claims Project による中心静脈カテーテル関連合併症

合併症	件数	死亡数	死亡率，%
ワイヤー・カテーテル塞栓	20	1	5
心タンポナーデ	16	13	81
頸動脈穿刺	16	5	31
血胸	15	14	93
気胸	14	3	21
他の血管損傷	8	3	38
肺動脈損傷	7	7	100
水胸・胸水	5	2	40
空気塞栓	4	3	75
頸部血管外漏出	3	1	33
他の非血管損傷	2	0	0
合計	110	52	47

したがって、重篤な機械的合併症を避けるには、カテーテル先端を適切な位置に保つこと、および動脈への誤挿入を早期に診断することが重要である。後者に関しては、動静脈血の判別を、通常、①穿刺針からの血液の逆流状態、②血液色、に基づいて行うが、血圧の低いショック状態の患者や酸素化能が低下している患者、異常ヘモグロビン症、中毒患者、あるいは100%酸素で換気中の患者では判別困難な場合があり、図2に示すフローチャートおよび表2が有用である。

図2 動静脈血の判別フローチャート

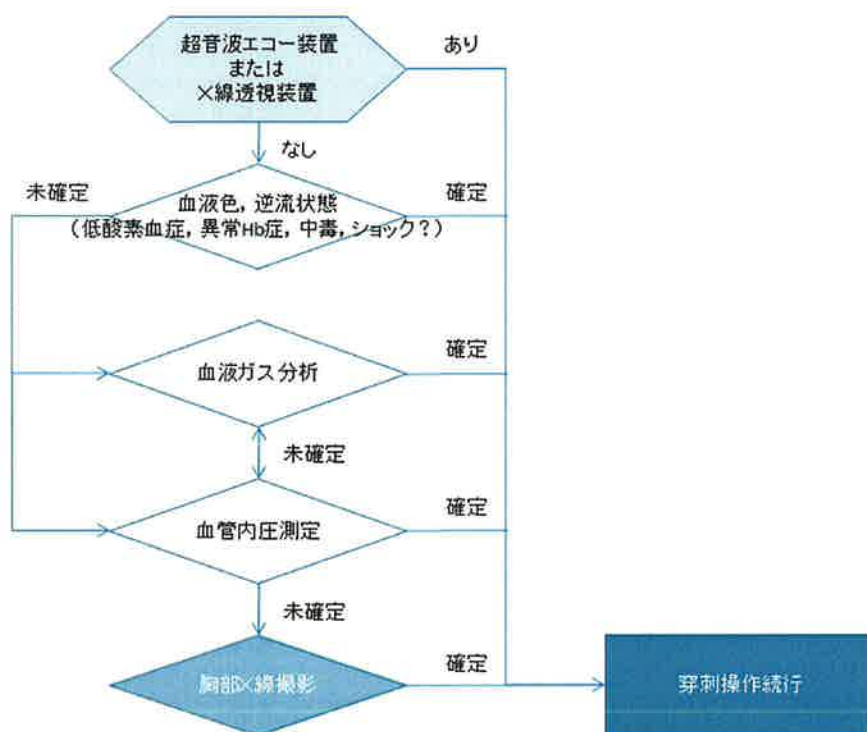


表2 動静脈血の判別法

判別法	長所	短所
穿刺針からの血液の逆流状態	血圧が正常であれば容易	ショック患者や右心不全患者では困難
血液色	容易	血液色だけでは判別困難な場合がある(低酸素血症, 異常Hb症, 中毒, 重度貧血)
血液ガス分析	有効	多少の時間がかかる
血管内圧測定	安全, 有効, 最も確実	圧モニターの準備が必要

VIII. 主な機械的合併症とその対策

1. 動脈穿刺・血腫

動脈穿刺では、直ちに穿刺針を抜去して圧迫止血を5分以上行う。ダイレータ挿入後の止血困難に対しては、外科的処置も考慮する。特にヘパリン投与が事後に予定されている場合、外科的処置は必須と考えるべきである。

2. 気胸

局所解剖を理解し、危険域に穿刺針を進めない。挿入時の咳、胸痛、呼吸困難の有無、聴診所見、胸部エックス線写真から診断する。肺の虚脱率が15%以上を示す場合は胸腔ドレーン挿入の適応となるが、遅発性気胸にも注意する。

3. 血胸、縦隔血胸、水胸、心タンポナーデ

複数回の穿刺を要した症例では特に注意する。胸腔や縦隔、心嚢ドレナージが必要となる。

4. 空気塞栓

大気開放となった穿刺針やカテーテル開放端からの空気迷入が原因となる。穿刺体位を頭低位とすることや、水平仰臥位で行う場合は必要に応じてバルサルバ手技を加える。

5. 不整脈

ガイドワイヤーやカテーテルによる機械的刺激で、上室性不整脈や心室細動を含む不整脈が生じうる。まれではあるがガイドワイヤーを引き抜いても、持続性の心室細動に移行する場合があります。その際は直ちに除細動を行う。

6. まれな合併症

腕神経叢損傷、左内頸静脈や左鎖骨下静脈の穿刺による胸管損傷・乳糜胸、血腫形成による気道閉塞、カテーテルの結節形成、ガイドワイヤー残置、事故抜去、さらには大腿静脈穿刺に伴う大腿神経損傷、腹腔穿刺・後腹膜血腫などがある。

IX. 挿入経路別合併症の発生頻度

穿刺部位別の合併症の頻度を表3に示す¹¹⁾。

表3 穿刺部位別合併症の発生頻度（文献11より改変）

合併症	頻度(%)		
	内頸静脈	鎖骨下静脈	大腿静脈
動脈穿刺	6.3~9.4	3.1~4.9	9.0~15.0
血腫	<0.1~2.2	1.2~2.1	3.8~4.4
血胸	—	0.4~0.6	—
気胸	<0.1~0.2	1.5~3.1	—
全体	6.3~11.8	6.2~10.7	12.8~19.4

X. 機械的合併症の危険因子

1. 患者側因子

患者に起因する機械的合併症の危険因子を表 4 に示す¹²⁾。これらには、基礎疾患や合併症、常用薬などが原因で出血傾向を示す患者、動脈硬化のために血栓塞栓症の危険を有する患者、手術や骨折の影響で血管の解剖学的走行が変化している患者などが含まれる。

表 4 機械的合併症に関連する患者側因子（文献 12 より改変）

中等度リスク増大	軽度リスク増大
以前中心静脈挿入した部位の穿刺	異常な体重/身長比*
局所放射線療法の既往	重度肥満*
胸骨縦切開の既往*	凝固時間延長
最近の心筋梗塞	気道内圧の高い人工呼吸*
血小板減少症*	中等度から重度の動脈硬化
穿刺部位の静脈血栓	敗血症
線溶療法*	心室性不整脈
落ち着きのない患者	肺気腫/COPD*
	循環血液量低下

*内頸静脈穿刺ではわずかなリスク増大

2. 術者側因子

機会的合併症と穿刺回数

50 例以上の中心静脈挿入経験がある術者が挿入または監督する場合とそうでない場合は明らかに機械的合併症の発生頻度が異なる^{1, 12)}。また、3 回以上失敗した場合は、穿刺を続けるほうが術者を交代するより機械的合併症の発生頻度が 6 倍高い。

XI. 超音波エコーガイド下穿刺と機械的合併症

超音波エコーガイド下穿刺はランドマーク法と比較して、挿入時間の短縮、1 回目の穿刺での成功率上昇、内頸静脈穿刺では総頸動脈穿刺や血腫形成の合併症発生率軽減が報告されている⁴⁾。また、超音波エコーガイド下穿刺の普及には、教育と訓練が必要である¹³⁾。

近年、超音波エコーガイド下による挿入法が注目を集め、内頸静脈に関するいくつかの知見が得られている^{14, 15)}。すなわち、①総頸動脈の拍動を触れるため過剰な圧をかけると内頸静脈の径は減少する。②頸部の外転が大きくなるほど内頸静脈の径が減少し、総頸動脈との重なりが大きくなる。③トレンデレンブルグ位や正しい頭位で内頸静脈の径は大きくなる。④穿刺針が太いほど静脈を圧迫しやすいために動脈穿刺の危険性が増える、などである。したがって、これらの点に十分留意する必要がある。

XII. カテーテル挿入時の感染対策

CDC (Centers for Disease Control) による高度無菌バリアプレコーション (マスク, キャップ, 滅菌グローブ, 滅菌ガウン, 十分な広さの滅菌穴あき四角布) に準拠することでカテーテル関連感染は減少する¹⁶⁾。

例えば, 滅菌グローブ・ガウンの着用は, 流水と消毒薬による手指消毒の後に行い, 穿刺部は十分な範囲をグルコン酸クロルヘキシジンまたはポビドンヨードで消毒する。なお, 穿刺前あるいは穿刺中における抗菌薬の予防的投与はカテーテル関連感染の発生に影響せず, その日常的な使用は避けるべきである。基本的な感染対策を表5に示す¹⁷⁾。

表 5 中心静脈カテーテル挿入・管理に伴う基本的な感染対策

<p>1. カテーテル挿入時の留意点</p> <p>① 中心静脈挿入時には高度バリアプレコーション（帽子、マスク、滅菌手袋、長袖滅菌ガウン、大きな滅菌覆布などの滅菌操作）を用いる。</p> <p>② 肺動脈カテーテル挿入時には高度バリアプレコーションに加えて滅菌スリーブを使用する。</p> <p>③ 中心静脈カテーテル挿入に対して予防的抗生剤投与が局所の感染を減少させるエビデンスはない。</p> <p>2. カテーテル挿入時の滅菌、消毒</p> <p>① カテーテル挿入部の消毒は 0.5%クロルヘキシジンまたは 10%ポピドンヨードを使用する。</p> <p>② カテーテル挿入前には消毒液を挿入部に残留させてから乾燥させる。ポピドンヨードでは少なくとも 2 分間以上皮膚に残留するようにする。</p> <p>③ 剃毛は行わない。</p> <p>④ カテーテルは確実に固定する。</p> <p>⑤ 皮下トンネルは必要な時に作成する。</p> <p>3. カテーテル挿入部の被覆</p> <p>① カテーテル挿入部を覆うための滅菌覆布または滅菌した透明なドレッシングはコストと使いやすさを考慮して選択する。</p> <p>② 発汗が多い場合や挿入部に出血または血液成分が滲出している場合は滅菌覆布による被覆のほうが透明なドレッシングよりカテーテル挿入操作が容易である。</p> <p>4. カテーテルの維持、管理</p> <p>① ドレッシングが不潔になったり、肉眼的に汚れた場合はカテーテル挿入部位のドレッシングを交換する。</p> <p>② カテーテル交換の頻度は曜日を決めて定期的に行うのがよいが、個々の患者の状況に応じて臨床的に判断する。</p> <p>③ 局所的な抗菌薬軟膏またはクリームの使用は真菌感染などの助長や抗菌薬耐性の可能性があるため推奨しない。</p> <p>④ カテーテルや接続器材が不透過のドレッシングで被覆されていればシャワーは可能である。</p> <p>5. カテーテルの交換</p> <p>① 感染の頻度を減らす目的だけにカテーテルを定期的に交換する必要はない。</p> <p>② 不要になったカテーテルは速やかに抜去する。</p> <p>③ 臨床症状からカテーテル感染が疑われた場合は速やかにカテーテルを交換する。</p>
--

参考文献

1. Domino KB, Bowdle TE, Posner KL, et al. Injuries and liability related to central vascular catheters: a closed claims analysis. *Anesthesiology* 2004;100:1411-8.
2. 日本麻酔科学会 安全な麻酔のためのモニター指針（2009.1 改訂版）
(http://www.anesth.or.jp/dbps_data/_material_/localhost/safety/pdf/guideline_monitor.pdf)

3. Yilmazlar A, Bilgin H, Korfali G, et al. Complications of 1303 central venous cannulations. *J R Soc Med* 1997;90:319-21.
4. Royster RL, Johnston WE, Gravlee GP, et al. Arrhythmias during venous cannulation prior to pulmonary artery catheter insertion. *Anesth Analg* 1985;64:1214-6.
5. Hind D, Calvert N, McWilliams R, et al. Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: meta-analysis. *BMJ* 2003;327:361-8.
6. Pawar M, Mehta Y, Kapoor P, et al. Central venous catheter-related blood stream infections: incidence, risk factors, outcome, and associated pathogens. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2004;18:304-8.
7. Lorente L, Henry C, Martín MM, et al. Central venous catheter-related infection in a prospective and observational study of 2,595 catheters. *Crit Care* 2005;9:R631-5.
8. Schummer W, Schummer C, Rose N, et al. Mechanical complications and malpositions of central venous cannulations by experienced operators. A prospective study of 1794 observations in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2007;33:1055-9.
9. Mark J, Slaughter T. Cardiovascular Monitoring. In: Miller RD, editor. *Miller's anesthesia*. Vol. 2 6th ed. New York: Elsevier Churchill Livingstone; 2005. p.1286-93.
10. Stonelake PA and Bodenham AR. The carina as a radiological landmark for central venous catheter tip position. *Br J Anaesth* 2006;96:335-40
11. McGee DC, Gould MK: Preventing complications of central venous catheterization. *N Engl J Med* 2003; 348:1123-33
12. Polderman KH, Girbes ARJ. Central venous catheter use Part 1; Mechanical complication. *Intens Care Med* 2002; 28:1-17
13. Feller-Kopman D. Ultrasound-guided internal jugular access: a proposed standardized approach and implication for training and practice. *Chest* 2007; 132:302-9
14. Parry G. Trendelenburg position, head elevation, and a mid-line position optimize right internal jugular vein diameter. *Can J Anaesth* 2004; 51:379-81
15. Lieberman JA, Williams KA, Rosenberg AL. Optimal head rotation for internal jugular vein cannulation when relying on external landmarks. *Anesth Analg* 2004; 99:982-8
16. O'Grady NP, Alexander M, Dellinger EP, et al. Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. Centers for Disease Control and Prevention. *MMWR Recomm Rep* 2002;51:1-29.
17. Boyce JM, Pittet D; Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee; HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. Guideline for Hand Hygiene in Health-Care Settings. Recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HIPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. *Am J Infect Control* 2002;30:S1-S46

2009年2月 作成