

安全な中心静脈カテーテル挿入・管理のためのプラクティカルガイド 2026

2026年5月改定

公益社団法人 日本麻酔科学会 安全委員会

安全な中心静脈カテーテル挿入・管理のためのプラクティカルガイド改定WG作成

WG長

徳嶺 譲芳 杏林大学医学部 麻酔科学教室

WG員

武田 吉正 東邦大学医学部 麻酔科学講座（大森）

枝長 充隆 札幌医科大学医学部 麻酔科学講座

岡野 弘 聖路加国際病院 集中治療科

今井恵理哉 三井記念病院 麻酔科

サテライトメンバー

笹野 寛 名古屋市立大学 救急科

山本 知裕 新潟大学大学院 医歯学総合研究科 麻酔科学分野

竹下 淳 大阪母子医療センター 麻酔科

西條 文人 東北大学病院 医療安全推進室

阪本雄一郎 佐賀医科大学 医学部附属病院 高度救命救急センター

川崎 竹哉 国立病院機構 茨城東病院 胸部疾患・療育医療センター

酒井 博崇 藤田医科大学 保健衛生学部 看護学科

オブザーバー

山蔭 道明 札幌医科大学 医学部 麻酔科学講座

目次

第1章 総論：中心静脈カテーテル挿入・管理の基本原則

- 第1節 緒言
- 第2節 適応およびインフォームド・コンセント
- 第3節 血管アクセスデバイスの特徴
- 第4節 穿刺部位の解剖学的特性
- 第5節 使用機材およびデバイス特性
- 第6節 カテーテル挿入手技および留置管理
- 第7節 合併症の予防および対策
- 第8節 教育体制の構築
- 第9節 安全管理体制の構築
- 第10節 展望

第2章 小児における中心静脈カテーテル挿入および管理

- 第1節 小児における中心静脈カテーテル留置の特徴
- 第2節 標的静脈とリアルタイム超音波ガイド法
- 第3節 小児の中心静脈カテーテル挿入・管理の安全戦略

第3章 PICC および midline catheter の適正使用

- 第1節 PICC の特徴
- 第2節 上腕の末梢静脈の特徴
- 第3節 PICC の挿入方法
- 第4節 PICC の合併症
- 第5節 Midline catheter

第4章 Clinical questions : カテーテル先端位置に関する検討

第1章 総論：中心静脈カテーテル挿入・管理の基本原則

1.1 緒言

中心静脈カテーテル (central venous catheter : CVC) の留置は、重症患者の管理や長期的な静脈路の確保に不可欠な手技であり、現代の臨床医療において広く実施されている。一方で、本手技は致命的合併症を含む重大なリスクを伴う侵襲的処置であり、その安全性確保は極めて重要である [1, 2]。

本プラクティカルガイドは、中心静脈カテーテル挿入に携わる医療者が安全かつ確実に手技を遂行するために必要となる基本的知識、標準的手技、ならびに実践上の留意点を体系的に整理し、臨床現場で活用可能な実践的指針を提示することを目的とする。

1.2 適応およびインフォームド・コンセント

現在、中心静脈カテーテルのように重大な合併症を生じうるデバイスから、比較的安全性の高い midline catheter に至るまで、さまざまな血管確保用デバイス (vascular access device) が利用可能となっている。医療者は、各デバイスの特徴・利点・リスクを十分に理解し、患者の全身状態、治療目的、施行環境などを踏まえ、最適なデバイスを選択する必要がある。

また、現代医療においては「患者中心の医療」が強く求められており、侵襲的医療行為における適応判断と説明・同意の過程では、患者および家族と協働して治療方針を決定する姿勢が重要である。この考え方は、国際的に広く受け入れられている “The Salzburg Statement on Shared Decision Making” [3] に示されているように、医療者が治療選択肢とその根拠を明確に提示し、患者が自身の価値観や希望を判断過程に反映できるよう支援するという原則に基づく。

したがって、血管アクセスデバイスの選択に際しても、デバイスの特性や予想される利益・不利益を患者および家族に分かりやすく説明し、協働して最適な選択を行うこと、すなわち shared decision-making が望まれる [2]。適切な適応の判断と十分なインフォームド・コンセントは、安全な中心静脈カテーテル管理の基盤であり、倫理的・法的・医療安全上の観点からも不可欠である。

1.3 血管アクセスデバイスの特徴 [4]

血管アクセスデバイスは、予定される治療期間、投与薬剤の特性、患者の血管状態などを考慮し、適切なデバイスを選択することが重要である。

Central venous catheter (CVC) (一般的な中心静脈カテーテル。Peripherally inserted central catheter (PICC) も広義には CVC に含まれるが、本稿では便宜上、CVC は PICC を除く中心静脈カテーテルを指す)

挿入部位：内頸静脈、鎖骨下静脈、大腿静脈などから挿入する。

適応：昇圧薬投与、高浸透圧輸液、中心静脈圧測定、短期から中期の集中治療管理を目的として使用される。

利点：中心静脈循環へ確実にアクセスでき、高流量投与が可能である。緊急時にも迅速に使用できる。

欠点：動脈誤穿刺、気胸、血腫などの機械的合併症、空気塞栓、カテーテル関連血流感染のリスクがある。不穏患者では自己抜去時の出血や空気塞栓の危険性もある。

インフォームド・コンセント：重篤な合併症が起こり得ること、挿入部位ごとの特有のリスク、超音波ガイド使用などの安全対策や留置後管理の重要性を説明する。

Peripherally inserted central catheter (PICC)

挿入部位：上腕の末梢静脈（尺側皮静脈、上腕静脈など）から挿入する。

適応：中期から長期の輸液や抗菌薬投与、化学療法など、比較的全身状態が安定した患者に適している。

利点：重篤な機械的合併症や空気塞栓のリスクが極めて低く、挿入時の侵襲が小さい。不穏患者においても自己抜去による致命的合併症が起こりにくい。

欠点：挿入に時間と熟練を要し、上肢の深部静脈血栓症のリスクがある。また、高流量投与には制限がある。

インフォームド・コンセント：安全性が高い一方で、腕の違和感や血栓リスクがあること、想定される使用期間と適切な管理の重要性を説明する。

Midline catheter

挿入部位：上腕の末梢静脈から挿入し、カテーテル先端は通常腋窩静脈までに留置される。

適応：6日～2週程度の中期間の輸液管理や、末梢静脈確保が困難な症例に用いられる。

利点：重篤な機械的合併症のリスクが低い。

欠点：中心静脈路ではないため使用できる薬剤に制限があり、長期留置には不向きである。血管炎や閉塞、深部静脈血栓のリスクがある。

インフォームド・コンセント：使用できない薬剤が存在すること、治療目的や期間に照らして適切なデバイス選択であることを説明する。

1.4 穿刺部位の解剖学的特徴

内頸静脈 internal jugular vein [5]

内頸静脈は、胸鎖乳突筋の胸骨頭・鎖骨頭・鎖骨がつくる三角形（図1a 赤破線三角：頸三角 Sedillo's triangle）の皮下約1 cmという浅い位置に存在する大きな静脈である。この高さにおける内頸静脈は、気管とほぼ平行に走行するのが特徴である。頸部をやや反対側へ回旋させると胸鎖乳突筋が張り、頸三角が明瞭になる。内頸静脈は

外見上まっすぐ下降しているように思われがちであるが、鎖骨の近くでは、鎖骨下静脈と合流し腕頭静脈となって縦隔に入るため内側に曲がる（図1b）。つまり、鎖骨に近い位置からそのまま針を深く進めると、内頸静脈の走行から外れ、縦隔や胸腔内に達するリスクが生じる。この「内頸静脈は、鎖骨の近くでは直線ではない」という解剖学的特徴は、穿刺の安全性に直結するため、初学者が必ず理解すべき重要なポイントである。

一方で、頸三角の頂点から刺すと頸三角の midpoint までほぼ直線であるため、穿刺が容易となる。内頸静脈の内側には総頸動脈が位置し、両者の間には迷走神経が走行する（図2）。さらに、内頸静脈の背側には鎖骨下動脈から分枝する甲状腺頸動脈、下甲状腺動脈、頸横動脈、上行頸動脈、肩甲上動脈に加え、椎骨動脈など多くの細動脈が分布しており、内頸静脈後壁を貫通するとこれらの動脈を誤穿刺するリスクがある。特に椎骨動脈は脳へ向かう重要な動脈であり、誤穿刺は重大な脳虚血合併症につながり得る。椎骨動脈は鎖骨下動脈から分枝している事が多いため、鎖骨下動脈の誤穿刺も脳梗塞や脳虚血の原因となりうる。また、内頸静脈の外側背側には、横隔神経や腕神経叢が存在する。したがって、内頸静脈穿刺では「深く刺さない=後壁を貫通しない」という基本原則が極めて重要であり、可能な限り超音波ガイド下で静脈前壁だけの貫通に止める。

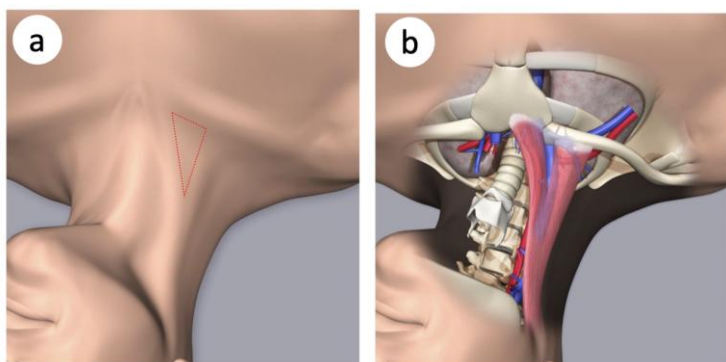


図1 内頸静脈の位置（[5] 図1 転載）
赤破線三角：頸三角 Sedillo' s triangle

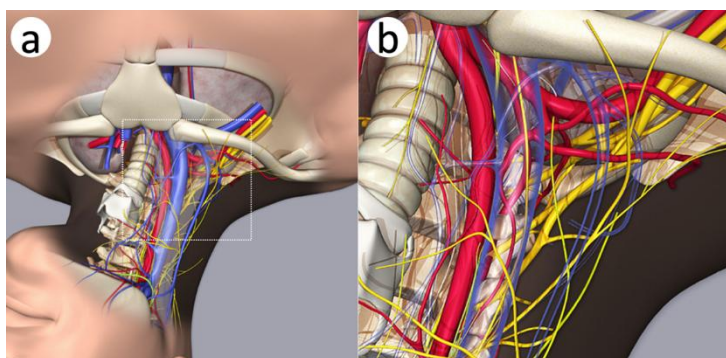


図2 内頸静脈とその近隣の血管・神経（[5] 図2 改変）
a：内頸静脈の周囲には動脈と神経が密に接して存在する。
b：パネルaの破線四角を拡大すると、内頸静脈の背後にも動脈や神経が存在することがわかる。

Sonoanatomy (超音波解剖)

超音波断層像から解剖学的構造を正しく理解するためには、基礎的な解剖学的知識が不可欠である。Sonoanatomy とは、単に画像を観察する行為ではなく、解剖学的知識と超音波画像を照合することで成立する概念である。例えば、「鎖骨下動脈は肺尖部に接し、その前方を走行し、頸三角の midpoint 付近に位置する」という解剖学的知識があれば、頸三角 midpoint で得られる超音波断層像において、内頸静脈の背側に描出される血管様構造が甲状腺動脈や鎖骨下動脈であり、さらに鎖骨下動脈の背側に存在する超音波不透過構造が肺尖部であることを理解できる。

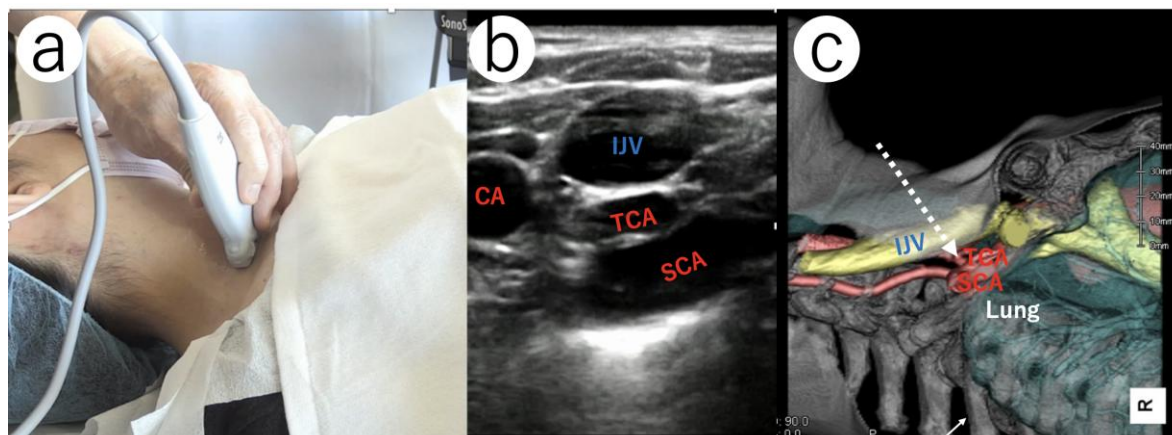


図3 内頸静脈穿刺における頸部血管の超音波解剖 (文献 [6][7]を参考に作成)

a : 頸三角 midpoint 付近におけるプローブ位置。

b : 短軸超音波像。内頸静脈 (IJV) と総頸動脈 (CA) は容易に識別できるが、その背側に血管様構造が描出される。これらは甲状腺動脈 (TCA) および鎖骨下動脈 (SCA) である。

c : 頸部を右側面から見た三次元血管造影像 (別の患者)。内頸静脈 (IJV) の背側に甲状腺動脈 (TCA)、鎖骨下動脈 (SCA)、さらに肺尖部 (Lung) が位置していることがわかる。この解剖学的関係を理解することで、パネル b の超音波像を正しく解釈することができる。

内頸静脈穿刺では、穿刺針が内頸静脈後壁を貫通した場合 (破線矢印)、深部の動脈構造 (甲状腺動脈幹や鎖骨下動脈) を損傷する可能性がある。さらに穿刺が深く進むと胸膜 (pleura) を損傷し、気胸を生じる可能性がある。このため、超音波ガイド下穿刺では針先の位置を常に認識し、内頸静脈後壁の穿破を防ぐことが重要である。

鎖骨下静脈 subclavian vein

鎖骨下動脈は肺尖部の前方、頸三角の midpoint 付近を走行するのに対し、鎖骨下静脈は文字どおり鎖骨の背側に位置している (図4)。しかし、鎖骨下静脈は鎖骨の直下に独立して存在するわけではなく、腋窩から始まる腋窩静脈が、前胸部の外側の深部から徐々に浅層へ移行しながら胸郭外側に沿って走行し、第1肋骨外縁で鎖骨下静脈へと連続する。解剖学的には、第1肋骨外縁から腕頭静脈に合流するまでの区間が「鎖骨下静脈」と呼ばれる。

このように鎖骨の背側を走行しているにもかかわらず、鎖骨を基準とした明確な境界が存在しない理由は、鎖骨が肩関節運動に伴って胸郭や第一肋骨との位置関係を大きく変化させるためである。

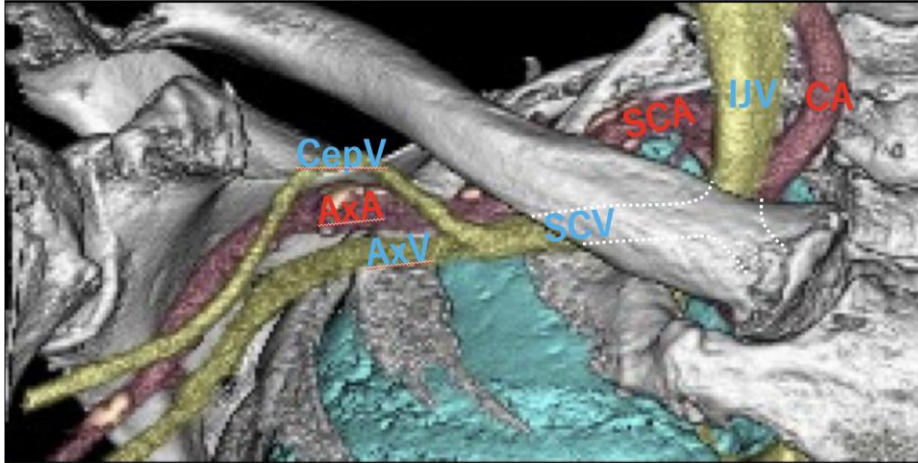


図4 鎖骨下静脈と腋窩静脈 ([7] 図2 改変)

IJV：内頸静脈 CA：総頸動脈 SCA：鎖骨下動脈 SCV：鎖骨下静脈
AxV：腋窩静脈 AxA：腋窩動脈 CepV：橈側皮静脈

腋窩静脈は上腕静脈から連続し、その起始は大円筋外側縁、終末は第一肋骨外側縁で鎖骨下静脈へと移行する。解剖学的定義は明確であるが、中心静脈アクセスの穿刺部位としての区分には統一された分類は存在しない。

本稿では、穿刺安全性および機械的合併症リスクの観点から、腋窩静脈を操作的に近位と遠位に区分する。腋窩から胸郭外側までを遠位腋窩静脈 (distal axillary vein)、胸郭前面に沿って走行し鎖骨下静脈へ移行する部分を近位腋窩静脈 (proximal axillary vein) と定義する。近位腋窩静脈は、超音波ガイド下で標的となることが多く、infraclavicular axillary vein と呼ばれることもある。近位腋窩静脈および鎖骨下静脈は体表から比較的浅く穿刺しやすい利点がある一方、肺尖部に近接するため気胸のリスクが存在する(図5)。また、近位部では胸肩峰動脈の分枝が穿刺経路上に位置することがあり、穿刺前にカラードプラ法で経路を確認することが望ましい(図6)。これに対し、遠位腋窩静脈はより深部に位置するため穿刺難度は高く、前胸部からのアプローチでは急峻な刺入角度となり、ガイドワイヤーの挿入がやや困難となることがある。しかし、肺との距離が十分に確保されるため、気胸のリスクは低い。一方で、腋窩動脈との間に腕神経叢が位置し、特に内側神経束が腋窩静脈の上前方に存在することが多いため、神経損傷に留意する必要がある。

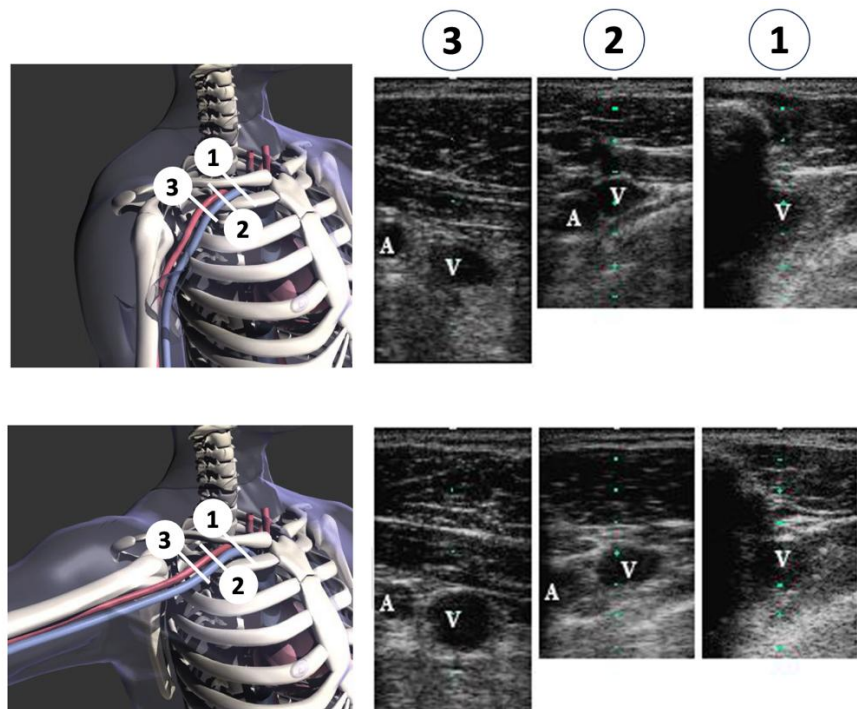


図5 鎖骨下静脈と腋窩静脈の位置 ([8] 図29 改変)

- ① V : 鎖骨下静脈 ② V : 近位腋窩静脈, A : 腋窩動脈
 ③ V : 遠位腋窩静脈, A : 腋窩動脈

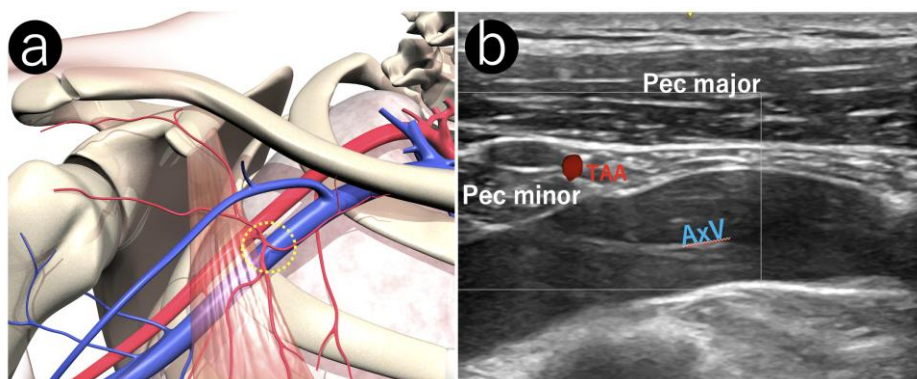


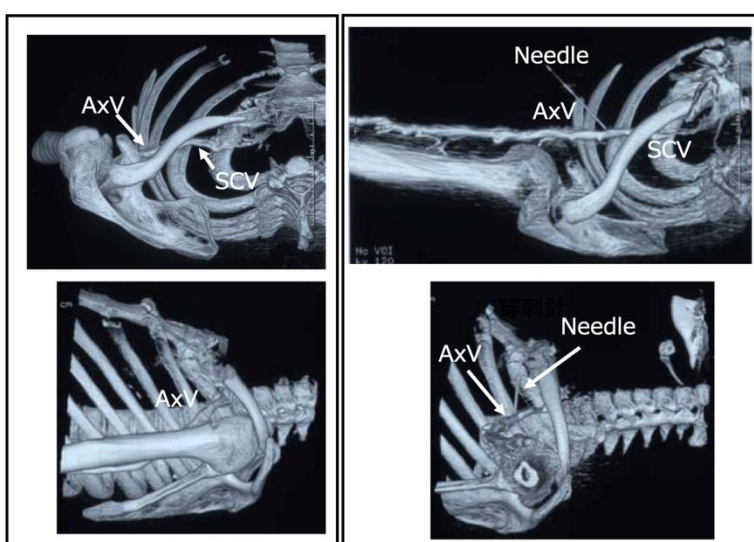
図6 胸肩峰動脈

a : 胸肩峰動脈 (黄色破円) は、小胸筋の内側縁付近で腋窩動脈から分枝し、前胸部、鎖骨周囲、肩方向へ向かう複数の枝を出す動脈である。

b : 超音波画像においても、胸肩峰動脈 (TAA) は小胸筋 (Pec minor) の内側縁付近で、腋窩静脈 (AxV) の前方、大胸筋 (Pec major) の後方に位置することが確認できる。

このため、近位腋窩静脈を標的とした穿刺では、小胸筋の内側縁のみならず、予定穿刺経路上に胸肩峰動脈の分枝が存在しないかを、カラードプラ法を用いて事前に確認することが重要である。

遠位腋窩静脈穿刺では、上肢を約90度外転させる体位が好まれる。これは、上肢の外転により腋窩静脈が直線化するためであり、緩やかに湾曲した静脈と比べて穿刺が容易になることが期待できる [9] (図7)。また、上肢外転により遠位腋窩静脈の血管径の拡張 [10]や虚脱しにくくなる [11]ことも知られている。これは、小胸筋が伸展・緊張することで、その直下を走行する腋窩静脈が圧排されにくくなり、結果として血管径が増大するためであろう。



上肢外転ゼロ

上肢外転90度

図7 上肢外転による腋窩静脈の走行の変化 ([12] p56 図1 改変)

SCV：鎖骨下静脈 AxV：腋窩静脈 Needle：穿刺針

一方、より近位では、上肢の外転によって鎖骨が上方に移動することで、第1肋骨上の鎖骨下静脈が観察しやすくなり、超音波ガイド下での鎖骨下静脈穿刺が可能となる。ただし、この際には鎖骨下筋を避けることが重要である。鎖骨下筋は、第1肋骨およびその肋軟骨を起始とし、鎖骨下面に停止する細長い筋肉であり、鎖骨の過剰な動きを制御し、胸鎖関節を安定化させる役割を担っている (図8 [13])。

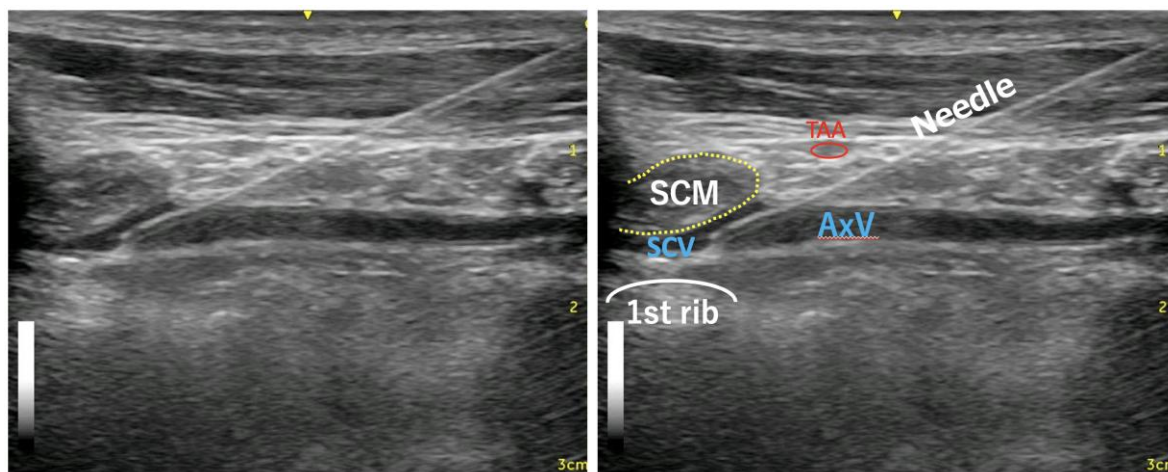


図8 鎖骨下静脈穿刺での鎖骨下筋貫通の回避（[12] p58 図4 改変）

SCM：鎖骨下筋 SCV：鎖骨下静脈 1st rib：第一肋骨

AxV：腋窩静脈 Needle：穿刺針 TAA：胸肩峰動脈

鎖骨下筋（正しくは、鎖骨下筋と肋鎖靭帯複合体）を貫通してカテーテルを留置すると、肩や上肢の動きに伴ってカテーテルに牽引力が加わる。この結果、カテーテルの屈曲や断裂が生じることがある [14, 15]。本稿では、便宜上これを subclavius muscle entrapment syndrome と呼称する。その臨床経過は pinch-off syndrome に類似する。Pinch-off syndrome とは、鎖骨と第1肋骨の間の狭小間隙を通過する形でカテーテルが留置され、肩や上肢の運動によって同部位でカテーテルが圧迫され、滴下不良やカテーテルの断裂をきたす現象である。

超音波ガイド下鎖骨下静脈穿刺では、鎖骨と第1肋骨の間を盲目的に穿刺することはないため、従来のランドマーク法と比較すると発生リスクは低いと考えられる。しかし、鎖骨下筋を貫通した場合には、超音波ガイド下であっても subclavius muscle entrapment syndrome が生じる可能性がある点には注意が必要である。

大腿静脈 femoral vein

大腿静脈は鼠径靭帯、縫工筋、長内転筋で囲まれた大腿三角内を走行する。大腿三角内で大腿静脈は大伏在静脈と合流し、その頭側で断面積が拡大する。大腿静脈は正面から観察すると、ほぼ直線的に走行しているように見え、穿刺が容易であるという印象を与える（図9）。

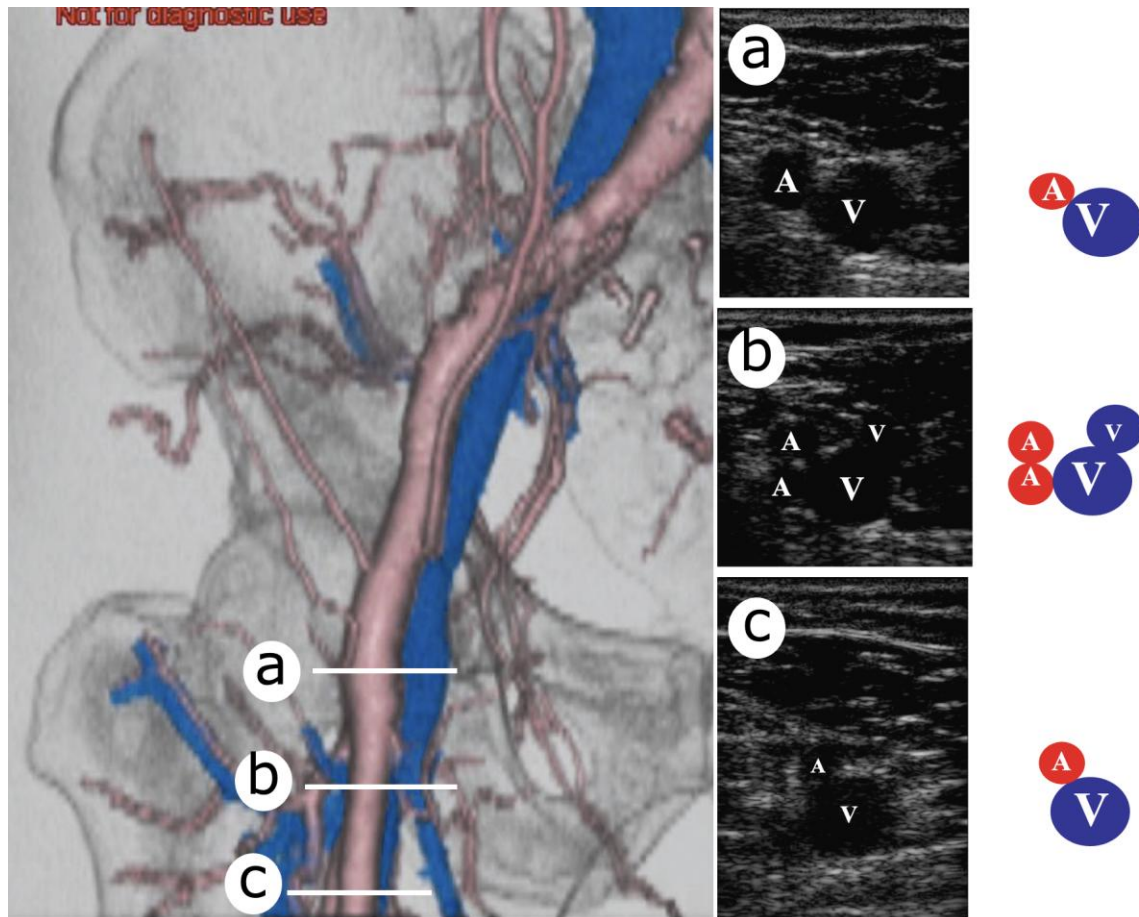


図9 大腿静脈の3次元静脈造影像と超音波断層像 ([8] 図33 改変, [16] 図4 改変)
 a: 鼠径靭帯より尾側 b: 鼠径溝近辺 c: 大腿部 V: 静脈 A: 動脈

しかし実際には、大腿静脈は鼠径靭帯を越えた時点で外腸骨静脈へと移行し、骨盤内に向かって背側へ走行方向を変える。すなわち、穿刺方向から見た場合、静脈は直線的に奥へ進んでいるわけではなく、鼠径靭帯付近を境に深部・背側へ屈曲する走行をとっている (図10)。

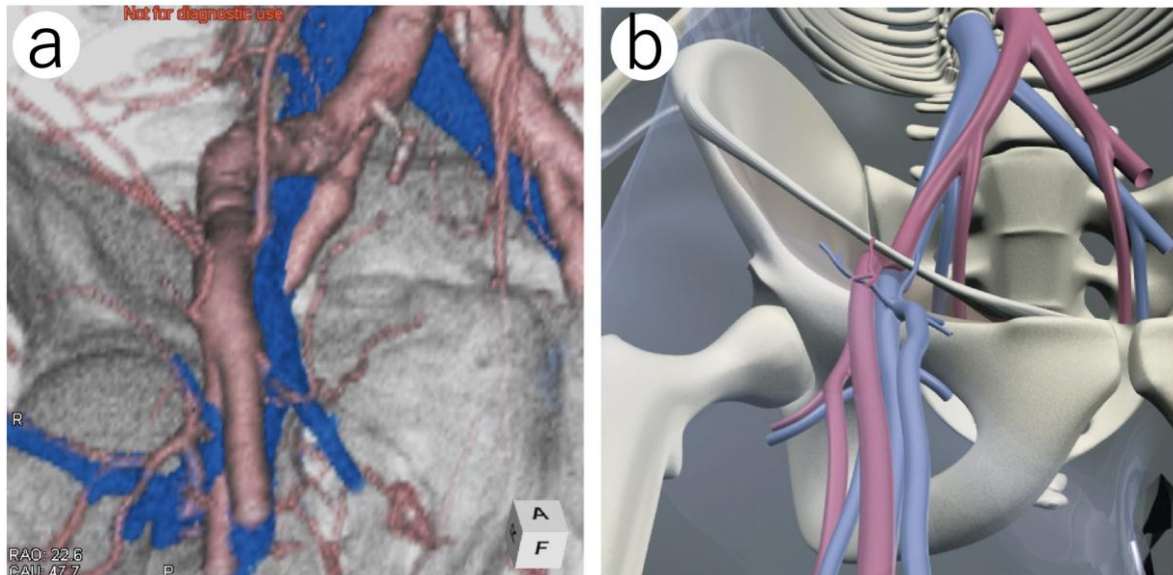


図10 皮膚に対して30度の角度から見た大腿静脈の走行〔16〕図1, 2転載
 a: 3次元静脈造影像 b: 鼠径靭帯と大腿静脈の位置関係

ここで注意すべき点は、従来から用いられてきた「鼠径靭帯より2横指尾側から穿刺する」という手技が、解剖学的再検討により、従来の穿刺位置では外腸骨動脈誤穿刺の潜在的リスクを内包する可能性がある。鼠径靭帯を越えると、外腸骨動脈は外腸骨静脈の前方を横切るように走行する。そのため、穿刺針が鼠径靭帯を越えて進入した場合、外腸骨動脈を誤って穿刺するリスクが高まる。さらに、この部位での血管損傷は腹腔内に及ぶため、体表からの圧迫止血が困難であり、大量出血を来す危険性がある。

以上の解剖学的特徴を踏まえると、安全な穿刺点は従来考えられてきた位置よりも、さらに尾側に設定した方が良いだろう。本稿では、鼠径靭帯を基準とするのではなく、「鼠径溝」より尾側（実際上は1～2横指）から穿刺することを勧める（図11）。

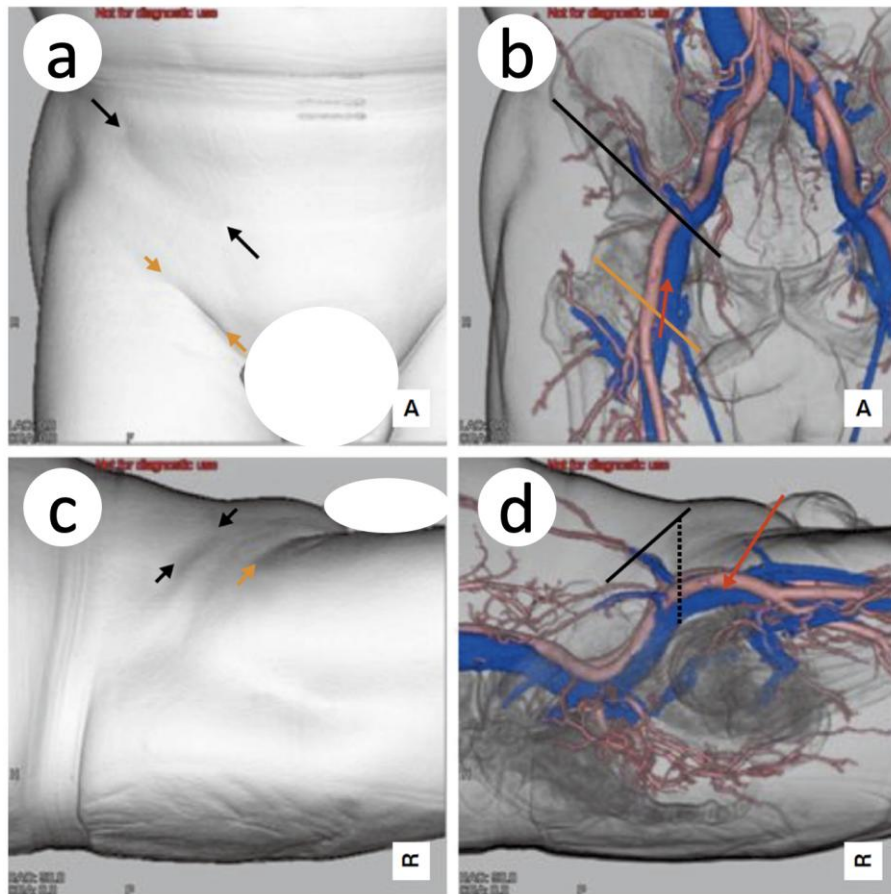


図 11 鼠径靭帯・鼠径溝と大腿静脈の走行との関係（[16] 図 7 転載）

a：体表 3D 再構成像（正面像）

黒矢印：鼠径靭帯（上前腸骨棘と恥骨結節にかけて腹斜筋腱膜が肥厚した帯状構造）

黄矢印：鼠径溝（下腹部と大腿部の境界にみられる体表上の凹み）

b：三次元静脈造影像（正面像）

黒線：鼠径靭帯 黄線：鼠径溝 赤矢印：安全な穿刺方向

c：体表 3D 再構成像（側面像）

黒矢印：鼠径靭帯 黄矢印：鼠径溝

d：三次元静脈造影像（側面像）

黒線：鼠径靭帯 黄線：鼠径溝

黒破線：鼠径靭帯のレベルで動静脈は背側に走行 赤矢印：安全な穿刺方向

大腿静脈は大腿動脈の背側に位置しており、多くの症例では大腿動脈が前方から部分的に大腿静脈に重なって走行している。このため、安静位では両血管の重なりが大きく、静脈穿刺の安全なスペースは必ずしも十分とはいえない。

一方、下肢を外転・外旋させることで、大腿動脈は前外側へ偏位し、大腿静脈との側方方向の距離が拡大する。その結果、両血管の重なりが減少し、超音波下において静脈を単独で描出できる範囲、すなわち穿刺可能な「ウインドウ」が広がる [17]。

1.5 使用機材およびデバイス特性 [18]

使用機材の選定においては、安全設計 (safety design) という概念を最も重視すべきである。穿刺針に関しては、穿刺時の抵抗が小さく、静脈前壁の過度な牽引 (tenting) を抑制することにより、静脈後壁の貫通 (double wall puncture) を生じにくい細径 (22~20G) の穿刺針が望ましい [2]。さらに、穿刺針の長さは標的静脈の解剖学的深度を考慮して選択することが重要である [2]。例えば、内頸静脈は通常皮下約 1 cm の深さに位置しており、頸三角の頂点から 30~45 度の角度で穿刺した場合、約 4 cm で鎖骨下動脈、約 5 cm で肺尖部に到達する。この解剖学的条件を踏まえると、有効穿刺長が約 35 mm の短針で内頸静脈穿刺を行うことが可能であり、鎖骨下動脈誤穿刺や気胸といった重篤な合併症のリスク低減につながる (図 3c)。すなわち、細径かつ短長の穿刺針は、誤穿刺そのものを起こしにくく、仮に誤穿刺が生じた場合であっても低侵襲にとどめ得る点で、安全設計の観点から有用である。

金属針 (thin-walled introducer needle) と外筒針 (catheter-over-the-needle) には、前者が Seldinger 法、後者が modified Seldinger 法に対応するという手技上の相違がある。一般的に、外筒針は同一ゲージ数であっても外径が大きくなるため、穿刺時の抵抗は金属針よりも高くなる傾向がある。一方で、外筒針はカニューラを介してガイドワイヤーを挿入できるため、針先の位置関係によってガイドワイヤー挿入が困難な状況においては有用となる可能性がある。このように、両者にはそれぞれ特性があり、穿刺抵抗と操作性のバランスを考慮した選択が求められる。

ガイドワイヤーについては、先端形状が挿入の容易さと迷入リスクの双方に影響を与える。一般に、ストレート型やアングル型 (先端がわずかにカーブした形状) は挿入が容易であるが、目的としない静脈への迷入が起こりやすい。一方、J 型 (先端が J の字のように強いカーブの形状) は挿入時にコイリング (先端がとぐろを巻いて進まない現象) を生じやすく、操作性の点では不利となる場合があるものの、細静脈への迷入は起こりにくい。近年の中心静脈カテーテルではストレート型またはアングル型のガイドワイヤーが多く、透析用カテーテルでは J 型であることが多い。これは、透析用カテーテルが一般的な中心静脈カテーテルと比較して太径であり、細い静脈へ迷入した場合に重篤な血管損傷を来すリスクが高いためである。すなわち、透析用カテーテルにおける J 型先端の採用は、操作性の向上よりも迷入防止を優先した安全設計上の選択と理解すべきである。

カテーテルの素材として広く使用されているポリウレタンには、硬さ (durometer) の異なる複数のグレードが存在する。一般に、高硬度ポリウレタンは挿入性に優れる一方で、血管壁や心内膜への機械的刺激が問題となり得る。これに対し、低硬度ポリウレタンは留置後の安全性に優れるが、挿入操作性の低下や屈曲のリスクを伴う。近年では、室温下では十分な剛性を保ち、体温下で柔軟性を増す体温依存性ポリウレタンや、カテーテルの部位ごとに硬度を変化させた設計が広く用いられており、挿入時の操作性と留置後の安全性を両立させる工夫がなされている。

1.6 カテーテル挿入手技および留置管理

中心静脈カテーテル留置の標的静脈には、内頸静脈、鎖骨下静脈（および鎖骨尾側腋窩静脈）、大腿静脈などがある。各穿刺部位の特徴を表1に示す [4, 5]。穿刺部位の決定は、①穿刺部位の特徴、②患者に特有のリスク、③pre-procedure ultrasound examination (prescan) [19]によるリスク評価等を考慮して決定する。

表1 穿刺部位の特徴

| 穿刺部位 | 利点 | 欠点（リスク） |
|-------|--|--|
| 内頸静脈 | <ul style="list-style-type: none"> 超音波ガイドで高い成功率 気胸リスクが比較的低い* 緊急時にも選択しやすい | <ul style="list-style-type: none"> 動脈誤穿刺のリスク 抜去時の空気塞栓リスク カテーテルの違和感が強い |
| 鎖骨下静脈 | <ul style="list-style-type: none"> 留置後の安定性が高い 感染率が比較的低い 患者の動きの制限が少ない | <ul style="list-style-type: none"> 気胸・血胸のリスク 穿刺に高い技能を要する |
| 大腿静脈 | <ul style="list-style-type: none"> 迅速な確保が可能（救急・緊急時） 空気塞栓のリスクが低い 不穏患者でも比較的安全 | <ul style="list-style-type: none"> 感染・血栓リスクが高い 長期留置に不向き 歩行制限・清潔管理が困難 |

*短く細い針を用い適切な手技で行った場合、気胸の発生率は低い

カテーテル関連血流感染（catheter-related bloodstream infection）について、成人の非トンネル型中心静脈カテーテルでは、感染リスク最小化の観点から鎖骨下静脈（鎖骨尾側腋窩静脈）が推奨されている [20]が、感染対策の実施状況や患者背景によっては、他部位との差は小さくなりうる [21-23]。本ガイドでは、大腿静脈カテーテルは原則として一時的使用にとどめ、可能な限り早期に他の中心静脈路へ変更することを勧める。

一方、不穏患者では自己抜去や接続外れに伴う空気塞栓症が問題となる。内頸静脈や鎖骨下静脈（鎖骨尾側腋窩静脈）カテーテルは吸気時の陰圧や体位の影響を受けやすいのに対し、大腿静脈（陰圧になりにくい）や PICC（カテーテル内腔が極めて狭いため空気の引き込みが起きにくい）は相対的に空気塞栓のリスクは低いと考えられるが、リスクがゼロではない。したがって、確実な固定、閉鎖式コネクタの使用、クランプ管理、カテーテル抜去後は密閉ドレッシングなどの予防策を徹底する [2]。

リスク評価

患者に特有なリスクとして、肥満（BMI > 30）・低体重（るい瘦，BMI < 20） [24, 25]、浮腫 [25]、穿刺部位の手術創 [24, 25] やペースメーカーの存在 [25]、感染 [25]、放射線治療 [24]、凝固能障害（未補正の凝固異常、抗凝固療法・抗血小板療法中を含む） [25]、仰臥位をとることができない状態（頭蓋内圧亢進、心不全など） [25, 26] などが挙げられる。これらの因子が存在する場合、中心静脈カテーテル留置はより危険な手技となるため、穿刺の適否や穿刺部位の選択は慎重に判断する必要がある

る。前述のPICCは、これらのリスクを回避するために考慮すべき代替手段の一つである [2]。

リスク評価に必要な情報は、患者の体型（身長、体重、外観）、全身状態（低栄養、脱水、循環血液量減少の有無）、理学所見（呼吸音など）、胸部画像（胸部X線写真、CT画像があればより正確に評価可能）、全血球算・血液生化学・凝固機能検査、既往歴・現病歴および内服薬（抗凝固薬・抗血小板薬を含む）である。

出血リスク因子が存在する場合や、抗凝固療法中で過量投与が疑われる場合には、凝固機能検査を検討する。従来、血小板数 $50 \times 10^3 \mu\text{L}$ 以上、プロトロンビン時間（PT-INR）1.8 以下、または活性化部分トロンボプラスチン時間（aPTT）が正常上限の 1.3 倍以下が、出血リスクの一つの目安とされてきた [27]。

一方、近年では、経験者による超音波ガイド下中心静脈カテーテル挿入は低出血リスク手技として位置づけられており、血小板数については $20 \times 10^3 \mu\text{L}$ 以上を一つの目安とする考え方も示されている [28]。

ただし、これらの数値は絶対的な安全基準ではなく、手技の難易度、穿刺部位、カテーテルの種類（皮下トンネル型・太径カテーテルなど）、穿刺回数の増加が予想される状況、施行者の経験、患者背景を踏まえて総合的に判断すべきである。本ガイドでは従来の目安 [27] を基本としつつ、個別症例に応じた柔軟な判断を許容する。このため、穿刺前のリスク評価は慎重に行うことが重要である。

手技手順 [5]

手技は、A. モニタリングと救急カートの準備、B. 患者体位、C. prescan (pre-procedure ultrasound examination)、D. 高度無菌遮断予防策 maximal sterile barrier precautions: MSBP、E. 穿刺キットの確認、F. タイムアウト、G. 消毒、H. 穿刺・カテーテルの留置、I. カテーテルの位置確認の順で行う。

A. モニタリング・救急カートの準備

モニタリングは、穿刺により機械的合併症（出血、気胸・血気胸、不整脈、血腫による気道の圧迫、脳梗塞等）が生じた際、いち早くその発生に気づき可及的速やかに対処するために必須である。①経皮的動脈血酸素飽和度（パルスオキシメータ）、②心電図、③血圧計、④胸部聴診器を準備する。人工呼吸下では、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）は、滅菌ドレープで覆われた人工呼吸回路の予期せぬ外れや、気管チューブの屈曲等の検出に有用である。意識下で手技を行う場合、処置中は患者とコミュニケーションを密にし、十分な協力を得るだけでなく、患者の訴えから合併症の発生をいち早く察知するよう心掛ける。

救急カートに加え、①緊急気道確保に必要な器具（酸素マスク、気管チューブ、挿管器具、酸素ボンベ等）、②除細動器、③救命救急薬剤等を準備する。

B. 患者の体位

内頸静脈および鎖骨下静脈（鎖骨尾側腋窩静脈）穿刺の基本体位は、Trendelenburg体位である [29]。全身麻酔下で穿刺を行う場合は、手術台の傾斜角度は 10° 程度で十分である [30]。この体位で、内頸静脈は拡張し穿刺が行いやすくなる（鎖骨下静脈も軽度だが拡張する [31]）だけでなく、静脈圧が上昇することで、針が後壁を貫いてしまうのを防ぐ効果があると考えられる [32]。なお、人工呼吸器の設定で、PEEPを5 cm水柱圧程度かけると、静脈圧の上昇の助けになる [33, 34]。大腿静脈穿刺では、水平位あるいは、逆 Trendelenburg 体位 [35] とする。意識下の患者の穿刺では、バルサルバ手技が静脈拡張と静脈圧上昇に役立つ [36]。

内頸静脈穿刺では、頸部を穿刺と反対側に 30° 程度回転させる。回転しすぎると内頸静脈と総頸動脈の重なりが大きくなり、総頸動脈誤穿刺のリスクが生じ危険である [37]。胸鎖乳突筋が明瞭でない場合や短首の患者では、穿刺側の肩下にタオルなどを入れると胸鎖乳突筋が張り明瞭になる。

C. Prescan (前述)

プレスキャンの目的は、穿刺に先立って適切な穿刺部位（内頸静脈、鎖骨下静脈／腋窩静脈、大腿静脈）を選択するとともに、各穿刺部位に固有の解剖学的リスクを事前に評価し、必要な対策を講じることである。具体的には、標的静脈の径や深さ、静脈背側に存在する構造物、ならびに静脈圧が低いことによる虚脱や呼吸性変動の有無などを確認する。

D. 高度無菌遮断予防策 [20]

高度無菌遮断予防策 MSBP は必須である。MSBP は、術者はマスク、キャップ（頭髪を全て覆う）、滅菌グローブ、滅菌ガウンを装着し、挿入操作範囲を大型の滅菌ドレープ（large sterile drape*）で覆う。

*ドレープは、長いガイドワイヤーの操作を含め、器材が不潔域に接触しない範囲を確保できる大きさとする。

MSBP を含む標準化された手順の遵守は、感染性合併症の低減に寄与すると考えられている [38-43]。

E. 穿刺キットの確認

穿刺キットに、不具合が無いかどうかチェックを行う。具体的には、①カテーテルの出し入れが可能かどうか確認、②穿刺針やダイレータにガイドワイヤーが挿入できるか等である。使い慣れていない製品の場合は、事前に取扱い説明書を必ず読んでおく（手技に手間取るだけでなく、誤使用による医療事故を防ぐために必要である）。

F. タイムアウト [44]

タイムアウトは医療安全上重要である。患者氏名、穿刺の目的、穿刺部位、患者に特有なリスク（凝固障害、抗凝固薬の使用、体形）や prescan による穿刺リスク評価の結

果、消毒法の選択（アレルギーの有無）、術者交代やカテーテル挿入中止の基準を手術スタッフと確認し消毒を開始する。

G. 消毒 [20]

患者の穿刺部位の消毒は、1%クロルヘキシジンアルコールを用いる [45]。使用前にスタッフと必ず薬液内容を確認し、使用後に残った消毒薬はすぐに破棄する。消毒薬が十分に乾燥した後に穿刺操作を行う [46]。

アルコールに対してアレルギーのある患者では、ヨード製剤（ポビドンヨード等）で消毒する。術者は、手術に準じた手洗いか、手指用の消毒薬で手指消毒を行う。

H. 穿刺・カテーテル留置

超音波ガイド法、特に real-time ultrasound-guided technique (dynamic ultrasound technique) は、過去の anatomic landmark technique や static ultrasound technique (いわゆる作図法) に比べ、穿刺成功率が高く、機械的合併症発生率が低いというエビデンスが確立している [47, 48]。このため real-time ultrasound-guided technique を推奨する。十分な長さの滅菌プローブカバーを使用し、ケーブルが清潔野に触れないよう注意する。

Real-time ultrasound-guided technique [5, 49-52]
静脈と穿刺針、および超音波断層像の各々の位置関係から、以下の2つの方法に大別される。

短軸交差法 (short-axis out-of-plane technique) [5, 49-52]

静脈の短軸像を観察しながら、超音波断層像に交差するように穿刺針を刺入する方法である。内頸静脈や大腿静脈穿刺で主に用いられる。動静脈の位置関係が分かりやすいという利点があるが、穿刺針が超音波走査線内に入るまでは、穿刺針の位置が分かり難いという欠点がある。さらに、超音波断層像の観察だけでは、針先と針の柄（シャフト）の区別がつき難いため、穿刺針が走査線を越え静脈を貫通し、さらにその先で動脈や肺を誤穿刺するリスクもある [53]。

図 12 は、超音波断層像では、針先とシャフトの区別が困難であることを示している。模擬血管内に認める高輝度の点は、針先ではなく実際はシャフトであることがわかる。

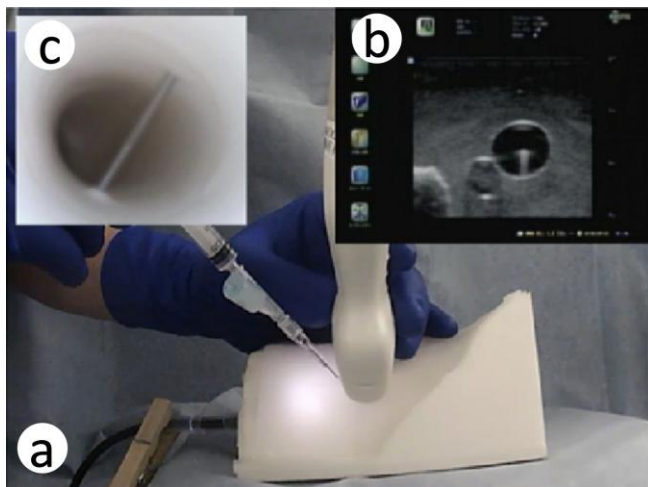


図 12 短軸交差法のピットフォール ([53] Figure 1 転載)

a : シミュレーターへの穿刺

b : 模擬血管内に輝度の高い点を認め、針先のように見える。

c : 模擬血管内での内視鏡所見では、穿刺針が模擬血管を貫通していることがわかる。

また、静脈の短軸像を確認しただけで穿刺を行うと、静脈の走行と異なる方向に穿刺針を向けてしまう可能性もあり、そのために針が静脈を斜めに貫通することで、誤穿刺の原因となりうる。

以上の欠点を補い利点を生かすには、穿刺の前に慎重にスキャンして、静脈の走行を確認し、静脈の走行に沿って穿刺を行うように心がけることが大切である。また、常に針先の位置を確認しながら穿刺を進めることが重要である。

針先の位置は見た目ではなく、穿刺針を進めて、超音波走査線内に入ったとき、最初に見える白輝点が針先であるということを理解することが重要である。

穿刺針（金属針）を進めている間、ずっと白輝点が見えているのであれば、それは針先ではなく、針のシャフトである可能性が高い。

短軸交差法の理論 [5, 8, 12]

標的静脈の血管走行を知るには、2つのスキャンを組み合わせる必要がある。

まず、血管走行に沿って箒で掃くようにプローブを動かす sweep scan technique を行い（約 2 cm）、常に超音波の画像の中央に静脈が位置するようにプローブを操作する（図 13 sweep scan technique [12]）。

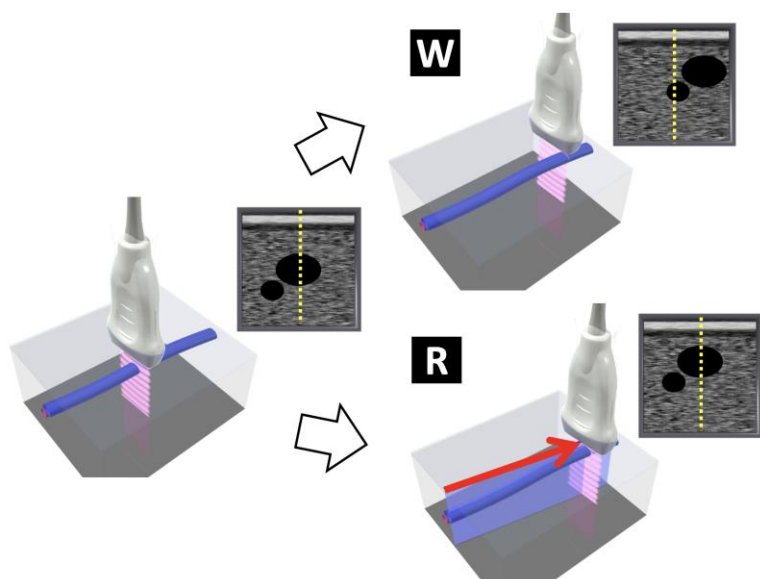


図13 sweep scan technique ([5] 図6 転載)

W：血管走行に沿ってスキャンしていないため、画像の中心にあった標的静脈が画像の端に移動している。

R：血管走行に沿ってスキャンすると、画像の中心に静脈が存在する。逆に、sweep scan techniqueで画像の中心に静脈が位置するようにスキャンできれば、血管走行に沿ってスキャンできている。

次に、プローブを扇のようにスイングさせ（約30° 図14 swing scan technique [12]）、常に超音波の画像の中央に静脈が位置するようにプローブを操作する。

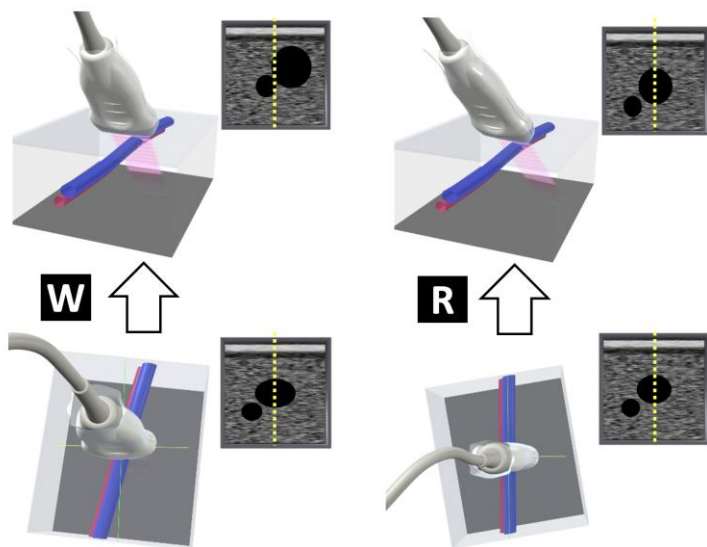


図14 swing scan technique ([5] 図7 転載)

W：静脈の長軸に対してプローブの位置が垂直でない場合、プローブをスイングすると、静脈は画像の端に移動する。

R：静脈の長軸に対して垂直にプローブを置いた場合、プローブをスイングしても静脈が画像の中心に位置する。逆に、スイングして画像の中心に静脈が位置するとき、血管走行に対してプローブを垂直に置けたことになる。

この2つのスキャンを組み合わせることで、プローブを静脈に対して完全に垂直に置くことができる。よって、プローブの中央に向かって穿刺をすると、穿刺針は静脈の中心に向かって進む（図15：血管走行に対してプローブを垂直に置いた状態 [5]）。

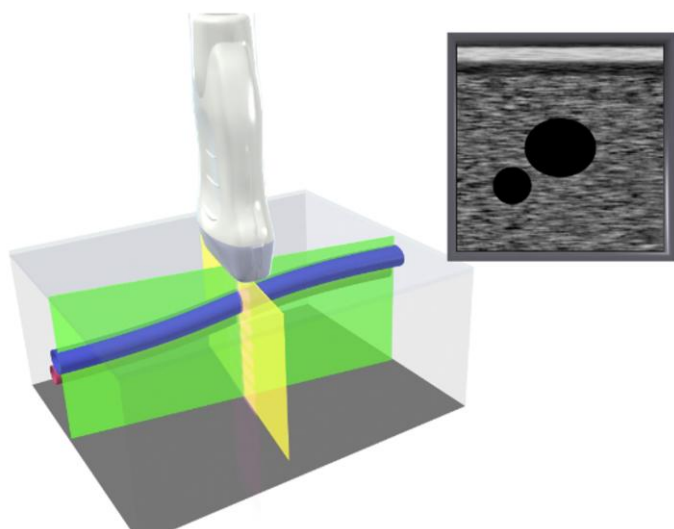


図15 プローブを血管走行に垂直に置いた状態（[5] 図8 転載）

後壁の穿通を起こさないために、針先の位置確認は重要である（前述）。交差法は、超音波走査線に交差する方向から、超音波断層像内に針を誘導する。このため交差法では針先の確認が断続的になり、厳密にはリアルタイム穿刺ではない。針先の位置確認は、リアルタイムで針先を描出することではなく、理論に基づいて位置を確認する（図16：運針と針先の確認法 [12]）。

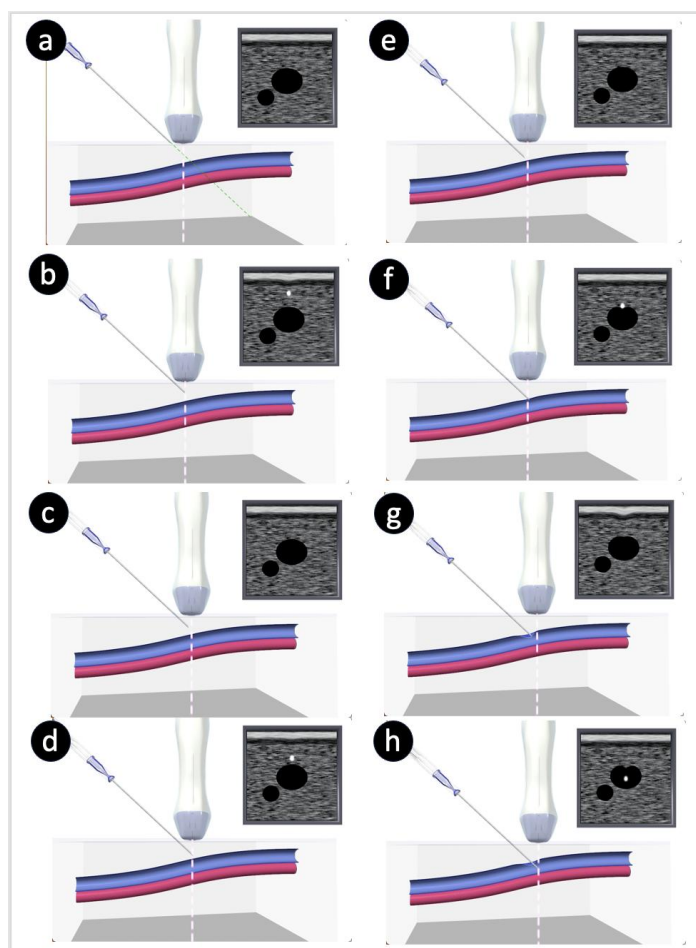


図 16 短軸交差法での穿刺針と超音波断層像の協調運動 ([12] p23 図 1 改変)

穿刺角度を設定し (a)、走査線内に針を誘導すると、最初に描出される白輝点が針先である

(b)。次に、プローブをわずかに進行方向へスライドさせると白輝点は消失する (c)。針をゆっくり進めることで、針先が再び走査線内に入り、白輝点として確認される (d)。この操作を繰り返しながら、針先を徐々に標的静脈へ進める (e→f)。

針先が静脈前壁に接触すると、前壁に軽度の陥凹が生じ、静脈はハート型に変形する (g)。さらにプローブをわずかにスライドさせ、走査線を前進させたくて静脈前壁を穿通する (h)。逆流を認めない場合は前壁を穿通していない可能性がある。その際は、操作線を前進させ、刺入角度を小さくし穿刺針を進める。それを繰り返すと前壁のみを穿通できる。

本手技は、従来わが国では 尺取虫法 inchworm technique [8, 54] と呼ばれてきたが、現在は dynamic needle tip positioning [55] として国際的に知られており、PICC および midline catheter 挿入に広く用いられている。本手技が、内頸静脈穿刺の短軸交差法に適しているのは、他の手法 (図 17) と比較して、静脈後壁誤穿刺 (double wall puncture) を回避しやすいためである。

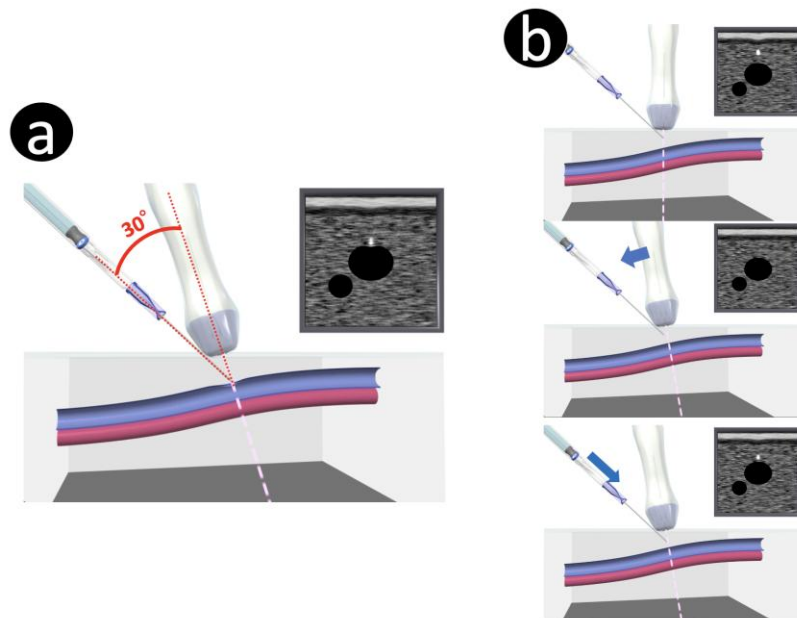


図17 三角関数法 (a) および tilting technique (b) ([5] 図9 改変)

a: 三角関数法

プローブのフットプリント幅と、超音波画像上で測定した標的静脈前壁の深さから穿刺針の刺入角度を算出し、その角度で穿刺する方法である[49]。刺入角度が事前に決定されるため穿刺操作は比較的迅速に行えるが、穿刺後の針先を超音波画像上で確認することは困難である。

b: Tilting technique

穿刺針の刺入方向 (needle trajectory) を想定し、プローブを傾けることで超音波操作線を針の進行方向に一致させ、針先の到達を確認しながら穿刺する方法である[5]。針先位置の確認が可能である一方、標的静脈前壁を穿刺した直後の針先の描出は一般に容易ではない(針に反射した超音波がプローブに戻ってくる量が、inchworm technique と比べ少ないためである)。

長軸平行法 (long-axis in-plane technique) [5, 56]

静脈の長軸像を観察しながら、超音波走査線内で針を進める方法である。先の交差法とは異なり、理論的にもリアルタイムで針を描出しながら穿刺が行える。小さいプローブを使用すれば、内頸静脈穿刺でも臨床応用可能であるが、通常のプローブサイズでは、小柄な成人では頸部の操作スペースがなく施行し難い。この方法は、鎖骨下静脈穿刺(あるいは鎖骨尾側腋窩静脈穿刺)に特に有用である。長軸平行法は、静脈前壁から後壁まで貫通することはあまりないが、前壁から側壁へ針が向かい静脈を貫く可能性がある(図18) [56]。

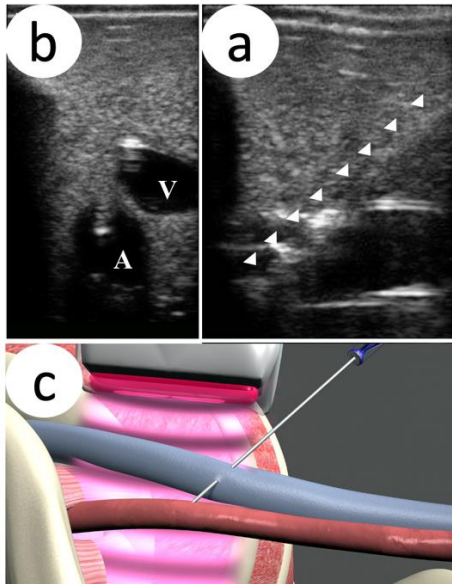


図 18 長軸平行法のピットフォール ([56] Fig 1 を改変)

a, b: 超音波長軸像では、針（白三角）が適切に血管内に進入しているように見える (a)が、実際には針先が静脈を貫通し、隣接する動脈内に位置している場合がある (b)。

c: 三次元的に、針が静脈を通過して動脈へ到達している状態を示している。

長軸平行法では、針が超音波走査面からわずかに外れるだけで、針先位置を誤認し得る。

静脈の中心を通る長軸像を描出することで、前壁から側壁へ針が向かい静脈を貫通するのを防ぐことができる (図 19) [56]

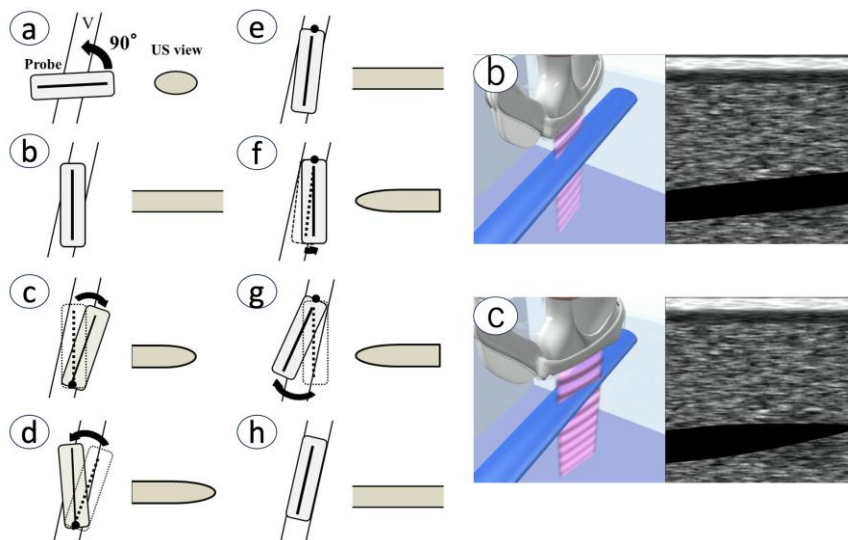


図 19 長軸平行法で静脈の中央を探すテクニック ([56] Fig 2 改変)

短軸像で標的静脈を同定した後 (a)、プローブを 90° 回転させて長軸像を得る。側方にプローブをわずかに振り、静脈側壁が描出される位置を確認することで、真の長軸中心を同定する (b-d, e-

h)。この操作により、超音波ビームが静脈中心を通る方向に調整される。針を長軸内で常に描出しながら穿刺することで、側壁誤穿刺といった長軸法特有のピットフォールを回避できる。

ガイドワイヤーの挿入と位置確認 [44, 49]

ガイドワイヤーの挿入は、常に抵抗の有無を確認しながら慎重に行い、抵抗を感じた場合はそれ以上挿入してはならない。

通常、カテーテル先端から数センチメートル程度ガイドワイヤーが突出していれば、静脈壁に引っかかることなくカテーテルを留置できる。このため、右内頸静脈から挿入する場合、ガイドワイヤーの挿入長は成人で約 20 cm が適切である。一方で、不必要に深く挿入すると、不整脈を誘発する危険があるため注意を要する [57]。

ガイドワイヤーは細径であるため、挿入後に適切な位置確認が行われていれば、仮に静脈外逸脱が生じた場合でも、組織損傷は最小限にとどまることが多い。しかし、位置確認が不十分なまま次の操作に進むと、血管損傷や致命的合併症に至る可能性がある。このため、ガイドワイヤー挿入後の位置確認は極めて重要である。

位置確認は、超音波を用い、短軸像および長軸像の両方で行う (図 20)。

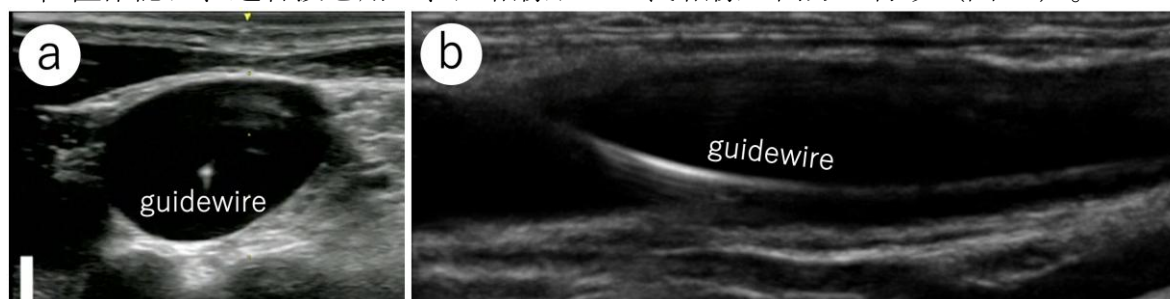


図 20 ガイドワイヤーの位置確認 ([5] 図 10 改変)

a : 短軸像 b : 長軸像

ガイドワイヤーは細く、超音波で確認しにくい場合がある。その際は、ガイドワイヤーを約 5 mm ずつ小刻みに挿入・抜去することで、動きとして認識しやすくなり、位置確認が容易となる [5]。

この方法で、ガイドワイヤーが静脈後壁に沿って滑らかに接していることが確認できれば、後壁貫通は否定できる (図 10 参照 : VIII 主な機械的合併症とその対策)。通常の成人において、頸三角の頂点から短針 (約 35 mm) で穿刺した場合、針先は鎖骨に到達しない。このため、鎖骨手前までの超音波で描出可能な範囲内に異常が認められなければ、ガイドワイヤーの静脈外逸脱はないと判断できる [58]。

一方、頸部が極端に短い患者、長い穿刺針を使用した場合、あるいは頸三角の頂点より鎖骨寄りから穿刺した場合には、針先が超音波で描出できない鎖骨背側に達する可能性がある。このような状況では、超音波で確認してもガイドワイヤーの静脈外逸脱を完全に否定することはできない [58]。

したがって、内頸静脈穿刺の原則は、超音波で描出可能な範囲内で静脈前壁を穿刺することである。

ダイレータの挿入

ダイレータは、穿刺時の針の角度やガイドワイヤーの湾曲・走行を十分に考慮して挿入する必要がある。これらと異なる角度や方向に無理な力を加えると、ダイレータがガイドワイヤーの走行から逸脱し、静脈壁損傷を引き起こす危険がある [59]。

また、挿入長も重要な要素であり、不必要に深く挿入することは避けるべきである [60]。通常体格の成人における内頸静脈カテーテル留置では、ダイレータの挿入長は約 3 cm で十分であり、5 cm 以内にとどめると安全であると考えられる（もちろん、これは通常体格の成人における経験的安全目安であり、患者体格および穿刺深度に応じて調整する必要がある） [2]。

カテーテルの留置 [2, 5]

予測した挿入長でカテーテルを留置した後は、まずカテーテルからの逆流 (blood backflow) を確認する。太い静脈内に正しく留置されている場合、逆流は通常スムーズである。一方、細い静脈への迷入や静脈外組織内への誤留置では、逆流が不良となることが多く、動脈内誤留置では、逆流が強く感じられることが多い。

ただし、逆流の有無や勢いのみで動脈誤留置を否定することはできない。過去の医療事故報告では、カテーテル先端が動脈血管壁による圧排や一時的な閉塞を受けた場合、動脈内に留置されていても逆流が弱くなることが報告されている [2]。

カテーテルが静脈内に正しく留置され、かつ先端位置が適切であるかどうかの最終確認は、胸部 X 線写真によって行う。内頸静脈・鎖骨下静脈（鎖骨尾側腋窩静脈）カテーテルおよび PICC の先端は、上大静脈内を血管壁とほぼ平行に走行し、血管壁への持続的な接触や圧迫を避ける位置にあることが重要である [61]。また、カテーテル先端は、胸部 X 線写真上で右第 1 弓の下 1/3 から右第 2 弓の上 1/3 の間に位置することが望ましい（図 21）。この位置は、カテーテルの安全性と機能性の両立という観点から推奨されている（参照：Clinical Question「カテーテル先端位置の問題点」）。

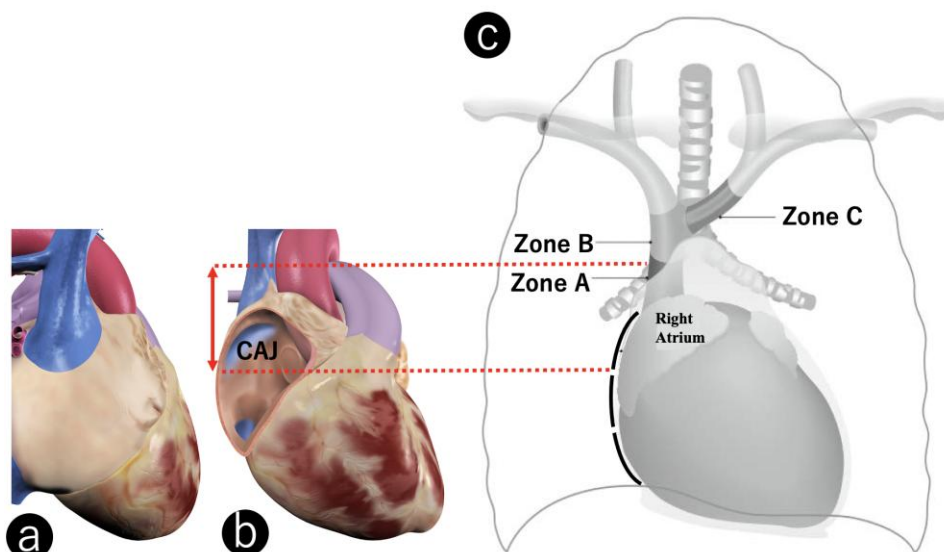


図 21 カテーテル先端位置の解剖学的・画像的対応 ([5] 図 11 改変, [62] 図 6 改変)

a : 上大静脈は右心房の側面に、なだらかに接合する。

b : 上大静脈と右心房の接合部 (Cavo-Atrial Junction : CAJ) は、縦方向に幅広く右心房内へ開口している [63]。

c : CAJ は胸部 X 線写真上では、右第 2 弓の上 1/3 に相当する [63]。このため、右第 2 弓の上 1/3 の背側は上大静脈、前方は右心房に対応する。

近年、心膜翻転部の位置を基準としてカテーテル先端を分類していた従来の Zone 分類は、心タンポナーデの発生頻度が低下したことを背景に、その臨床的意義が見直されている。近年の文献では、カテーテルの機能温存（閉塞、血栓形成、留置後の遅発性迷入の予防）を重視し、胸部 X 線写真上で右第 1 弓の下 1/3 から右第 2 弓の上 1/3（図 21b 赤矢印）に先端を位置させるという考え方が主流となっている。この新たなカテーテル先端位置に関する考え方の詳細については、Clinical Question「カテーテル先端位置の問題点」を参照されたい。

留置後の管理

輸液回路は閉鎖式回路を使用するのが望ましい [64, 65]。薬液投与前後で、接続部を 70%アルコールまたは 1%クロルヘキシジンアルコールで十分に消毒する [46]。感染リスクの高い成人患者では、クロルヘキシジン含有被覆材の使用を考慮する [65, 66]。被覆材は、汚染、剥離、湿潤などが認められた場合には速やかに交換、明らかな問題がなくとも 7 日ごとに交換する [67]。

1.7 合併症の予防および対策

中心静脈カテーテル挿入に伴う合併症の種類および発生傾向は、穿刺部位によって異なる特徴を示す（表2）[23, 68]。重要なのは、特定の穿刺部位が一律に「安全」あるいは「危険」であると結論づけるのではなく、各穿刺部位が有するリスクの性質を理解し、どの合併症を優先的に回避すべきかを症例ごとに判断することである。

表2 穿刺部位別の合併症発生率 [23, 68]

| 穿刺部位 | 穿刺難度 (挿入失敗率) | 動脈誤穿刺 | 気胸 | 深部静脈 血栓症 | カテーテル関連 血流感染 |
|-------|-----------------|-------|------|-------------|-----------------|
| 内頸静脈 | 1.2% | 1.3% | 0.2% | 0.9% | 1.4% |
| 鎖骨下静脈 | 3.6% | 1.3% | 0.8% | 0.5% | 0.5% |
| 大腿静脈 | 2.8% | 1.2% | 0% | 1.4% | 1.2% |

※挿入失敗率は合併症ではなく、穿刺の技術的難易度を示す指標として示した。各研究の対象集団および手技条件は完全には同一ではない

内頸静脈穿刺は、超音波ガイド下で高い成功率が得られる一方、動脈誤穿刺や空気塞栓といった合併症のリスクを内包している。特に不穏患者や自己抜去の可能性がある症例では、機械的合併症や空気塞栓のリスクを考慮した選択および管理が重要となる。鎖骨下静脈穿刺は、カテーテル留置後の安定性や感染率の低さが利点とされる一方、気胸や血胸といった重篤な機械的合併症が生じ得る穿刺部位である。これらの合併症は、穿刺深度や刺入角度の誤りによって発生する可能性が高く、十分なプランニングと手技熟練が不可欠である。

大腿静脈穿刺は、迅速な血管確保が可能であり、空気塞栓のリスクが低いという特徴を有する。一方で、カテーテル留置期間の延長に伴い、感染や深部静脈血栓症のリスクが増加することが知られており、早期のルート変更を前提とした使用が望ましい。

動脈誤穿刺

内頸静脈カテーテル挿入時に生じる動脈誤穿刺は、発生頻度は低いものの、重篤な転帰に至り得る合併症である。とくに太径の穿刺針やダイレータ、カテーテルが動脈内に留置された場合には、致命的合併症へ進展する危険性が高い。重症化の主なパターンは、①脳虚血、②気道狭窄、③出血性ショックの3つに大別される [2, 68]。

脳虚血は、総頸動脈あるいは椎骨動脈の誤穿刺により生じる [69, 70]。椎骨動脈は多くの場合、鎖骨下動脈から分枝するため、内頸静脈穿刺に伴う鎖骨下動脈損傷では、椎骨動脈起始部が近接する解剖学的背景から、血栓形成、動脈解離、塞栓によって椎骨動脈が巻き込まれる可能性がある。その結果、椎骨脳底動脈系の虚血や脳梗塞に至ることが報告されている [71]。気道狭窄は、穿刺部位周囲に形成された血腫が増大することで生じる。とくに頸部では、血腫の進展により上気道が圧排され、呼吸困難を呈し、急速に窒息に進展することがある [72]。また、穿刺に伴い気胸が発生し、かつ穿刺針やカテーテルが鎖骨下動脈を貫通していた場合には血気胸を来すことがある。血気胸で

は体表からの圧迫止血が困難であり、持続的な出血により出血性ショックに至る危険性が高い [73, 74]。

動脈誤穿刺を予防するためには、超音波の物理的特性を理解し、アーチファクトや描出不良といった超音波特有のピットフォールに陥らないためのトレーニングが不可欠である（後述：教育体制の構築）。加えて、穿刺には細径で適切な長さの穿刺針を選択することが重要である（図 22, 前述：使用機材）。これは、機械的合併症による組織・臓器損傷のリスク回避、および機械的合併症が起きた場合の重症度軽減に役立つ。

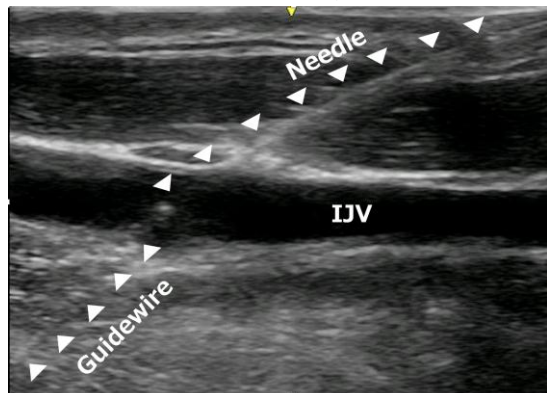


図 22 ガイドワイヤーの静脈外誤留置 ([18] 図 2 改変)

細径短針 (Needle; 22G, 34 mm) で内頸静脈 (IJV) を穿刺した際、後壁を貫通しガイドワイヤー (Guidewire) が静脈外に逸脱した超音波像 (ガイドワイヤーが静脈を直線的に横断している所見が、静脈貫通に特徴的な所見である)。短針を用いることで深部構造損傷を回避でき、ガイドワイヤー抜去および圧迫止血のみで重篤な合併症を防ぎ得た。

内頸静脈穿刺に伴う動脈内誤留置が疑われた場合、穿刺針やカテーテルを安易に抜去してはならない [75]。単純抜去および圧迫止血は、重篤な出血、脳虚血、気道閉塞などの致命的合併症を引き起こす危険性が高いことが報告されている [75-77]。どの動脈に留置されているか、また穿刺部位近傍の組織損傷の有無を画像検査などで評価した上で、対応を検討する必要がある。用手圧迫による止血が困難と判断される場合には、外科的に穿刺部位を露出して結紮止血を行う方法に加え、血管内治療 (ステント閉鎖術など) による対応が可能な場合もある [75-78]。治療方針の決定には、関係各科による合同対策チームを速やかに招集することが重要である (後述：安全管理体制の構築)。

なお、縦隔や胸腔内への誤留置が生じた場合でも、その過程で動脈誤穿刺を伴っていれば、出血による縦隔拡大、気道圧迫、あるいは血胸を来す可能性がある [2]。一方、動脈誤穿刺を伴わない場合には、輸液などを開始しない限り無症状で経過することもある [2]。しかし、大量の輸液投与を契機に症状が顕在化し、循環虚脱やショックに至ることがある [2] ため、十分な注意が必要である。

気胸

カテーテル挿入後にカテーテル先端位置を確認するために胸部写真を撮影するが、直後の胸部写真では気胸の発生を検出できないことがある [79]。経胸壁エコー (lung

ultrasound)は、胸部 X 線撮影より気胸の検出感度は高い [80]。また、遅発性に気胸が発現することもある [81]。

カテーテルの迷入

カテーテルの迷入とは、カテーテルが静脈外に逸脱して留置された状態、あるいはカテーテル先端が目的としない静脈に留置された状態を指す。

1) 静脈外への留置 (extravascular malposition)

カテーテルが静脈外に留置された場合、留置部位および損傷血管に応じて重篤な合併症を来すことがある。動脈損傷を伴い胸腔内に留置された場合には血胸を生じ、肺損傷を伴えば血気胸となり、出血性ショックへ進展する危険性が高い。

動脈損傷や気胸を伴わず胸腔内に留置された場合には、輸液が胸腔内に貯留する水胸を来し、輸液量の増加により低酸素血症を生じることがある。

また、心膜内または心膜近傍で静脈壁損傷を生じた場合には心タンポナーデを発症し [82]、少量の貯留液であっても心拡張障害により循環虚脱に至る可能性がある。

静脈外留置は挿入直後には無症状であることが多く、輸液開始後数時間から数日を経て、水胸、縦隔血腫、心タンポナーデなどとして顕在化することがある。その際、カテーテルとの関連が直ちに認識されないままカテコラミン投与や大量輸液が継続され、病態を増悪させる危険性がある [2]。

2) 目的としない静脈内への留置 (venous malposition)

カテーテル先端が本来想定していない静脈、特に細径の静脈に留置された場合には、高浸透圧輸液 (例：完全静脈栄養) や組織障害性薬剤の投与によって血管内皮障害や血管壁のびらん・穿孔を来し得る [83, 84]。さらに、その結果として輸液の血管外漏出やカテーテル先端の静脈外逸脱へ進展し、重篤な局所合併症を来す可能性がある [83, 84]。

3) 細い静脈・想定外の静脈への迷入と画像診断の限界

内頸静脈カテーテル留置では内胸静脈、心膜横隔静脈、上肋間静脈、奇静脈などの細い静脈へ迷入することがある [85, 86] (図 23)。特に右内胸静脈への迷入は、胸部 X 線正面像では上大静脈の陰影と重なりやすく、判別が困難なことが多い [85]。これらの静脈は血管径が小さいため、逆流が弱い、あるいは不良となる場合があるが、逆流の有無のみで迷入を判断することはできない [85, 86]。

奇静脈迷入では、予測される挿入長に比してカテーテルが短く留置されたように見えることが、迷入を疑う手がかりとなる場合がある [85, 87]。

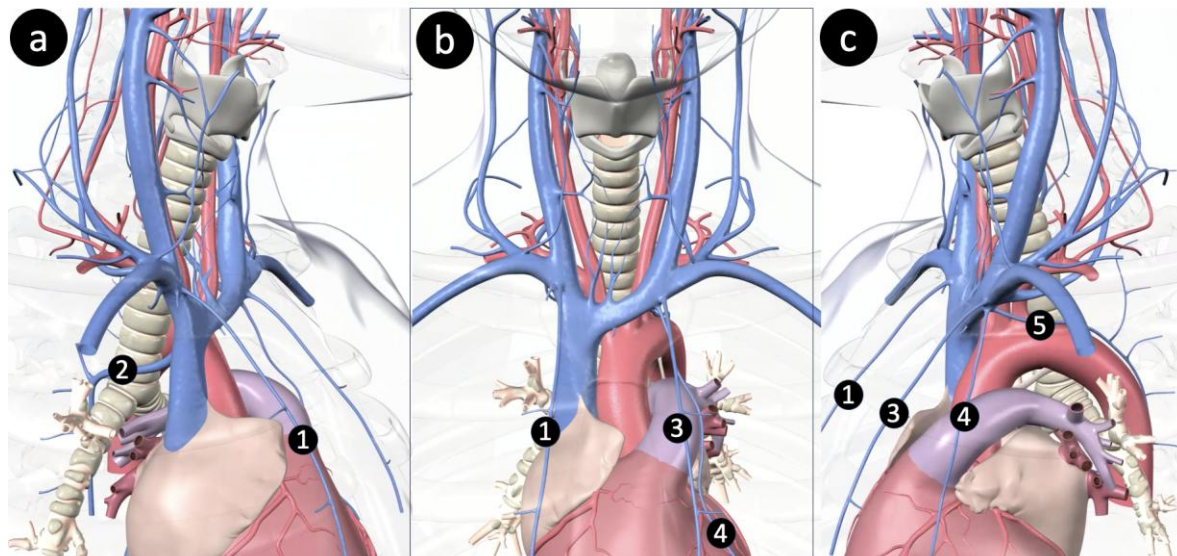


図 23 迷入する可能性のある細静脈 ([87] 図 2 を参考に作成)

a : 右前斜位 b : 正面像 c : 左前斜位

①右内胸静脈 ②奇静脈 ③左内胸静脈 ④心膜横隔静脈 ⑤左上肋間静脈

一方、大腿静脈アプローチでは上行腰静脈への迷入が問題となる。左上行腰静脈は腹部 X 線正面像で比較的判別しやすいのに対し、右上行腰静脈は下大静脈と重なって描出されるため、迷入に気づきにくい [88, 89] (図 24)。このような画像上の限界と先入観が、迷入の見逃しにつながるものが指摘されている [87]。

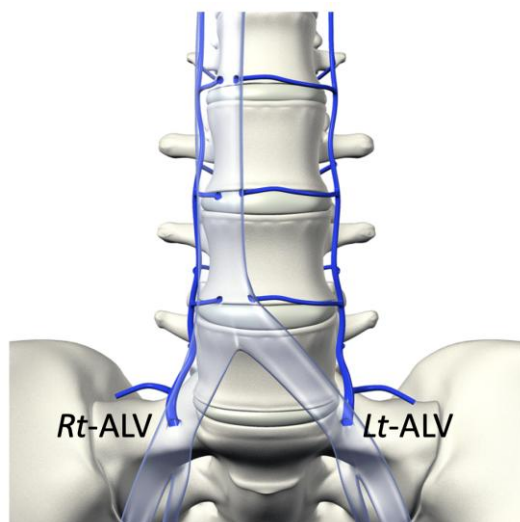


図 24 上行腰静脈 ([89] Figure 1 より改変)

左上行腰静脈 (Lt-ALV) への迷入は、左大腿静脈からの挿入で生じることが多い。上行腰静脈は椎体側方を上行するため、左上行腰静脈への迷入は、腹部 X 線画像で比較的容易に判別できる。一方、右上行腰静脈 (Rt-ALV) は右総腸骨静脈や下大静脈の陰影と部分的に重なるため、迷入に気づきにくい。

4) 迷入を疑うべき状況と対応の原則

迷入を疑うべき状況として、ガイドワイヤー挿入時の違和感や抵抗、抜去したガイドワイヤーのキンク、画像上「本来静脈が存在しないはずの部位」へのカテーテル走行、輸液開始後に説明困難な疼痛・腫脹・胸水・縦隔陰影を認める場合などが挙げられる [2, 85-89]。

逆血の確認のみで迷入を否定することはできないが、逆血が弱いという違和感を軽視しない姿勢が重要である [2, 87]。迷入が疑われる場合は、安易にカテーテルを抜去せず、X線の再読影やCTなど追加の画像評価を行うことを原則とする [87-89]。

空気塞栓症

空気塞栓は、中心静脈カテーテルの挿入時、留置中、抜去時のいずれの段階においても発生し得る、潜在的に致死的な合併症である [2, 90]。したがって、中心静脈カテーテルが存在する状況そのものを空気塞栓のリスクと捉える必要があり、本合併症は特定の操作に限局したものではなく、カテーテル管理全体に内在するリスクとして認識すべきである [2, 90]。

空気塞栓は、①静脈と体外を交通する開口部、②空気を引き込む圧較差（陰圧）、③空気流入抵抗の低下、の3条件が同時に成立したときに発生する [2, 90]。これらの条件は、患者体位、呼吸（咳・深吸気）、カテーテル径、留置期間、瘻孔形成の有無などにより刻々と変化するため、発生を事前に正確に予測することは困難である [91]。したがって、空気塞栓は「予測困難な偶発事象」ではなく、常に発生し得るものとして継続的な予防行動を要する合併症である。

空気塞栓による循環障害の重症度は、体内に流入した空気量およびその流入速度に依存する [90]。一方で、空気が動脈系へ移行した場合には、少量であっても脳障害を来し得ることが知られている [92, 93]。したがって、中心静脈カテーテル操作に関連して急激な循環・呼吸・意識状態の変化を認めた場合には、空気塞栓の可能性を常に念頭に置く必要がある [90]。

① 肺循環障害を主体とする循環抑制性ショック（図 25）

静脈内に流入した空気は右房・右室を経て肺動脈へ到達し、肺動脈末梢で血流を遮断する。その結果、肺循環障害が生じ低酸素血症を来す。さらに大量の空気が急速に流入した場合には、肺血管抵抗の上昇により右心負荷が増大し、右心不全から循環虚脱・ショックへと進展する。この病態の重症度は、主として流入空気量および流入速度に依存する [90]。

② 脳空気塞栓症

脳空気塞栓症は、静脈系に流入した空気が脳循環に到達することで発生し、その主な機序は以下の2つに大別される。

奇異性脳空気塞栓症 (paradoxical cerebral air embolism)

卵円孔開存 (patent foramen ovale: PFO) [94] や肺内シャントを介して、静脈内に流入した空気が右心系から左心系へ移行し、脳動脈を閉塞する [92, 93, 95]。

逆行性脳空気塞栓症 (retrograde cerebral air embolism)

比重の軽い空気が静脈血流に逆行して頭側へ移動し、脳静脈系に到達することで発生する [96, 97]。

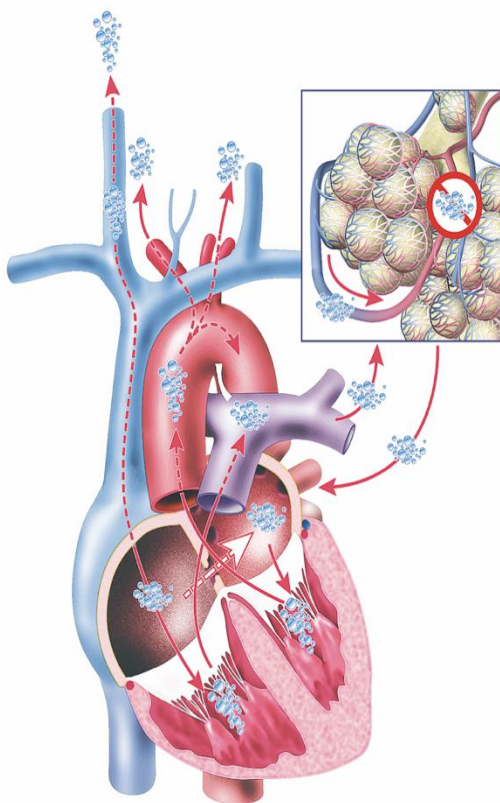


図 25 ショックと脳空気塞栓の発生機序 ([91] 図 1 転載)

空気塞栓予防の原則

- 中心静脈カテーテルが存在する状況そのものを、空気塞栓のリスクと捉える。
- 内頸・鎖骨下静脈カテーテル抜去時は、可能な限り仰臥位または頭低位とする。
- 抜去操作中および抜去直後は、静脈と体外が交通しないよう注意する。
- 抜去部位は、空気の流入を防ぐため、気密性の高い被覆材で確実に密閉する。

感染対策

カテーテル関連血流感染は、留置期間に依存して発生リスクが増加する [20, 46, 98]。したがって、カテーテルの必要性は毎日評価し、不要となった場合は速やかに抜

去する [20, 46, 98]。感染予防のみを目的とした定期的なカテーテル交換は推奨されない [20, 46, 98]。血流感染が確認された場合は、速やかにカテーテルを抜去し、原因菌に応じた適切な抗菌治療を開始する [20, 98]。発熱や局所所見などから感染が疑われる場合には、ガイドワイヤーを用いた交換は行わず、穿刺部位を変更して新規に留置する [20, 46, 98]。

1.8 教育体制の構築

中心静脈カテーテル挿入は高リスク手技 [1, 2]であり、その安全性は個人の経験ではなく教育設計に依存する [99]。中心静脈カテーテル挿入に関する教育は、以下のアウトカムを明確に設定し、これらが達成されていることを確認したうえで、臨床実践へ移行する体制とすることが望ましい。教育の有用な手立てとして、シミュレーション教育がある [100, 101]。アウトカム基盤型シミュレーション教育によって、臨床での合併症の低減が期待できる [102]。

1. 知識 (Cognitive domain) : 初学者は以下を説明できることを要件とする。
 - ・適応および代替手段を説明できる。
 - ・穿刺部位ごとの解剖学的特徴と主要な合併症リスクを理解している。
 - ・超音波ガイド下穿刺の原理・利点・限界を説明できる。
 - ・想定される合併症について、予防策および初期対応を説明できる。
2. 技能 (Psychomotor domain)
 - ・超音波を用いて、標的静脈および周囲構造を適切に描出できる。
 - ・穿刺中に、針先を超音波画面上で一貫して認識・追跡できる [102]。
 - ・血管の虚脱や位置変化を考慮し、安全な穿刺経路を選択できる。
 - ・異常所見を認識し、直ちに手技を中止または修正できる。
3. 態度・行動 (Affective / Behavioral domain)
 - ・手技前に、適応・リスク・代替案を踏まえた説明とインフォームド・コンセントを行える。
 - ・手技中・手技後に、合併症を想定した観察と確認行動を継続できる。
 - ・合併症が疑われた場合に、速やかに上級医へ報告・相談できる。
 - ・自身の技能限界を認識し、無理な単独施行を避ける判断ができる。

教育資源には限りがあり、所属施設だけでは、以上の要件を達成できない場合は、医療連携によって達成するよう努力する [2, 103]。

1.9 安全管理体制の構築

中心静脈カテーテル挿入・管理に関連する死亡事故の分析からは、初発の機械的合併症が発生してから致命的転帰に至るまでの過程において、適切な対応が行われていれば転帰を改善し得た可能性のある「可逆的な段階」が存在することが示されている [2]。したがって、安全管理体制においては、単に穿刺技術の習得を重視するだけでなく、こ

これらの段階で適切な判断と行動を確実に実行できるよう、具体的な行動指針を明示することが重要である。

1) リスク評価：患者固有のリスクと穿刺リスク（prescan）

穿刺前に、患者背景や解剖学的条件を含むリスク評価を十分に行う。リスクが高いと判断された場合には、穿刺部位や使用機材の再検討（例：CVC から PICC や midline catheter への変更）に加え、他の代替手段（例：胃瘻造設など）を含めた治療方針の見直しを検討する。

2) カテーテル誤挿入の防止

ガイドワイヤーの位置を確認し、動脈誤穿刺や静脈外（縦隔・胸腔など）への迷入が疑われる場合には、手技を中断する。ガイドワイヤーを抜去した上で、再穿刺を行うか、あるいは他の選択肢に切り替えるかを冷静に判断する。

3) 致命的合併症の予防

誤挿入が疑われる、あるいは確認された場合には、カテーテルの位置を正確に評価し、その後の対応方針についてチームで協議する。個人の判断に依存せず、組織的な意思決定を行うことが重篤化の防止につながる。

4) 遅発性合併症およびカテーテル関連血流感染の防止

カテーテル留置後も継続的な観察を行い、患者の症状変化をカテーテル留置との関連で評価する視点を常に持つ。遅発性合併症や感染徴候を早期に捉えることが重要である。

中心静脈カテーテル関連死亡事例の背景としては、責任部門の不明確さ、情報共有不足、異常時対応体制の未整備といった組織的課題が繰り返し指摘されている [2]。各医療機関は、中心静脈カテーテル挿入・抜去を管理する責任部門を明確化するとともに、標準化された手順書やチェックリストの運用、合併症発生時の初動対応および診療科連携を含む恒常的な安全管理体制を構築し、死亡に至る事象の回避を図る必要がある [2]。

動脈誤穿刺に対するチーム対応

中心静脈カテーテル挿入に伴う動脈誤穿刺や動脈内誤留置は、致命的出血や脳虚血に直結し得る重篤な機械的合併症であり、術者単独の判断で対応することには限界がある。近年、これらの事象に対しては、画一的なアルゴリズムに従うのではなく、患者安全部門を起点として麻酔科、外科系診療科、放射線科などが速やかに参集し、患者背景、損傷血管、血行動態および治療選択肢を多角的に評価する「ワークフロー型」のチーム対応が有効であると報告されている [104]。

動脈損傷に対しては血管内治療による低侵襲な修復が可能となっているが、外科的修復により血栓除去が可能な場合や、ステント留置に伴う近位分枝閉塞（例：鎖骨下動脈

修復時の椎骨動脈閉塞)を回避できる場合もある。したがって、血管内治療が常に最適とは限らず、損傷部位、解剖学的条件、全身状態および合併症リスクを踏まえた症例ごとの治療選択が重要である。

以上より、動脈誤穿刺を含む機械的合併症に対しては、関連診療科が速やかに参集し、十分な検討のうえで治療方針を決定する体制をあらかじめ整備しておくことが不可欠である。

1.10 展望

中心静脈カテーテル挿入・管理を取り巻く環境は、使用デバイス、画像診断技術、教育手法の進歩とともに今後も変化していくと考えられる。一方で、致命的合併症の多くは、技術的失敗そのものよりも、判断の遅れや不適切な対応によって重篤化することが、これまでの事故分析から明らかになっている。

本プラクティカルガイドは、すべての状況に対する最適解を提示することを目的としたものではない。むしろ、合併症が起り得る局面で、医療者が「立ち止まり、疑い、行動する」ための判断軸を示すことを目的としている。

今後も臨床現場から新たな知見や課題が提示されるであろうが、本ガイドに示した安全確保の基本原則は普遍的である。各医療機関において、本ガイドを基盤として自施設の体制や教育に即した運用がなされ、患者安全の向上につながることを期待する。

参考文献

1. Domino KB, Bowdle TA, Posner KL, Spittellie PH, Lee LA, Cheney FW. Injuries and liability related to central vascular catheters: a closed claims analysis. *Anesthesiology*. 2004; 100:1411-1418.
2. Medical Accident Investigation and Support Center, Japan Medical Safety Research Organization. Recommendations for the Prevention of Recurrence of Medical Accidents, Number 17: Analysis of Deaths Related to “Insertion/Removal of Central Venous Catheters” - Second Report (Revised Edition). Tokyo: Japan Medical Safety Research Organization; 2017. Available from: <https://www.medsafe.or.jp/teigen/teigen17english.pdf> accessed 2026 Feb 24.
3. Alambuya RN, Ali S, Apostolidis K, Beinfeld MT, Bijwe SR, Bravo P, et al. The Salzburg Statement on Shared Decision Making. *BMJ*. 2011;342:d1745.
4. Chopra V, Flanders SA, Saint S, et al. The Michigan Appropriateness Guide for Intravenous Catheters (MAGIC): results from a multispecialty panel using the RAND/UCLA appropriateness method. *Ann Intern Med*. 2015;163(6 Suppl):S1-40.
5. Safety Committee of Japanese Society of Anesthesiologists. Practical guide for safe central venous catheterization and management 2017. *J Anesth*. 2020;34:167-186.
6. Tokumine J, Nakazawa H, Morimoto Y, Yorozu T. Do not misidentify a venous valve as a venous dissection. *Radiol Case Rep*. 2023;18:1403-1405.
7. Tokumine J. Challenges in developing a training system for ultrasound-guided venipuncture (in Japanese with English abstract). *The Journal of Japan Society for Clinical Anesthesia (JJSCA)* 2010;30:785-791.
8. Tokumine J. Manual of central venous catheterization using ultrasound guidance (in Japanese). Tokyo: Sogo Igaku Sha; 2007.
9. Tokumine J, Moriyama K, Yorozu T. Influence of arm abduction on ipsilateral internal jugular vein misplacement during ultrasound-guided subclavian venous catheterization. *Crit Care Med*. 2024;52:e646-e647.
10. Pittiruti M, Biasucci DG, La Greca A, Pizza A, Scoppettuolo G. How to make the axillary vein larger? Effect of 90° abduction of the arm to facilitate ultrasound-guided axillary vein puncture. *J Crit Care*. 2016;33:38-41.
11. Ravindran C, Thiyagarajan S, Velraj J, Murugesan R. Arm position and collapsibility of infraclavicular axillary vein during voluntary breathing: An ultrasound-guided observational study. *J Vasc Access*. 2020;21:39-44.
12. Matsushima H, Tokumine J, Sugiki D, editors. Visual guide to successful central venous catheterization: understanding anatomy, mastering reliable techniques, and complication prevention. Tokyo: Yodo Sha; 2021. (in Japanese)
13. Kawagishi K, Tokumine J, Lefor AK. The Relationship of the Subclavius Muscle with Relevance to Venous Cannulation below the Clavicle. *Anesthesiol Res Pract*. 2016;2016:6249483.
14. Magney J. E., Flynn D. M., Parsons J. A., et al. Anatomical mechanisms explaining damage to pacemaker leads, defibrillator leads, and failure of central venous catheters adjacent to the sternoclavicular joint. *Pacing and Clinical Electrophysiology*. 1993;16(3, part 1):445-57.

15. Krutchen A. E., Bjarnason H., Stackhouse D. J., Nazarian G. K., Magney J. E., Hunter D. W. The mechanisms of positional dysfunction of subclavian venous catheters. *Radiology*. 1996;200(1):159-63.
16. Tokumine J, Sekiguchi T, Yasutani T. Femoral vein puncture from an anatomical perspective (supplementary lecture on central venous catheterization) (in Japanese). *LiSA*. 2011;18(8):834-838.
17. Randall C, Schmeiser E, Fiers E, Little A, Dogbey G, Richardson G. Ultrasound investigation of leg position to enhance femoral vein exposure for cannulation. *J Emerg Med*. 2014;47(2):176-81.
18. Tokumine J, Suzuki T. Perspectives and considerations on the safety of central venous catheter devices (in Japanese with English abstract). *Rinsho Masui*. 2024;48:375-83.
19. Schummer W, Köditz JA, Schelenz C, Reinhart K, Sakka SG. Pre-procedure ultrasound increases the success and safety of central venous catheterization. *Br J Anaesth*. 2014;113:122-9.
20. CDC Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infection, 2011, <https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/intravascular-catheter-related-infection/index.html>
21. Marik PE, Flemmer M, Harrison W. The risk of catheter-related bloodstream infection with femoral venous catheters as compared to subclavian and internal jugular venous catheters: a systematic review of the literature and meta-analysis. *Crit Care Med*. 2012;40:2479-85.
22. Lipshutz AK, Gropper MA. Central venous catheters: follow the evidence, not the guidelines. *Crit Care Med*. 2012;40(8):2528-9.
23. Parienti JJ, Mongardon N, Mégarbane B, Mira JP, Kalfon P, Gros A, Marqué S, Thuong M, Pottier V, Ramakers M, Savary B, Seguin A, Valette X, Terzi N, Sauneuf B, Cattoir V, Mermel LA, du Cheyron D; 3SITES Study Group. Intravascular Complications of Central Venous Catheterization by Insertion Site. *N Engl J Med*. 2015;24:373:1220-9.
24. Mansfield PF, Hohn DC, Fornage BD, Gregurich MA, Ota DM. Complications and failures of subclavian-vein catheterization. *N Engl J Med*. 1994;331:1735-8.
25. Hatfield A, Bodenham A. Portable ultrasound for difficult central venous access. *Br J Anaesth*. 1999;82:822-6.
26. Brederlau J, Greim C, Schwemmer U, Haunschmid B, Markus C, Roewer N. Ultrasound-guided cannulation of the internal jugular vein in critically ill patients positioned in 30 degrees dorsal elevation. *Eur J Anaesthesiol*. 2004;21:684-7.
27. Frykholm P, Pikwer A, Hammarskjöld F, Larsson AT, Lindgren S, Lindwall R, Taxbro K, Oberg F, Acosta S, Akesson J: Clinical guidelines on central venous catheterisation. Swedish Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2014; 58: 508-24.
28. Patel IJ, Rahim S, Davidson JC, Hanks SE, Tam AL, Walker TG, Wilkins LR, Sarode R, Weinberg I. Society of Interventional Radiology Consensus Guidelines for the Periprocedural Management of Thrombotic and Bleeding Risk in Patients Undergoing Percutaneous Image-Guided Interventions-Part II: Recommendations: Endorsed by the Canadian Association for Interventional Radiology and the Cardiovascular and

- Interventional Radiological Society of Europe. *J Vasc Interv Radiol*. 2019;30(8):1168-1184. e1.
29. Mallory DL, Shawker T, Evans RG, McGee WT, Brenner M, Parker M. Effects of clinical maneuvers on sonographically determined internal jugular vein size during venous cannulation. *Crit Care Med* 1990;18:1269-73.
 30. Tokumine J, Nitta K, Teruya K, Higa T, Miyata Y, Sugahara K. Ultrasound-Guided Internal Jugular Venipuncture by Short-Axis Approach in 203 Cases at the University of the Ryukyus Hospital (in Japanese with English abstract). *The Journal of Japan Society for Clinical Anesthesia (JJSCA)*. 2008;28:439-46.
 31. Kawano M, Yoshimine K. Ultrasound observation of the subclavian vein: changes in the diameter with the head tilted down. *J Anesth*. 2007;21:448.
 32. Bellazzini MA, Rankin PM, Gangnon RE, Bjoernsen LP. Ultrasound validation of maneuvers to increase internal jugular vein cross-sectional area and decrease compressibility. *Am J Emerg Med*. 2009;27:454-9.
 33. Hollenbeck KJ, Vander Schuur BM, Tulis MR, Mecklenburg BW, Gacomet CP, Wallace SC, Lujan E, Lesnik IK. Brief report: effects of positive end-expiratory pressure on internal jugular vein cross-sectional area in anesthetized adults. *Anesth Analg*. 2010;110:1669-1673.
 34. Downey LA, Blaine KP, Sliwa J, Macario A, Brock-Utne J. Positive end-expiratory pressure to increase internal jugular vein size is poorly tolerated in obese anesthetized adults. *Anesth Analg*. 2014;119:619-21.
 35. Stone MB, Price DD, Anderson BS. Ultrasonographic investigation of the effect of reverse Trendelenburg on the cross-sectional area of the femoral vein. *J Emerg Med*. 2006;30:211-3.
 36. Chayapinun V, Koratala A, Assavapokee T. Seeing beneath the surface: Harnessing point-of-care ultrasound for internal jugular vein evaluation. *World J Cardiol*. 2024;16(2):73-79.
 37. Sulek CA, Gravenstein N, Blackshear RH, Weiss L. Head rotation during internal jugular vein cannulation and the risk of carotid artery puncture. *Anesth Analg*. 1996;82:125-8.
 38. Berenholtz SM, Pronovost PJ, Lipsett PA, Hobson D, Earsing K, Farley JE, Milanovich S, Garrett-Mayer E, Winters BD, Rubin HR, Dorman T, Perl TM: Eliminating catheter-related bloodstream infections in the intensive care unit. *Crit Care Med* 2004; 32: 2014-20.
 39. Raad, II, Hohn DC, Gilbreath BJ, Suleiman N, Hill LA, Brusco PA, Marts K, Mansfield PF, Bodey GP. Prevention of central venous catheter-related infections by using maximal sterile barrier precautions during insertion. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 1994;15(4 Pt 1):231-8.
 40. Pronovost P, Needham D, Berenholtz S, Sinopoli D, Chu H, Cosgrove S, Sexton B, Hyzy R, Welsh R, Roth G, Bander J, Kepros J, Goeschel C: An intervention to decrease catheter-related bloodstream infections in the ICU. *N Engl J Med* 2006; 355: 2725-32.
 41. Higuera F, Rosenthal VD, Duarte P, Ruiz J, Franco G, Safdar N: The effect of process control on the incidence of central venous catheter-associated bloodstream infections and mortality in intensive care units in Mexico. *Crit Care Med* 2005; 33: 2022-7.
 42. Miller MR, Griswold M, Harris JM, 2nd, Yenokyan G, Huskins WC, Moss M, Rice TB, Ridling D, Campbell D, Margolis P, Muething S, Brilli RJ: Decreasing PICU catheter-associated

- bloodstream infections: NACHRT's quality transformation efforts. *Pediatrics* 2010; 125: 206-13.
43. Lee DH, Jung KY, Choi YH. Use of maximal sterile barrier precautions and/or antimicrobial-coated catheters to reduce the risk of central venous catheter-related bloodstream infection. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2008;29(10):947-50.
 44. American Society of Anesthesiologists Task Force on Central Venous Access, Rupp SM, Apfelbaum JL, Blitt C, Caplan RA, Connis RT, Domino KB, Fleisher LA, Grant S, Mark JB, Morray JP, Nickinovich DG, Tung A. Practice guidelines for central venous access: a report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Central Venous Access. *Anesthesiology.* 2012;116:539-73.
 45. Masuyama T, Yasuda H, Sanui M, Lefor AK. Effect of skin antiseptic solutions on the incidence of catheter-related bloodstream infection: a systematic review and network meta-analysis. *J Hosp Infect.* 2021;110:156-64.
 46. Buetti N, Marschall J, Drees M, Fakih MG, Hadaway L, Maragakis LL, Monsees E, Novosad S, O'Grady NP, Rupp ME, Wolf J, Yokoe D, Mermel LA. Strategies to prevent central line-associated bloodstream infections in acute-care hospitals: 2022 Update. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2022;43(5):553-69.
 47. Brass P, Hellmich M, Kolodziej L, Schick G, Smith AF. Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for internal jugular vein catheterization. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;1(1):CD006962.
 48. Brass P, Hellmich M, Kolodziej L, Schick G, Smith AF. Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for subclavian or femoral vein catheterization. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;1(1):CD011447.
 49. Troianos CA, Hartman GS, Glas KE, Skubas NJ, Eberhardt RT, Walker JD, Reeves ST; Councils on Intraoperative Echocardiography and Vascular Ultrasound of the American Society of Echocardiography; Society of Cardiovascular Anesthesiologists. Special articles: guidelines for performing ultrasound guided vascular cannulation: recommendations of the American Society of Echocardiography and the Society Of Cardiovascular Anesthesiologists. *Anesth Analg.* 2012;114:46-72.
 50. Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, Blaiwas M, Augoustides JG, Elbarbary M, Pirotte T, Karakitsos D, Ledonne J, Doniger S, Scoppettuolo G, Feller-Kopman D, Schummer W, Biffi R, Desruennes E, Melniker LA, Verghese ST. International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access. *Intensive Care Med.* 2012;38:1105-17.
 51. Saugel B, Scheeren TWL, Teboul JL. Ultrasound-guided central venous catheter placement: a structured review and recommendations for clinical practice. *Crit Care.* 2017;21(1):225.
 52. Vegas A, Wells B, Braum P, Denault A, Miller Hance WC, Kaufman C, Patel MB, Salvatori M. Guidelines for performing ultrasound-guided vascular cannulation: recommendations of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2025;38(2):57-91.
 53. Watanabe K, Tokumine J, Lefor AK, Motoyasu A, Moriyama K, Yoroza T. A shallow angle short-axis out-of-plane approach reduces the rate of posterior wall injuries in central venous catheterization: a simulation study. *Biomed Res Int.* 2018;2018:4793174.
 54. Tokumine J, Higa T, Nitta K, Teruya K, Fuchigami T, Sugahara K. Ultrasound guidance

facilitates arterial catheterization (in Japanese with English abstract). *Masui*. 2009;58(4):488-92.

55. Clemmesen L, Knudsen L, Sloth E, Bendtsen T. Dynamic needle tip positioning - ultrasound guidance for peripheral vascular access. A randomized, controlled and blinded study in phantoms performed by ultrasound novices. *Ultraschall Med*. 2012;33(7):E321-E325.
56. Tokumine J, Lefor AT, Yonei A, Kagaya A, Iwasaki K, Fukuda Y. Three-step method for ultrasound-guided central vein catheterization. *Br J Anaesth*. 2013;110:368-73.
57. Lee TY, Sung CS, Chu YC, Liou JT, Lui PW. Incidence and risk factors of guidewire-induced arrhythmia during internal jugular venous catheterization: comparison of marked and plain J-wires. *J Clin Anesth*. 1996;8(5):348-51.
58. Wakabayashi R. Availability of ultrasound imaging of a guidewire parallel to the vein during internal jugular central venous catheter placement. *Sci Rep*. 2021;11(1):24280.
59. Oropello JM, Leibowitz AB, Manasia A, Del Guidice R, Benjamin E. Dilator-associated complications of central vein catheter insertion: possible mechanisms of injury and suggestions for prevention. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1996;10(5):634-7.
60. Collier PE. Prevention and treatment of dilator injuries during central venous catheter placement. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2019;7(6):789-792.
61. Walshe C, Phelan D, Bourke J, Buggy D. Vascular erosion by central venous catheters used for total parenteral nutrition. *Intensive Care Med*. 2007;33(3):534-7.
62. Tokumine J, Nakazawa H, Moriyama K. Understanding and preventing three hazardous zones during placement of hemodialysis catheters via the left internal jugular vein (in Japanese). *LiSA*. 2026;33(2):111-7.
63. Baskin KM, Jimenez RM, Cahill AM, Jawad AF, Towbin RB. Cavoatrial junction and central venous anatomy: implications for central venous access tip position. *J Vasc Interv Radiol*. 2008;19(3):359-65.
64. Rosenthal VD, Maki DG. Prospective study of the impact of open and closed infusion systems on rates of central venous catheter-associated bacteremia. *Am J Infect Control*. 2004;32(3):135-41.
65. Rosenthal VD, Udawadia FE, Kumar S, Poojary A, Sankar R, Orellano PW, Durgad S, Thulasiraman M, Bahirune S, Kumbhar S, Patil P. Clinical impact and cost-effectiveness of split-septum and single-use prefilled flushing device vs 3-way stopcock on central line-associated bloodstream infection rates in India: a randomized clinical trial conducted by the International Nosocomial Infection Control Consortium (INICC). *Am J Infect Control*. 2015;43(10):1040-5.
66. Puig-Asensio M, Marra AR, Childs CA, Kukla ME, Perencevich EN, Schweizer ML. Effectiveness of chlorhexidine dressings to prevent catheter-related bloodstream infections. Does one size fit all? A systematic literature review and meta-analysis. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2020;41(12):1388-95.
67. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections. Updated recommendations on the use of chlorhexidine-impregnated dressings for intravascular catheters. Atlanta: CDC; 2017. Available from: <https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/c-i->

[dressings/summary-recommendations.html](#)

68. Teja B, Bosch NA, Diep C, Pereira TV, Mauricio P, Sklar MC, Sankar A, Wijesundera HC, Saskin R, Walkey A, Wijesundera DN, Wunsch H. Complication Rates of Central Venous Catheters: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Intern Med.* 2024;184(5):474-82.
69. Guilbert MC, Elkouri S, Bracco D, Corriveau MM, Beaudoin N, Dubois MJ, Bruneau L, Blair JF. Arterial trauma during central venous catheter insertion: Case series, review and proposed algorithm. *J Vasc Surg.* 2008;48(4):918-25.
70. Sloan MA, Mueller JD, Adelman LS, Caplan LR. Fatal brainstem stroke following internal jugular vein catheterization. *Neurology.* 1991;41(7):1092-5.
71. Kim JH, Kim YJ, Jang JS, Hwang SM. Endovascular repair of subclavian artery injury secondary to internal jugular vein catheterization: case report. *Braz J Anesthesiol.* 2019;69(4):413-16.
72. Williams A, Mathai AS, Bhatia G, Abraham J. Fatal airway obstruction following arterial trauma during internal jugular venous cannulation. *Indian J Crit Care Med.* 2010;14(4):202-4.
73. Lee DJ, Yun JC, Choi HR, Im UJ, Woo SH. Subclavian artery perforation and hemothorax after right internal jugular vein catheterization. *Korean J Anesthesiol.* 2013;64(6):558-9.
74. Tokue H, Tsushima Y, Morita H, Endo K. Successful interventional management for subclavian artery injury secondary to internal jugular catheterization: a report of two cases. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2009;32(6):1268-71.
75. Dornbos DL 3rd, Nimjee SM, Smith TP. Inadvertent Arterial Placement of Central Venous Catheters: Systematic Review and Guidelines for Treatment. *J Vasc Interv Radiol.* 2019;30(11):1785-1794.
76. Wang L, Bai J, Jin J, Zhi K, Nie S, Qu L. Treatment of inadvertent cervical arterial catheterization: Single-center experience. *Vascular.* 2023;31(4):791-798.
77. Papastratigakis G, Marouli D, Proklou A, Nasis N, Kondili E, Kehagias E. Management of Inadvertent Arterial Catheterization during Central Venous Catheter Placement: A Case Series. *J Pers Med.* 2022;12(9):1537.
78. Kohyama T, Fujimaki K, Sasamori H, Tokumine J, Moriyama K, Yorozu T. Inadvertent catheter misplacement into the subclavian artery during ultrasound-guided internal jugular venous catheterization: a case report. *JA Clin Rep.* 2023;9(1):58.
79. Cronen MC, Cronen PW, Arino P, Ellis K. Delayed pneumothorax after subclavian vein catheterization and positive pressure ventilation. *Br J Anaesth.* 1991;67(4):480-2.
80. Alrajab S, Youssef AM, Akkus NI, Caldito G. Pleural ultrasonography versus chest radiography for the diagnosis of pneumothorax: review of the literature and meta-analysis. *Crit Care.* 2013;17(5):R208.
81. Lee SH, Lee JW, Sohn JT, Lee HM, Shin IW, Lee HK, Chung YK. Delayed tension pneumothorax detected 4 days after central venous catheterization: a case report. *Korean J Anesthesiol.* 2008;54(3):S59-S61.
82. Messina Alvarez AA, Bilal MA, Manasrah N, Chaudhary A. Iatrogenic Cardiac Tamponade Secondary to Central Venous Catheter Placement: A Literature Review. *Cureus.* 2023;15(4):e37695.
83. Roldan CJ, Paniagua L. Central Venous Catheter Intravascular Malpositioning: Causes,

- Prevention, Diagnosis, and Correction. *West J Emerg Med.* 2015;16(5):658-64.
84. Duntley P, Siever J, Korwes ML, Harpel K, Heffner JE. Vascular erosion by central venous catheters. Clinical features and outcome. *Chest.* 1992;101(6):1633-8.
 85. Wechsler RJ, Byrne KJ, Steiner RM. The misplaced thoracic venous catheter: detailed anatomical consideration. *Crit Rev Diagn Imaging.* 1984;21(4):289-305.
 86. Oakes DD, Wilson RE. Malposition of a subclavian line. Resultant pleural effusions, interstitial pulmonary edema, and chest wall abscess during total parenteral nutrition. *JAMA.* 1975;233(6):532-3.
 87. Tokumine J, Matsushima H, Nakatsuchi E. Confirmation of central venous catheter position: a labyrinth and a magic wand (in Japanese). *LiSA.* 2023;30(10):1069-75.
 88. Zhang X, Chen H, Feng L, Cai Y, Yin W, Hu X, Liu C. Central venous catheters misplaced in paraspinal veins: A systematic literature review based on case reports. *Nurs Crit Care.* 2021;26(4):262-73.
 89. Tokumine J, Moriyama K, Yorozu T. Clues for diagnosing misplaced central venous catheter in the right ascending lumbar vein during right femoral venous access. *World J Clin Cases.* 2024;12(24):5473-5.
 90. Mirski MA, Lele AV, Fitzsimmons L, Toung TJ. Diagnosis and treatment of vascular air embolism. *Anesthesiology.* 2007;106(1):164-77.
 91. Tokumine J, Hakone M, Tsuji D. Central venous catheter-related air embolism: mechanism, prediction, prevention, and management (in Japanese). *LiSA.* 2021;28(Suppl):193-7.
 92. Eichhorn V, Bender A, Reuter DA. Paradoxical air embolism from a central venous catheter. *Br J Anaesth.* 2009;102(5):717-8.
 93. Khan H, Zaidi A. Paradoxical air embolism following central venous catheter removal. *BMJ Case Rep.* 2013;2013:bcr2013200630.
 94. Hara H, Virmani R, Ladich E, Mackey-Bojack S, Titus J, Reisman M, Gray W, Nakamura M, Mooney M, Poulouse A, Schwartz RS. Patent foramen ovale: current pathology, pathophysiology, and clinical status. *J Am Coll Cardiol.* 2005;46(9):1768-76.
 95. Han SS, Kim SS, Hong HP, Lee SY, Lee SJ, Lee BK. Massive paradoxical air embolism in brain occurring after central venous catheterization: a case report. *J Korean Med Sci.* 2010;25(10):1536-8.
 96. Fracasso T, Karger B, Schmidt PF, Reinbold WD, Pfeiffer H. Retrograde venous cerebral air embolism from disconnected central venous catheter: an experimental model. *J Forensic Sci.* 2011;56 Suppl 1:S101-4.
 97. Bothma PA, Schlimp CJ. II. Retrograde cerebral venous gas embolism: are we missing too many cases? *Br J Anaesth.* 2014;112(3):401-4.
 98. O'Grady NP, Alexander M, Burns LA, Dellinger EP, Garland J, Heard SO, Lipsett PA, Masur H, Mermel LA, Pearson ML, Raad II, Randolph AG, Rupp ME, Saint S; Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. *Clin Infect Dis.* 2011;52(9):e162-93.
 99. Moureau N, Lamperti M, Kelly LJ, Dawson R, Elbarbary M, van Boxtel AJ, Pittiruti M: Evidence-based consensus on the insertion of central venous access devices: definition of minimal requirements for training. *Br J Anaesth.* 2013;110(3):347-56.
 100. Okano H, Mayumi T, Kataoka Y, Banno M, Tsujimoto Y, Shiroshita A, Taito S,

- Tokumine J. Outcomes of Simulation-Based Education for Vascular Access: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*. 2021;13(8):e17188.
101. Peltan ID, Shiga T, Gordon JA, Currier PF: Simulation Improves Procedural Protocol Adherence During Central Venous Catheter Placement: A Randomized Controlled Trial. *Simul Healthc*. 2015; 10:270-6.
102. Tokumine J, Yorozu T, Moriyama K, Suzuki T, Okada C. Outcome-based simulation training for ultrasound-guided central venous catheter placement: clinical impact on preventing mechanical complications. *BMC Med Educ*. 2025 Jan 28;25(1):131.
103. Saijo F, Arata Y, Akazawa N, Oguro S, Konno D, Sato A, Sato K, Sawada K, Tanaka R, Mitamura A, Miyasaka N, Mutoh M, Muroya Y, Tsujinaka S, Omata K, Tamagake N, Yokokawa Y, Aoki T, Toyama S, Egawa S. Evaluation of a novel standardized education program for centrally inserted central catheters insertion in a region of Japan. *J Vasc Access*. 2025:11297298251371750.
104. Tokumine J, Fujimaki K, Moriyama K, Yorozu T. J Workflow for treating inadvertent arterial placement of the central venous catheter. *Geriatr Cardiol*. 2024;21(11):1096-1098.

第2章 小児の中心静脈カテーテル挿入・管理

2.1 小児における中心静脈カテーテル留置の特徴

- ・小児における中心静脈カテーテル挿入では、成人と比較して周囲構造物との解剖学的距離が短く、血管径も小さいうえ、血管間の位置関係にばらつきが大きい。このため、同一の手技であっても成人より合併症リスクが高くなる可能性があることを理解しておく必要がある。
- ・右内頸静脈は、一般に右総頸動脈の外側前方に位置することが多い。しかし、その位置関係は一定ではなく、直上 (3.2%)、外側並列 (3.2%)、外側後方 (1.4%) などの位置異常が報告されている [1] (図1)。すなわち、小児では内頸静脈と総頸動脈の相対的位置関係が多様であり、成人以上に個体差が大きい。

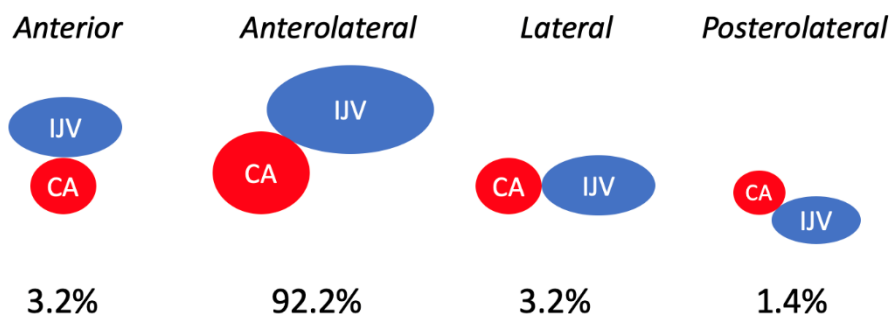


図 25 右内頸静脈と右総頸動脈との位置関係 ([1] Fig 1 より改変)

- ・このため、解剖学的ランドマークのみに依存した穿刺は危険である。椎骨動脈は内頸静脈の内側後方を走行しており、小児では両者の距離が近いため誤穿刺のリスクが高い [2]。さらに、小児では頸部の可動域が大きく、過度な頸部回旋により針先が椎間孔を介して脊柱管内へ迷入する可能性がある [3]。新生児における硬膜外腔内迷入例も報告されており [4]、頭頸部の過度な回旋は避けるべきである。
- ・カテーテルサイズは、患者の体格および必要なルーメン数を考慮して選択する。血栓形成予防の観点から、カテーテル外径が静脈径の 1/3 を超えないことが望ましいとされている [5, 6]。例えばダブルルーメンカテーテルでは最小径のものでも外径が約 1.35 mm であるため、血管径が 4 mm 以下の場合には、血栓形成リスクが相対的に高くなる可能性があり、適応やデバイス選択には注意が必要である。
- ・カテーテル挿入時の体位は、穿刺の成功率と安全性の双方に影響する重要な要素である。特に体格の小さい小児では、穿刺操作に必要な操作スペースを確保することを優先して体位を調整する必要がある。例えば、頸部下に枕を入れる、あるいはテープを用いて頸部を軽度進展させることで、穿刺操作スペースを確保することができる (skin traction method [7] と呼ばれる)。この skin traction method は、単に穿刺操作スペースを確保するだけでなく、血管虚脱の予防にも寄与する。小児では静脈

径が小さいため、超音波プローブの圧迫や穿刺針の接触により静脈内腔が容易に虚脱する。Skin traction method では、下顎部や鎖骨上部など穿刺部位周囲の皮膚をテープで牽引・固定し、皮膚の緊張を保つことで、手技中の内頸静脈圧排を軽減できると報告されている [8, 9]。

- 血管の潰れ防止には細い針の使用や血管内圧の上昇（頭低位・バルサルバ・PEEP）が一般的である。2～3歳以下の小児は生理的に右季肋部に1-2 cm程度触れる肝臓を愛護的に圧迫することにより、静脈径が太くなり、血圧も上昇する [10]。
- カテーテル挿入手技は、リアルタイム超音波ガイド法（real-time ultrasound-guided technique）を標準手技とする [11]。プローブは高周波リニアプローブを基本とし、フットプリント（接触面 footprint）が小さいプローブは狭い穿刺操作スペースでも操作性に優れるため有用である。なお、これにはホッケースティック型に限らず、小型フットプリントのリニアプローブ全般が含まれる。

2. 2 標的静脈とリアルタイム超音波ガイド法

本章では、リアルタイム超音波ガイド法を用いた代表的な穿刺法として、①内頸静脈カテーテル留置の短軸交差法、②内頸静脈カテーテル留置の長軸平行法、③腕頭静脈カテーテル留置の鎖骨上アプローチについて述べる。

将来的に Glenn/Fontan 循環を予定している症例では、上半身静脈の血栓や閉塞が長期予後に影響し得るため、穿刺部位の選択には特に慎重な判断が求められる（特に新生児、低出生体重児）。

① 内頸静脈カテーテル留置の短軸交差法（short-axis out-of-plane technique）

小児における内頸静脈の短軸交差法は、成人と比較して静脈径が小さく、穿刺操作スペースも限られるため、手技の難易度が高い。

一方で、本法には以下のような利点がある。

- 内頸静脈の中心に針の進行方向を合わせやすい
- 内頸静脈と周囲構造物との位置関係を把握しやすい

しかし、欠点として、超音波プローブや穿刺針による圧迫により、細い静脈が容易に虚脱する点が挙げられる。これに対しては、以下のような工夫が有効である。

- 細径針の使用により、針先による静脈前壁の牽引（tenting）を軽減する
- 頭低位や人工呼吸設定の調整（PEEP 付加など）により静脈内圧を上昇させる
- 皮膚牽引（skin traction method）を行い、静脈の虚脱を抑制するとともに、穿刺時の皮膚のたわみを減らし、針の皮下刺入を容易にする [7-9]。Skin traction method の欠点として皮膚への負担が挙げられるが、牽引の強さに注意すれば、臨床上重大な問題となることは少ない。
- 本法では、カテーテル固定後に頸部の向きによってカテーテルが屈曲し、輸液速度が不安定になりやすいという問題もある。そのため、穿刺手技のみならず、術後管理を見据えたカテーテル固定方法を選択することが重要である。

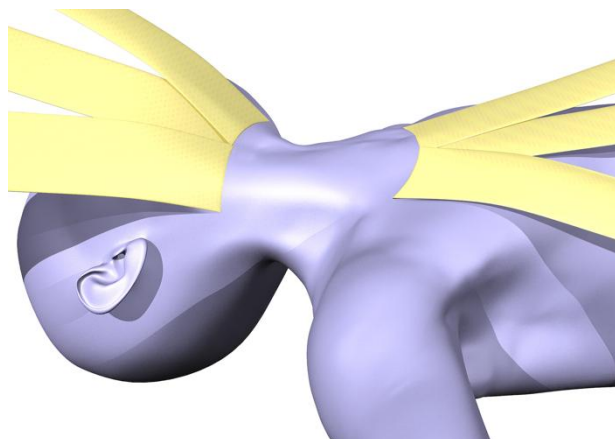


図 26 Skin traction method ([7], Figure 1 より改変)

テープにより皮膚を頭側および尾側へ牽引し、血管周囲組織に持続的な張力を与える。この張力により組織が展開され、内頸静脈の虚脱を防ぎ、穿刺時の視認性および安定性を向上させる。

カテーテル挿入手技の実際

1) 準備・穿刺前

- ・小児では血管径が細く、穿刺操作に伴う血管損傷や虚脱のリスクが高い。このため、穿刺針は金属針ではなく、外筒針（プラスチックカニューラの外筒針：catheter-over the needle）を使用することが望ましい。金属針を用いた場合、ガイドワイヤー挿入時に針先が血管後壁や側壁を貫通し、血管外へ逸脱する可能性があるため注意が必要である。
- ・低体重児では、血液逆流確認時に過度な陰圧がかかることを避けるため、成人より小容量の注射器（2.5 ml のシリンジなど）を使用する。
- ・また、超音波ガイド下穿刺であるため、試験穿刺は行わない。試験穿刺による血腫形成は、その後の穿刺を困難にし、血管閉塞のリスクを高める。

2) 穿刺操作中

- ・穿刺針による圧迫により血管内腔が虚脱し、前壁と後壁が接触すると、静脈内に針先が到達していても血液逆流を認めないことがある。このような場合、針をわずかに引き抜くことで血管内腔が再開通し、逆流が得られることがあるため、針先の位置を慎重に調整する。

3) ガイドワイヤー挿入時

- ・小児では体格が小さいため、成人と同様の深さまでガイドワイヤーを進めることは危険であり、避けるべきである。特に新生児や乳児では、心房・心室壁が薄く、ガイドワイヤー、ダイレータ、あるいはカテーテルによって心壁を容易に穿孔する可能性がある。この結果として生じる心タンポナーデは、致命的となり得る重篤な機械的合併症である。穿孔の好発部位は右房および右室であり、小児ではJ型ガイドワイヤーであっても穿孔が起こり得ることに留意する必要がある。さらに、ガイドワイヤーによる穿孔では、症状が直ちに出現しない場合があり、カテーテル留置終

了直後では胸部 X 線のみで診断することが困難なことも少なくない。したがって、カテーテル留置中または留置後に血圧低下などの循環動態の変化を認めた場合には、速やかに心エコー検査を行い、心タンポナーデの有無を評価することが重要である [12]。

- ・一方で、ガイドワイヤーが浅すぎると血管外へ逸脱するリスクもあるため、過度に浅い留置も避ける必要がある。実臨床では、経験的に新生児においては 5 cm では浅すぎ、10 cm では深すぎることが多く、患児の体格や穿刺部位に応じて適切な挿入長を慎重に判断することが求められる。
- ・穿刺針先端が静脈内に確実に位置しているにもかかわらず、血管径が小さくガイドワイヤーの挿入が困難な場合には、親水性モノフィラメントガイドワイヤーの使用を考慮する。ただし、金属針を介して親水性モノフィラメントガイドワイヤーを出し入れするとガイドワイヤーが破断するリスクがあるため、カニューラを介して挿入する。

4) ガイドワイヤーの位置確認

- ・チアノーゼ性心疾患患者では、血液の色調による動脈血と静脈血の判別が困難である。そのため、短軸像および長軸像の両方で、ガイドワイヤーが静脈内にあることを超音波で確認する。
- ・超音波のみで判断できない場合には、ガイドワイヤーを通して静脈留置針のプラスチックカニューラ外筒を留置し圧を確認する方法や、圧トランスデューサーに接続して確認する方法が有用である [13]。

5) ダイレータの挿入

- ・ガイドワイヤーが静脈内に留置されていると確信できない限り、ダイレータを使用してはならない。

6) カテーテルの挿入と位置確認

- ・カテーテルの挿入長は、カテーテル機能不全や機械的合併症を防ぐうえで重要な要素である。カテーテル先端位置については、①心タンポナーデ予防を目的として心膜反転部より頭側に留置する考え方や、②上大静脈—右心房接合部付近に留置する考え方の二つが存在する。
- ・しかし小児では、成人に比べて心タンポナーデのリスクが相対的に高く、またその影響が顕著になるため、その予防がより重要視される。そのため本ガイドでは、胸部 X 線画像において心膜反転部の目安として広く用いられている気管分岐部より頭側にカテーテル先端を留置することを目標とする [14-19]。
- ・理想的なカテーテル留置長を得るため、これまでに各種ランドマーク法 [20, 21] や計算式 [18, 22, 23] が提案されてきた。一方、経食道心エコー [18, 24, 25]、血管内心電図法 [23, 26-28]、CT [22] などの先端位置確認法は、すべての症例や施設で利用できるわけではない。
- ・これらの制約を踏まえ、リアルタイム超音波ガイド下右内頸静脈穿刺法および左右腕頭静脈鎖骨上アプローチにおいて、患者身長に対する割合 (%) を用いてカテーテル留置長を決定する方法が提案されている (表 1) [29]。

表3 カテーテル留置長の予測

| 身長 (cm) | 患者身長に対する割合 (%) | | |
|---------|----------------|-------------------|-------|
| | 右内頸静脈 短軸交差法 | 右腕頭静脈 鎖骨上アプローチ | 左腕頭静脈 |
| <59 | 11 % | 9 % | 11 % |
| 60-69 | 10 % | 8 % | 10 % |
| 70-79 | 9 % | 8 % | 10 % |
| 80-89 | 8.5 % | 7.8 % | 9.5 % |
| 90-99 | 8.5 % | 6 % | 9 % |
| 100-109 | 8.3 % | 6 % | 9 % |
| 110-119 | 8 % | 5.8 % | 8.5 % |
| 120-129 | 7.8 % | 5.8 % | 8 % |
| 130-139 | 7.8 % | 5.8 % | 7.8 % |
| 140 < | 7.8 % | 5.8 % | 7.8 % |

- ・右内頸静脈短軸交差法と左腕頭静脈鎖骨上アプローチでは、必要なカテーテル留置長はほぼ同等である。一方、右腕頭静脈鎖骨上アプローチでは、これらと比較して有意に短い留置長となることが報告されている [29]。
- ・左側から挿入したカテーテルでは、先端が上大静脈壁と平行に留置できない場合があり、その際には遅発性穿孔が生じることがある。これを避けるため、カテーテル先端を左腕頭静脈内まで引き戻して留置することも選択肢となる。
- ・大腿静脈アプローチでは、カテーテル関連深部静脈血栓症のリスクが高いため、カテーテル留置長は最小限（約 5 cm）にとどめることが望ましい。

7) カテーテルの固定

- ・小児におけるカテーテルの固定方法は難しい。特に、挿入長が短い小児では固定の良否が安全性に直結する。わずかな抜去や位置ずれによって、近位孔が血管外に逸脱するリスクがあるため、挿入長は十分に確保する必要がある。臨床的には十分な挿入長（例：約 4-5 cm 以上）を確保することが望ましい。
- ・固定にあたっては、適度な強さで抜去を防止しつつ、カテーテル内腔を閉塞させないこと、ならびに屈曲や折れ曲がりを生じさせないことに注意する必要がある。
- ・新生児では皮膚が脆弱であるため、縫合固定を行う場合には、過度な締め付けによる皮膚障害を生じないように十分に配慮することが重要である。

②内頸静脈カテーテル留置長軸平行法 (long-axis in-plane technique)

- ・小児の内頸静脈カテーテル留置では、一般に前述した短軸交差法が用いられている。しかし、5歳以下の小児では、短軸交差法による穿刺で血管後壁を貫通する頻度が 40-50%以上に達することが報告されている [31, 32]。これに対し、長軸平行

法は穿刺針の全長を確認しながら針を進めることが可能となるため、穿刺針が静脈前壁を貫通する瞬間を超音波画面上で明確に確認できるという利点がある。そのため、血管後壁を貫通するリスクは低いとされている [32]。

- 一方で、長軸平行法は穿刺中に血管周囲構造との位置関係を把握しにくいこと、また技術的難度が高いことが欠点である。しかし、十分に技術を習得すれば、極めて安全性の高い穿刺法となり得る。

体位

- 内頸静脈カテーテル留置における長軸平行法は、短軸交差法と比較してより広い穿刺操作ペースを必要とする [33]。そのため、体位の工夫が重要となる。
- 具体的には、比較的大きめのロールを肩下ではなく頸部の下に挿入し、頸部を短軸交差法よりもさらに対側へ傾けて伸展する。この体位で skin traction method を用い、皮膚を頭側方向へ固定することで、十分な穿刺操作スペースを確保できる。頸部を対側へ傾けるほど内頸静脈の断面積は増加する一方で、内頸静脈と総頸動脈の重なりは増加することが知られている [34]。しかし、穿刺操作スペースが不十分な場合には穿刺針を寝かせることができず、穿刺角度の調整が困難となる。その結果、かえって安全な穿刺が妨げられる可能性がある。
- 長軸平行法では、たとえ動静脈の重なりが増加しても、超音波画面上で針先を連続的かつ正確に描出できていれば、血管後壁の貫通を防ぐことが可能である [32]。
- プロブは、穿刺操作スペースの確保と操作性の観点から、フットプリントの小さいリニアプロブの使用が望ましい。特に、長さ約 36 mm 程度の小型フットプリントを有するプロブが利用できる場合には、それを選択することが推奨される。

長軸平行法の実際

- 長軸平行法では、超音波断面・血管の中心・穿刺針、という 3 つの軸を確実に一致させる必要がある。そのためには、以下に述べる side-scape scan technique と side-swing scan technique が有用である [33]。

✓Side-scape scan technique

まず、血管の短軸像を描出し、周囲構造物との位置関係を確認する。次にプロブを 90° 回転させて、血管の長軸像を描出する。その後、プロブの頭側を固定したまま尾側を扇状に動かし、血管の中枢側が最も太く描出される位置を探す。今度はプロブの尾側をその位置に固定したまま頭側を扇状に動かし、血管の遠位側が最も太く描出される位置を探す。この操作を納得が行くまで繰り返し、プロブ（超音波断面）と血管の中心を一致させる。このプロブ操作は両手を用いて行うとやりやすい。

✓Side-swing scan technique

Side-scape scan technique を完了させたら、プロブを皮膚に固定したまま左右に swing して、穿刺経路に総頸動脈などの重要構造物がないことを確認する。

- ・超音波断面と血管の中心を一致させ、血管の長軸像を安定して描出できたら、その画像を維持したまま穿刺を行う。この際、第3の軸である穿刺針が、超音波断面および血管の長軸と一致するように進める（図3）。針先を描出するためにプローブを動かしてはならない。プローブ位置は固定し、穿刺針を操作して超音波操作線（超音波ビーム）内に入るように運針することが基本である。



図 27 内頸静脈カテーテル留置の長軸平行法

- ・長軸平行法では、短軸交差法と比べて穿刺角度が緩やかとなるため、穿刺針が血管前壁を押している様子や、前壁を貫通して血管内に入る瞬間を視認しやすい。血管内に入った後も、針先を連続的に描出しながら慎重に進め、後壁を貫通しないよう注意しつつ外筒をカニューレションする。外筒の挿入が浅いと、ガイドワイヤー挿入時に外筒が血管外へ逸脱することがあるため、外筒は十分に血管内へ進め、完全にカニューレションすることが望ましい。
- ・頸部の穿刺操作スペースが狭く、穿刺点が過度に頭側となる場合には、プローブを尾側へ平行移動し、プローブの遠位端が鎖骨上に乗る位置とする方法が有用である（図4）。新生児や乳児では、鎖骨上にプローブを置いても内頸静脈を良好に描出できることが報告されている [31]。この際、皮膚とプローブの間に隙間が生じないように、滅菌ゼリーをやや多めに使用する。

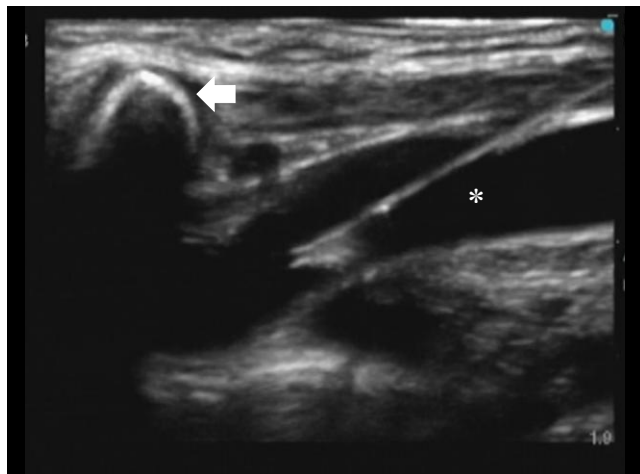


図 28 新生児の内頸静脈カテーテル留置長軸平行法
鎖骨の上にプローブを置き、内頸静脈を長軸平行法で穿刺している。
矢印：鎖骨 *：内頸静脈

- ・鎖骨上にプローブを置くことで、内頸静脈への直接的な圧迫を回避しやすくなり、静脈虚脱の予防にも寄与する。なお、この方法では短軸交差法の穿刺部位よりもやや頭側から穿刺することになるため、挿入後のカテーテル留置長はその分を考慮して調整する必要がある。

③腕頭静脈カテーテル留置の鎖骨上アプローチ

日常診療において、長期入院管理中の小児では末梢静脈ラインの確保が困難となる症例にしばしば遭遇する。すでに確保されている動静脈ラインを保護する目的でシーネ固定が行われ、新たな穿刺部位が制限される場合も少なくない。さらに、麻酔導入中に末梢静脈ライン確保が完了する前に無酸素発作（スペル発作）などの急変を来した場合には、迅速かつ確実な静脈路確保が求められる。

救急医学領域では、心肺蘇生中などの極めて緊急性の高い状況において静脈路確保が困難な場合、骨髄路確保が推奨されている [35]。しかし小児では、骨髄穿刺の安全域が狭いこと [36]に加え、四肢虚血やコンパートメント症候群といった重篤な合併症も報告されている [36, 37]。

一方、マスク換気下の小児において内頸静脈への穿刺を直ちに選択することは、必ずしも容易ではない [38]。このように、末梢静脈路、骨髄路、内頸静脈アプローチのいずれもが制限される、あるいは慎重な判断を要する状況において、患者外側からアプローチ可能な腕頭静脈鎖骨上アプローチ [39, 40] (図 5) は、選択肢の一つとなり得る。

とくに左鎖骨上アプローチは、目標血管の描出が比較的容易で、十分な穿刺操作スペースを確保しやすく、成功率が高い方法として報告されている [40]。

鎖骨上アプローチの実際

鎖骨上アプローチの標的静脈は、右鎖骨上アプローチでは右腕頭静脈[41]、左鎖骨上穿刺法では左腕頭静脈 [40]である (図 29)。

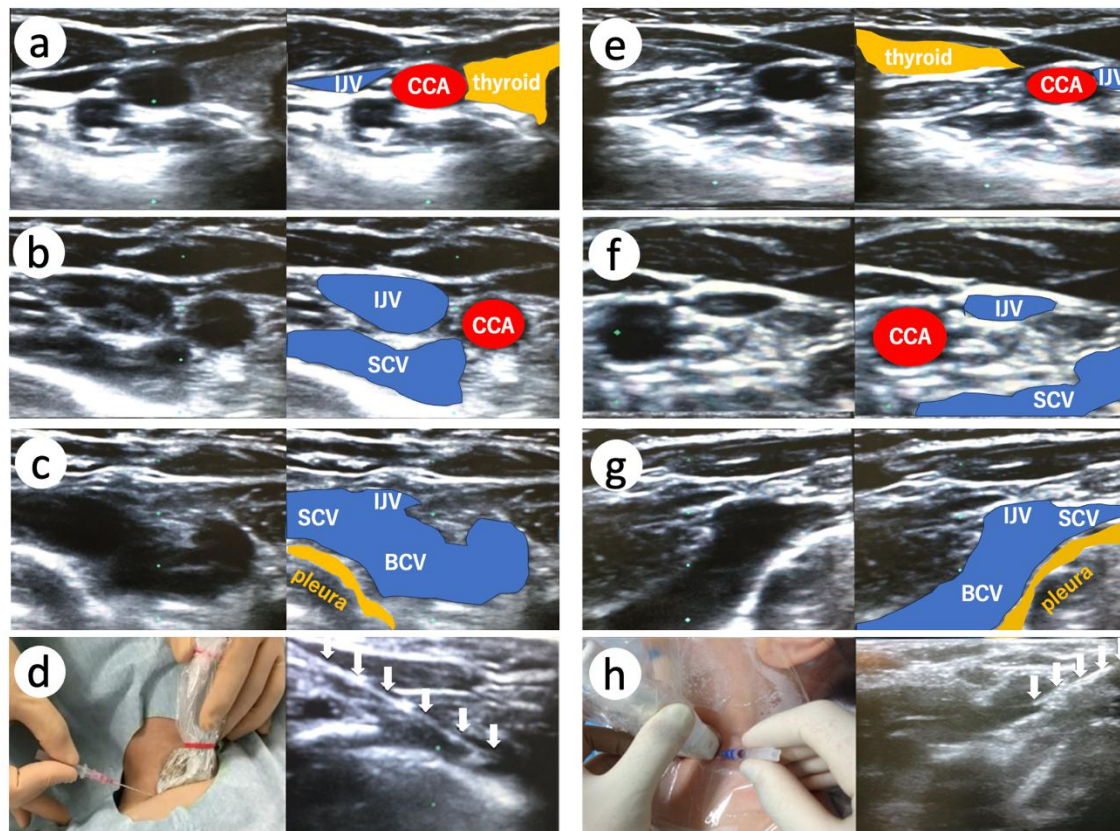


図 29 鎖骨上アプローチ

右腕頭静脈アプローチの操作：a-d、左腕頭静脈アプローチの操作：e-f

- ✓ 超音波プローブを患者の頸部に当て、内頸静脈の短軸像を描出する (a, e)。
- ✓ 次に、内頸静脈を超音波画面の中央に保持したままプローブを患者の尾側へスライドさせる (b, f)。
- ✓ プローブを鎖骨に接触させて頭側へ倒すと、内頸静脈と鎖骨下静脈の合流部及び腕頭静脈、その背側に胸膜が描出される (c, g)。
- ✓ 内頸静脈と鎖骨下静脈の合流部が超音波画面の中央からずれないように腕頭静脈の長軸像を保持したまま、穿刺針を患者の外側から長軸法で穿刺する (d, f) [39-44]。

- ・ 腕頭静脈の周囲には当ててはいけない鎖骨下動脈や胸膜が存在するため、穿刺針の全長が描出されていない限り、穿刺針を進めてならない。
- ・ 腕頭静脈や鎖骨下静脈は並走する鎖骨下動脈とともに拍動していることがあるため、長軸像で描出されている血管が腕頭静脈であるか迷った場合には、再度内頸静脈を描出し、内頸静脈が鎖骨下静脈へ流入していることを確認する。

- 左鎖骨上アプローチでは、ほぼすべての症例で左腕頭静脈を長軸像として描出できるのに対し、右鎖骨上アプローチでは、約3分の1の症例で右腕頭静脈の長軸像が十分に描出できず、短軸像のみとなることが報告されている [44-47]。この描出性の違いにより、右鎖骨上アプローチに比べ左鎖骨上アプローチの方が、成功率が高いとされている [45]。
- 一方で、左鎖骨上アプローチで挿入されたカテーテルの先端が上大静脈の右外側壁に接して留置された症例が3.4%、右腕頭静脈方向へ迷入した症例が3.7%認められている [29]。これに対し、右鎖骨上アプローチでは、留置位置異常は認められなかったと報告されている [29]。この差異には、左右の腕頭静脈の走行角度の違いが関与していると考えられる。右腕頭静脈は上大静脈へほぼ直線的に合流するのに対し、左腕頭静脈は横走した後に鋭角で上大静脈へ合流するため、カテーテル先端の接触や迷入が生じやすい。
- また、右鎖骨上アプローチでは、ガイドワイヤー挿入時に抵抗を感じることもある。この場合、穿刺針の刺入方向から考えて、ガイドワイヤーが右腕頭静脈の内側壁に先当たりしている可能性が考えられる。そのため、カニューラ（外筒）の先端が腕頭静脈の中央に向かうように穿刺針をコントロールすると、ガイドワイヤーが抵抗なく挿入できることが多い。

2. 3 小児の中心静脈カテーテル挿入・管理の安全戦略

小児における中心静脈カテーテル留置の安全は、単なる穿刺成功ではなく、解剖学的個体差を前提とした戦略的判断の積み重ねによって達成される。小児では血管径が小さく、重要構造との距離が短いため、解剖学的ランドマークのみに依存せず、リアルタイム超音波により血管と周囲構造を動的に評価することを基本とする。また、プローブや穿刺針による静脈虚脱を防ぎ、体格に応じた適切なデバイス選択と挿入長の厳密な管理を行い、過度な深部挿入を避けることが重要である。さらに、小児では挿入長が短く、わずかな位置変化が合併症につながり得るため、固定と留置後管理まで含めて安全戦略として捉える必要がある。すなわち、小児 CVC の安全とは、解剖理解、圧排回避、深度制御、固定管理を統合した実践的リスクマネジメントである。

文献

1. de Souza Neto EP, Grousseau S, Duflo F, Tahon F, Mottolise C, Dailler F. Ultrasonographic anatomic variations of the major veins in paediatric patients. *Br J Anaesth*. 2014; 112: 879-84.
2. Kayashima K, Habe K. A case report of an accidental vertebral arterial puncture videotaped during central venous catheterization in a child undergoing a ventricular septal defect repair. *Paediatr Anaesth*. 2012;22:311-2.
3. Matsushita K, Yamaura K, Karashima Y, Akiyoshi K, Hoka S. Differences in anatomical relationship between vertebral artery and internal jugular vein in children and adults measured by ultrasonography. *J Clin Monit Comput*. 2016;30:221-5.
4. Fujita Y, Sobue K, Hattori T, Takeuchi A, Tsuda T, Katsuya H. Inadvertent intrathecal cannulation in an infant, demonstrated by three-dimensional computed tomography: a rare complication of internal jugular vein catheterization. *J Anesth*. 2006;20:122-5.
5. Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, Blaiwas M, Augoustides JG, Elbarbary M, Pirotte T, Karakitsos D, Ledonne J, Doniger S, Scoppettuolo G, Feller-Kopman D, Schummer W, Biffi R, Desruennes E, Melniker LA, Verghese ST. International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access. *Intensive Care Med*. 2012;38:1105-17.
6. Xiong L, Tan Y, Yang X, Wang H, Ding M, Sessler DI, Zhong J, Zhu L, Tang L, Xu Y. Catheter-related internal jugular vein thrombosis in neonates and long-term consequences: a prospective cohort study. *Anesthesiology*. 2025;142:298-307.
7. Morita M, Sasano H, Azami T, Sasano N, Fujita Y, Ito S, Sugiura T, Sobue K. A novel skin-traction method is effective for real-time ultrasound-guided internal jugular vein catheterization in infants and neonates weighing less than 5 kilograms. *Anesth Analg*. 2009; 109: 754-9.
8. Sasano H, Morita M, Azami T, Fujita Y, Sobue K. Facilitation of ultrasound-guided internal jugular vein catheterization in children and infants (in Japanese with English abstract). *J Jpn Soc Clin Anesth*. 2012;32:897-905.
9. Sasano H, Morita M, Fujita Y, Sobue K. Complications and environmental preparation for ultrasound-guided central venous catheterization (in Japanese). *J Jpn Soc Clin Anesth*. 2013;33:470-5.
10. Jöhr M. Zentralvenenkatheter. In: *Kinderanästhesie*. 9th ed. Munich: Urban & Fischer; 2019. p.80-2.
11. de Souza TH, Brandão MB, Nadal J, Nogueira RJN. Ultrasound guidance for internal jugular vein cannulation in children: meta-analysis and systematic review. *Pediatr Crit Care Med*. 2018;19:e469-77.
12. Askegard-Giesmann JR, Caniano DA, Kenney BD. Rare but serious complications of central line insertion. *Semin Pediatr Surg*. 2009;18:73-83.
13. Oliver WC Jr, Nuttall GA, Beynen FM, Raimundo HS, Abenstein JP, Arnold JJ. The incidence of artery puncture with central venous cannulation using a modified technique for detection and prevention of arterial cannulation. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1997;11:851-5.
14. Kim KO, Jo JO, Kim HS, Kim CS. Positioning internal jugular venous catheters using the right third intercostal space in children. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2003;47:1284-6.

15. Schuster M, Nave H, Piepenbrock S, Pabst R, Panning B. The carina as a landmark in central venous catheter placement. *Br J Anaesth.* 2000;85:192-4.
16. Albrecht K, Nave H, Breitmeier D, Panning B, Troger HD. Applied anatomy of the superior vena cava—the carina as a landmark to guide central venous catheter placement. *Br J Anaesth.* 2004;92:75-7.
17. Stonelake PA, Bodenham AR. The carina as a radiological landmark for central venous catheter tip position. *Br J Anaesth.* 2006;96:335-40.
18. Yoon SZ, Shin JH, Hahn S, Oh AY, Kim HS, Kim SD, Kim CS. Usefulness of the carina as a radiographic landmark for central venous catheter placement in paediatric patients. *Br J Anaesth.* 2005;95:514-7.
19. Yoon SZ, Shin TJ, Kim HS, Lee J, Kim CS, Kim SD, Park CD. Depth of a central venous catheter tip: length of insertion guideline for pediatric patients. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2006;50:355-7.
20. Kim MC, Kim KS, Choi YK, Kim DS, Kwon MI, Sung JK, Moon JY, Kang JM. An estimation of right- and left-sided central venous catheter insertion depth using measurement of surface landmarks along the course of central veins. *Anesth Analg.* 2011;112:1371-4.
21. Na HS, Kim JT, Kim HS, Bahk JH, Kim CS, Kim SD. Practical anatomic landmarks for determining the insertion depth of central venous catheter in paediatric patients. *Br J Anaesth.* 2009;102:820-3.
22. Kim H, Jeong CH, Byon HJ, Shin HK, Yun TJ, Lee JH, Park YH, Kim JT. Predicting the optimal depth of left-sided central venous catheters in children. *Anaesthesia.* 2013;68:1033-7.
23. Shah PN, Kane D, Appukutty J. Depth of central venous catheterization by intracardiac electrocardiogram in adults. *Anesth Pain Med.* 2013;2:111-4.
24. Andropoulos DB, Stayer SA, Bent ST, Campos CJ, Bezold LI, Alvarez M, Fraser CD. A controlled study of transesophageal echocardiography to guide central venous catheter placement in congenital heart surgery patients. *Anesth Analg.* 1999;89:65-70.
25. Lee JH, Byon HJ, Choi YH, Song IK, Kim JT, Kim HS. Determination of the optimal depth of a left internal jugular venous catheter in infants: A prospective observational study. *Paediatr Anaesth.* 2017;27:1220-6.
26. Parienti JJ, Thirion M, Megarbane B, Souweine B, Ouchikhe A, Polito A, Forel JM, Marque S, Misset B, Airapetian N, Daurel C, Mira JP, Ramakers M, du Cheyron D, Le Coutour X, Daubin C, Charbonneau P. Femoral vs jugular venous catheterization and risk of nosocomial events in adults requiring acute renal replacement therapy: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2008;299:2413-22.
27. Rossetti F, Pittiruti M, Lamperti M, Graziano U, Celentano D, Capozzoli G. The intracavitary ECG method for positioning the tip of central venous access devices in pediatric patients: results of an Italian multicenter study. *J Vasc Access.* 2015;16:137-43.
28. Wilson RG, Gaer JA. Right atrial electrocardiography in placement of central venous catheters. *Lancet.* 1988;1:462-3.
29. Yamamoto T, Schindler E. A new way to determine correct depth of central venous catheter insertion using a real-time ultrasound-guided insertion technique in pediatric patients. *Paediatr Anaesth.* 2019;29:368-76.

30. Govil N, Dhar M, Masaipeta K, Ahmed I. Displaced paediatric central venous catheter causing extravasation of intravenous fluid due to relatively longer gap between the distal and proximal lumens. *Indian J Anaesth.* 2019;63:157-9.
31. Takeshita J, Tachibana K, Nakajima Y, et al. Long-Axis In-Plane Approach Versus Short-Axis Out-of-Plane Approach for Ultrasound-Guided Central Venous Catheterization in Pediatric Patients: A Randomized Controlled Trial. *Pediatr Crit Care Med.* 2020;21:e996-1001.
32. Tercan F, Oguzkurt L, Ozkan U, et al. Comparison of ultrasonography-guided central venous catheterization between adult and pediatric populations. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2008;31:575-80.
33. Tadokoro T, Tokumine J, Lefor AT, et al. The three-step method for ultrasound-guided pediatric internal jugular venous catheterization: a clinical trial. *J Anesth.* 2015;29:131-3.
34. Gwak MJ, Park JY, Suk EH, et al. Effects of head rotation on the right internal jugular vein in infants and young children. *Anaesthesia.* 2010;65:272-6.
35. Deakin CD, Nolan JP, Soar J, Sunde K, Koster RW, Smith GB, Perkins GD. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation.* 2010;81:1305-52.
36. Suominen PK, Nurmi E, Lauerma K. Intraosseous access in neonates and infants: risk of severe complications - a case report. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2015;59:1389-93.
37. Molacek J, Houdek K, Opatrny V, Fremuth J, Sasek L, Treskova I, Treska V. Serious Complications of Intraosseous Access during Infant Resuscitation. *European J Pediatr Surg Rep.* 2018;6:e59-62.
38. Butterfield M, Abdelghani R, Mohamad M, Limsuwat C, Kheir F. Using Ultrasound-Guided Peripheral Catheterization of the Internal Jugular Vein in Patients With Difficult Peripheral Access. *Am J Ther.* 2017;24:e667-9.
39. Yamamoto T, Schindler E. Is the supraclavicular approach to the central vein still risky and taboo? *Paediatr Anaesth.* 2015;25:1176-8.
40. Yamamoto T, Schindler E. Tips and tricks: Real-time ultrasound-guided left supraclavicular approach as a rapidly applied alternative venous access in paediatric difficult peripheral vein cases. *Eur J Anaesthesiol.* 2020;37:152-4.
41. Yamamoto T, Schindler E. Real-Time Ultrasound-Guided Right Supraclavicular Approach to the Central Vein: An Alternative Option. *Anesth Analg.* 2017;125:359.
42. Schindler E, Schears GJ, Hall SR, Yamamoto T. Ultrasound for vascular access in pediatric patients. *Paediatr Anaesth.* 2012;22:1002-7.
43. Yamamoto T, Schindler E. Notfälle im Rettungsdienst und in der Klinik: Gefäßzugänge bei Kindern. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 2017;52:55-64.
44. Breschan C, Platzer M, Jost R, Stettner H, Beyer AS, Feigl G, Likar R. Consecutive, prospective case series of a new method for ultrasound-guided supraclavicular approach to the brachiocephalic vein in children. *Br J Anaesth.* 2011;106:732-7.
45. Breschan C, Platzer M, Jost R, Stettner H, Feigl G, Likar R. Ultrasound-guided supraclavicular cannulation of the brachiocephalic vein in infants: a retrospective analysis of a case series. *Paediatr Anaesth.* 2012;22:1062-7.
46. Breschan C, Graf G, Jost R, Stettner H, Feigl G, Goessler A, Neuwersch S, Koestenberger

- M, Likar R. Ultrasound-guided supraclavicular cannulation of the right brachiocephalic vein in small infants: a consecutive, prospective case series. *Paediatr Anaesth.* 2015;25:943-9.
47. Breschan C, Graf G, Jost R, Stettner H, Feigl G, Neuwersch S, Stadik C, Koestenberger M, Likar R. A Retrospective Analysis of the Clinical Effectiveness of Supraclavicular, Ultrasound-guided Brachiocephalic Vein Cannulations in Preterm Infants. *Anesthesiology.* 2018;128:38-43.

第3章 PICC および midline catheter の適正使用

3.1 PICC の特徴

- PICC (peripherally inserted central catheter) は、上腕に存在する静脈 (図 30) から挿入し、先端を上大静脈近傍に留置する中心静脈カテーテルである。

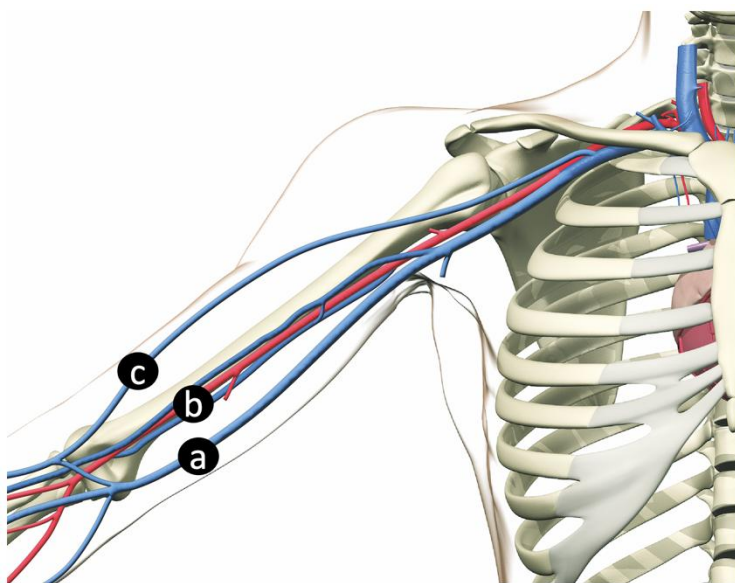


図 30 上腕の静脈の走行 [1(p. 3 Fig. 1)]

a 尺側皮静脈 b 上腕動静脈 c 橈側皮静脈

留置期間の目安は 15-90 日間である [2]。留置が不要になった場合は直ちに抜去する。ただし、留置期間の目安を過ぎた場合、定期的な評価を前提として使用できる (参照：合併症・カテーテル留置後の管理)。

穿刺部位が上腕であることから、PICC は内頸静脈、鎖骨下静脈、大腿静脈から挿入される中心静脈カテーテル CVC (central venous catheter) *と比較して、気胸や動脈穿刺などの機械的合併症が少ないという利点を有する [3]。また、感染リスクもこれらの CVC より低いとされ [4]、抗菌薬治療、中心静脈栄養、化学療法などを目的とした 6 日以上の静脈路確保に適したデバイスとして広く使用されている [3]。

*PICC も CVC の一種であるが、本稿では便宜上、PICC を内頸静脈、鎖骨下静脈、大腿静脈から挿入される CVC と区別して記載する。

一方、PICC 挿入に特有のリスクとして、カテーテル関連血栓症 (catheter-related thrombosis) が挙げられる。カテーテル関連血栓症の発症には、カテーテル径と血管径の比率である catheter-to-vein ratio (CVR) が関与することが示されている。成人 PICC を対象とした研究では、 $CVR \geq 46\%$ の症例では $CVR \leq 45\%$ と比較して、血栓リスクが 2 倍以上に上昇したと報告されている [5]。さらに、近年提唱されている安全な

PICC 留置プロトコール Safety Insertion of PICCs Protocol (SIP) では、血栓リスク低減の観点から $CVR \leq 1/3$ を推奨する報告もある [6] (表 1)。

カテーテル関連血栓症のリスクを最小限に抑えるためには、留置前の preprocedural scan (Prescan) により血管径を正確に把握し、少なくとも $CVR \leq 45\%$ を満たす静脈を選択することが重要である [7] (p. S89)。

Prescan による静脈径の測定は、患者を仰臥位にした後、穿刺を考慮する上腕を外転させた状態で測定する。また、患者には力まないように説明し、駆血帯をせずに超音波装置を使用して測定する。超音波装置のプロープで静脈を圧迫しないようにする。

表 4 PICC における血栓リスクを回避のための最小静脈径の目安 [5, 6]

| PICC サイズ(Fr) | 最低限の基準($CVR \leq 45\%$) | より望ましい基準($CVR \leq 1/3$) |
|--------------|---------------------------|----------------------------|
| 3 Fr | 2.4 mm | 3.3 mm |
| 4 Fr | 3.0 mm | 4.0 mm |
| 5 Fr | 3.7 mm | 5.0 mm |

穿刺に用いる上腕部の末梢静脈については(次項)、静脈径だけでなく走行の直線性、周囲構造との位置関係、およびカテーテル関連合併症のリスクを考慮して選択する。

3.2 上腕の末梢静脈の特徴

上腕の末梢静脈、特に尺側皮静脈や上腕静脈は、PICC や midline catheter を挿入する静脈として重要である [8]。

尺側皮静脈は、表層の静脈として始まり、介在静脈を経ることなく自身で深部に進み、多くの場合上腕静脈と合流する(図 31)。この解剖学的特徴のため、尺側皮静脈は $CVR \leq 45\%$ を満たしやすく、PICC や midline catheter の挿入に適した第一選択の標的静脈といえる。しかし、尺側皮静脈の側面には、往々にして内側前腕皮神経が走行するため、穿刺時には注意が必要である(図 31)。

上腕静脈は動脈および正中神経が近傍を走行するため、誤穿刺や神経損傷のリスクを考慮して第二選択とする(図 31)。

橈側皮静脈は、①カテーテルを進め難い、②血栓形成をしやすい、③蛇行が多いなど、カテーテルの走行異常や先端異常を来しやすいため、第三選択とする [8-10]。肘窩では、内側前腕皮神経が尺側皮静脈の背側や前方に位置することが多いため、肘窩での挿入は末梢神経障害を来しやすいため(図 31)。また、肘窩からの留置は、肘関節の屈伸運動によりカテーテルへの機械的刺激が加わり、機械的静脈炎の発症率を上昇させるため、原則として避ける [11]。

PICC や midline catheter の穿刺部位として、肘窩から 5~10 cm 中枢側が血管の固定性や操作性の点から刺しやすく、安全性が高いことが多い [12]。

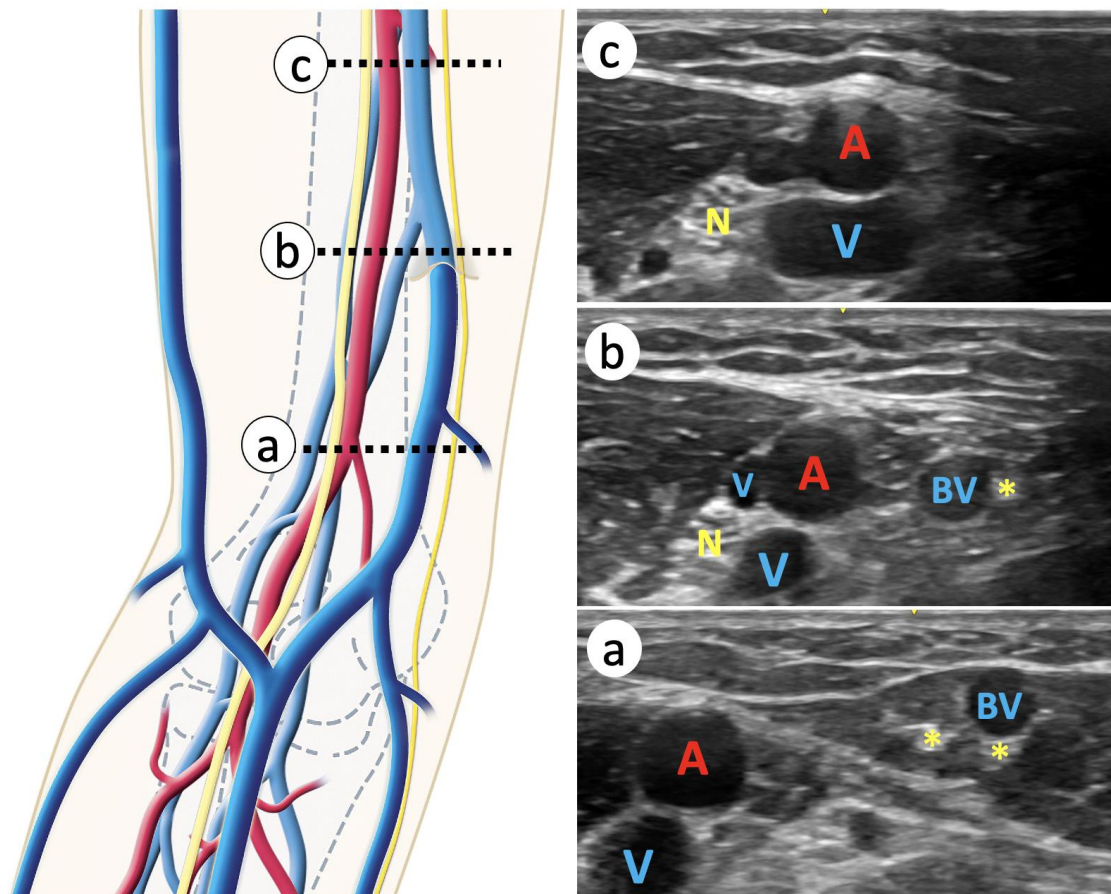


図 31 上腕の血管・神経の Sonoanatomy [1(p. 11, Fig. 6)]

A : 上腕動脈 V : 上腕静脈 N : 正中神経 BV : 尺側皮静脈 * 内側前腕皮神経

- a : 肘窩での尺側皮静脈 (BV) は、皮下浅く走行しているが細い。しばしば背側に内側前腕皮神経 (*) が存在する。以上より、神経障害や血栓のリスクが高い。なお、内側前腕皮神経は複数本存在する。
- b : 上腕の尺側皮静脈 (BV) は、肘窩に比べ太く、内側前腕皮神経 (*) が近傍に存在するが、しばしば側面を走行する。このため、同部位の尺側皮静脈は、PICC の留置に適している。上腕静脈 (V) は、周囲に上腕動脈 (A) や 正中神経 (N) が存在するため、穿刺のリスクが高い。
- c : 尺側皮静脈が上腕静脈に合流し、より太くなっている (V) が、上腕動脈 (A) の背後にあるため、穿刺には適していない。

3.3 PICC の挿入方法

PICC 挿入時の体位は仰臥位とし、穿刺側上肢は患者の許容範囲で 45-90° 程度に外転させ、前腕は回外位とする。上肢外転は操作性の向上に寄与する一方、高齢者などで 90° 外転が困難な場合には無理に外転角度を強要せず、患者の疼痛や体動を最小限に抑え、安定した操作環境を確保することを優先する [7]。

穿刺は超音波ガイド下で行う。穿刺法としては短軸交差法 (short-axis out-of-plane 法) による dynamic needle tip positioning) が一般的に用いられる。

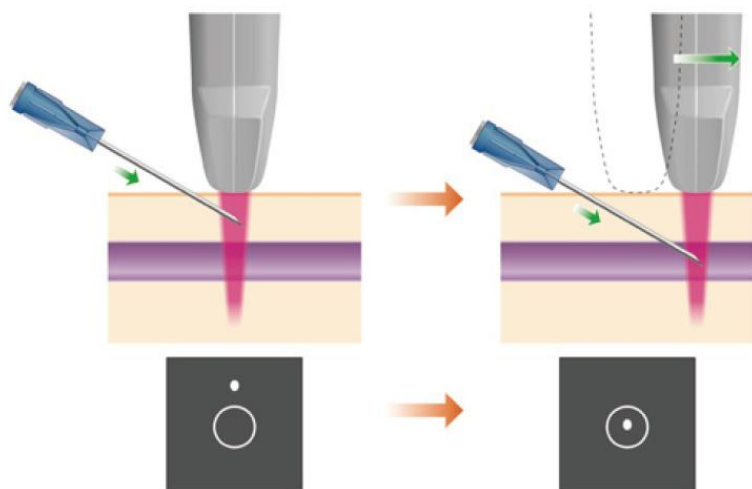


図 32 短軸交差法 [13(Fig. 34), 14(p. 489, Fig. 2), 15]

走査線内に針を誘導すると、最初に描出される白輝点が針先である。次に、プローブをわずかに進行方向へスライドさせると白輝点は消失する。針をゆっくり進めることで、針先が再び走査線内に入り、白輝点として確認される。この操作を繰り返しながら、針先を徐々に標的静脈へ進める。

針先を連続的に描出でき後壁誤穿刺の回避を目的として長軸平行法 (long-axis in-plane 法) が選択されることもある。

挿入方法は、Seldinger 法または外筒針 (カニューラ針) を用いる modified Seldinger 法 (m-Seldinger 法) を用いる。いずれも臨床で広く用いられている標準的手技である。m-Seldinger 法ではイントロデューサー/シースを使用することが多いが、挿入時に抵抗を認めた場合には、無理に操作を継続せず、血管損傷を回避することが重要である。

留置は主に X 線透視下 (透視室または手術室) で行われるが、安全に実施できる環境が整っていれば病棟での留置も可能である。X 線透視を用いない場合には、血管内心電図法による先端位置確認 (ナビゲーションシステム) [16]に加え、超音波装置を用いて腋窩静脈や同側内頸静脈を描出し、カテーテルの迷入を確認しながら留置する方法が報告されている [17]。

PICC 留置では、ガイドワイヤーまたはカテーテルが内頸静脈方向へ迷入することがあり、一定の頻度で発生する。迷入部位としては、同側内頸静脈が最も多いとする報告がある [16, 17]。迷入防止策の一つとして、カテーテルを肩関節付近まで進めた段階で、超音波により同定した内頸静脈を指で圧迫する方法 (ultrasound-guided finger compression method) が報告されている [18]。

カテーテル留置における迷入回避の容易さは、X線透視下、血管内心電図法、超音波の順に高い。一方、医療被曝の観点では、血管内心電図法は手技中の被曝を伴わず、超音波では最終確認の胸部X線撮影により一定の被曝が生じ、X線透視下では手技中を通じて被曝が生じる。このため、安全性を確保しつつ被曝を低減する観点から、各手法を適切に選択することが重要である。

カテーテルの先端位置は、上大静脈内で血管壁と平行となり、上大静脈下1/3～上大静脈右心房接合部 cavo-atrial junction (CAJ) 付近が適正とされる [7(p. S77), 19-21]。

3.4 PICCの合併症

PICCの合併症には、感染、静脈炎、血栓形成・閉塞が主要なものとして挙げられ、これらに加えてカテーテルの遅発性迷入（先端位置を確認後、時間を経てカテーテル先端の位置が移動する現象）、破損、自己抜去といった機械的合併症が生じ得る [20]。

PICCはCVCに比べ感染が低いことが特徴であるが、PICC関連合併症の中では感染症の頻度が最も高く、血流感染や局所感染として発症する。特に新生児、がん患者、免疫療法中の患者では感染リスクが高いことが報告されている（発生率0.5-13%） [22, 23]。感染リスクには患者要因に加え、感染対策バンドル（ケアバンドル）の未実施、超音波ガイド下穿刺でないこと、マルチルーメンカテーテルの使用、固定不良といった手技・管理要因が関与する。

静脈炎は、カテーテルによる血管内壁への機械的刺激や摩擦が主な原因であり、発生率は2.9-11.6% [23]とされる。原因として、静脈径に対して過大なカテーテルを選択した場合（CVRが不適）や、適切な血管選択が行われていない場合にリスクが高まる [5]。また、カテーテル材質の影響も指摘されており、担癌患者では、シリコン製カテーテルで静脈炎リスクが低いとする報告がある [24]。

血栓形成および閉塞は、深部または表在性の血栓形成として生じ、発生率は1.8-22%と報告されている [25, 26]。リスク因子としては、低出生体重児、高齢者、長期留置、免疫療法中といった患者要因に加えCVRの不適、超音波ガイド下挿入が行われていないといった手技要因も血栓リスクを増大させる。閉塞の原因としては、血栓形成のほか、先端の血管壁接触、屈曲、折れといった機械的要因 [27-29]や、薬液の結晶化などの化学的要因 [26]が関与する。

機械的合併症には、閉塞、自己抜去、カテーテル破損、迷入、先端位置異常が含まれ、発生率は10-30%とされる [26-29]。また、患者報告による合併症として、皮膚炎、浸潤、漏出、疼痛、日常生活制限などがあり、比較的高頻度に認められる（14.4-67.3%） [25]。

合併症リスクを低減するためには、治療期間および患者背景に基づいたデバイス選択が重要である [26, 30]。超音波ガイド下挿入、適切な血管および穿刺部位の選択、感染対策を含むケアバンドルの遵守、多職種連携と継続的な教育が不可欠である [6, 31-33]。

慢性腎臓病患者では、将来の透析用血管アクセス作成を念頭に置いた血管温存 (vein preservation) が重要である。慢性腎臓病 stage 4-5 (eGFR<30 mL/min/1.73m²) の患者では、PICC の挿入により上肢静脈の損傷や血栓形成のため動静脈シャント造設が困難となる可能性があるため、留置は原則として避ける [34, 35]。

3.5 Midline catheter

Midline catheter は、上腕の末梢静脈から挿入し、カテーテル先端を腋窩静脈付近に留置する血管アクセスデバイスであり、通常の末梢静脈カテーテルと CVC の中間に位置付けられる [3]。

Midline catheter のカテーテルの長さは、8~25cm であり、8~15cm の短いカテーテルと 16~25cm の長いカテーテルのタイプがある。

留置期間の目安は 6~14 日間である [2, 3]。留置が不要になった場合は直ちに抜去する。ただし、留置期間の目安を過ぎた場合、定期的な評価を前提として使用できる (参照：カテーテル留置後の管理)。

Midline catheter の留置静脈は、PICC のそれとはほぼ同じと考えてよい。原則、上腕からの留置が適切である。適切部位としては、尺側皮静脈、上腕静脈、橈側皮静脈となる。新生児や乳児においては、下肢からのこともある [7(p. S85-8)]。

Midline catheter の適応は、①肉眼や触診による通常の末梢静脈カテーテルの留置困難、すなわち difficult intravenous access (DIVA)、②中長期の点滴治療が必要 [37]、③頻回の点滴確保を避けたい場合 [38] などである。

Midline catheter の選択は、投与薬液、輸液治療期間、穿刺部位禁忌、超音波による観察で留置可能な静脈 (CVR) を考慮し、必要に応じて PICC や CVC への変更を検討する [2]。

Midline catheter は末梢静脈カテーテルに属するため、①等張性及び低張性輸液製剤投与、②造影剤投与、③刺激のない薬剤 (抗生剤など) の投与や④採血などが行える [7(p. S85-8, S229, S241-3)]。一方、PICC は中心静脈カテーテルの一種であるため、①高カロリー輸液による栄養管理を始めとして、②抗がん剤を含む刺激性あるいは壊死性薬剤、③pH <5 または pH >9 の溶液、④900 mOsm/L を超える輸液、⑤10%以上のブドウ糖を含む溶液、④カテコラミンの投与が可能である [7(p. S85-8, S229)]。

Midline catheter から、pH<5 または >9 の溶液を投与すべきでない [37]。ドパミン、ドブタミン、ノルアドレナリン、アドレナリンなどのカテコラミンの pH は 5 未満である。一方、ニカルジピン、ジルチアゼムなどの Ca 拮抗薬も同様に pH は 5 未満である。そのため、これらの薬剤は PICC や CVC で投与すべきである。しかしながら、実臨床では緊急の血圧低下などで、末梢静脈カテーテルからの使用を検討することがある。これらの薬剤の使用を検討する際には、①点滴漏れや血管外漏出になる可能性 [7(p. S154-6)]、②組織の虚血の可能性 [7(p. S241-3)] があることに十分留意した上で、以下の点を守る [7(p. S241-3)]。

- ✓血管収縮薬の持続投与をできるだけ短い時間にする
- ✓持続投与する薬剤を一つに限定する

- ✓使用する薬剤の濃度をできる限り低くする
- ✓直径が4 mmを超える太い血管にする
- ✓肘窩に留置したカテーテルは避ける

原則として避けるべき穿刺部位は、屈曲部位である肘窩、疼痛を伴う部位、皮膚損傷や感染を認める部位、リンパ浮腫を有する上肢、動静脈瘻が存在あるいはシャント造設予定されている上肢、麻痺のある上肢などがある [7(p. S85-8)]。

留置にあたっては、PICCと同様、静脈の評価が極めて重要である [7(p. S85-8)]。超音波検査を用いて、穿刺候補血管の走行、血管径、血栓や狭窄の有無、周囲構造との位置関係の評価する [39]。カテーテル径は、血管径に対して可能な限り細径のものを選択する。目安としてCVR \leq 45%となるよう配慮することが望ましい [40]。このため、midline catheterの留置には、超音波ガイド下穿刺の技術修得が必須となる [33]。

Midline catheterは、ガイドワイヤーを用いて挿入するガイドワイヤー型と、ガイドワイヤーを用いずに挿入する非ガイドワイヤー型に大別される。なお、非ガイドワイヤー型には、ガイドワイヤーを有さない構造のものに加え、ガイドワイヤーが内蔵されているが術者が直接操作しない構造のものも含まれる。

ガイドワイヤー型を挿入する手技者は、マスク、帽子、滅菌ガウン、滅菌手袋および全身を覆う滅菌ドレープを用いたマキシマルバリアプリコーションを実施する [7(p. S154-6, S85-8)]。非ガイドワイヤー型を挿入する手技者は、清潔操作で超音波ガイド下穿刺ができる環境を整えば挿入ができる。

挿入後に超音波診断装置やX線を用いてカテーテル先端位置を確認するとともに、カテーテルの屈曲、変形、異所性留置などのトラブルの有無を確認することが望ましい [7(p. S85-8), 41]。

留置後は、薬剤投与前に必ず血液逆流の有無を確認し、カテーテルの開存性を評価する [7(p. S126)]。ドレッシングは滅菌透明ドレッシングを基本とし、出血や発汗がある場合にはガーゼ型ドレッシングを用いる [7(p. S133)]。ドレッシングは定期交換に加え、汚染、湿潤、剥離が認められた場合には速やかに交換する。

留置後管理においては、定期的な観察と早期対応が重要である。穿刺部位の発赤、腫脹、疼痛、硬結、静脈炎所見の有無を日常的に評価し、異常を認めた場合には速やかに抜去やデバイス変更を検討する [36, 42-43]。特に、輸液抵抗の増大や血液逆流不良は、血栓形成やカテーテル位置異常の兆候である可能性があり、安易なフラッシュや圧負荷は避けるべきである [7(p. S126-127)]。

管理における情報共有とチーム医療は重要である。投与が適さない薬剤や輸液が誤って投与されることのないよう、midline catheterの特性と投与制限について、医師、看護師、薬剤師を含む関係する医療従事者に十分周知しておくことが重要である [44]。また、留置部位が上腕であることから、PICCと誤認されやすいため、midline catheterであることが明確に区別できるよう、表示や記録を含めた運用上の工夫を行うことが望ましい。さらに、治療経過や輸液内容の変化に応じて、適切なタイミングで他の血管アクセスへの移行を判断することが重要である。

慢性腎臓病 stage 4-5 (eGFR<30 mL/min/1.73m²) の患者では、PICC と同様に安易な穿刺を避ける。

参考文献

1. Tokumine J, Motoyasu A, Ando T, Moriyama K. PICC Practitioner's Guide ver. 2 (in Japanese), Japanese Association for Medical Simulation. 2026. Available from: <http://jams.kenkyuukai.jp/special/?id=7184> accessed 2026 Apr 1.
2. Japanese Vascular Access Device Consortium, ed. Practical Standards for Infusion Catheter Management: 2025 Edition—Guidelines for Vascular Access Site Selection, Device Selection, and Catheter Management in Infusion Therapy. 2nd ed. Tokyo: Nanzando; 2025. p. 1-61.
3. Chopra V, Flanders SA, Saint S, Woller SC, O'Grady NP, Safdar N, Trerotola SO, Saran R, Moureau N, Wiseman S, Pittiruti M, Akl EA, Lee AY, Courey A, Swaminathan L, LeDonne J, Becker C, Krein SL, Bernstein SJ; Michigan Appropriateness Guide for Intravenous Catheters (MAGIC) Panel. The Michigan Appropriateness Guide for Intravenous Catheters (MAGIC): Results From a Multispecialty Panel Using the RAND/UCLA Appropriateness Method. *Ann Intern Med.* 2015; 163: S1-40. DOI: 10.7326/M15-0744
4. Jinjuan L, Yunrui J, Yinchun L, Mei J. The incidence of catheter-related bloodstream infections in different central venous access devices: a network meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Med Sci.* 2024; 21: 1405-13.
5. Rebecca S, Peter C, Jessie C, Andrew S, Mark Y, Tanya F, Carolyn K, Gavin J, Adrian E. Catheter to vein ratio and risk of peripherally inserted central catheter (PICC)-associated thrombosis according to diagnostic group: a retrospective cohort study. *BMJ Open.* 2021; 11: e045895.
6. Brescia F, Pittiruti M, Spencer TR, Dawson RB. The SIP protocol update: Eight strategies, incorporating Rapid Peripheral Vein Assessment (RaPeVa), to minimize complications associated with peripherally inserted central catheter insertion. *J Vasc Access.* 2024; 25(1): 5-13.
7. Nickel B, Gorski L, Kleidon T, Kyes A, DeVries M, Keogh S, Meyer B, Sarver MJ, Crickman R, Ong J, Clare S, Hagle ME. Infusion Therapy Standards of Practice, 9th Edition. *J Infus Nurs.* 2024; 47(1S Suppl 1): S1-S285. DOI: 10.1097/NAN.0000000000000532
8. Jeon EY, Cho YK, Yoon DY, Hwang JH. Which arm and vein are more appropriate for single-step, non-fluoroscopic, peripherally inserted central catheter insertion? *J Vasc Access.* 2016;17(3):249-55.
9. Benjamin K, A. van Zundert. Perils of the PICC: Peripherally Inserted Central Catheter-Associated Complications and Recommendations for Prevention in Clinical Practice—A Narrative Review. *Healthcare.* 2025; 13: 1993.
10. Li X, Wang H, Chen Y, Yuan Z. Multifactor analysis of malposition of peripherally inserted central catheters in patients with cancer. *Clin J Oncol Nurs.* 2015; 19: E70-3.
11. Ryosuke S, Takumi K, Ryosuke H, Hiroki K, Kan K, Miki T, Akihiro K, Tatsuya H, Yasuaki H. Peripherally inserted central venous catheters provide safe and easy central venous access in patients with head and neck cancer. *Int J Pract Otolaryngol.* 2021; 4: e29-33.

12. Dawson RB. PICC Zone Insertion Method™ (ZIM™): A Systematic Approach to Determine the Ideal Insertion Site for PICCs in the Upper Arm. *J Assoc Vasc Access.* 2011;16(3):156-65.
13. Tokumine J. Manual of central venous catheterization using ultrasound guidance (in Japanese). Tokyo: Sogo Igaku Sha.; 2007, p. 59.
14. Tokumine J, Higa T, Nitta K, Teruya K, Fuchigami T, Sugahara K. Ultrasound guidance facilitates arterial catheterization (in Japanese with English abstract). *Masui.* 2009;58(4):488-92.
15. Clemmesen L, Knudsen L, Sloth E, Bendtsen T. Dynamic needle tip positioning -ultrasound guidance for peripheral vascular access. A randomized, controlled and blinded study in phantoms performed by ultrasound novices. *Ultraschall Med.* 2012;33(7):E321-E325.
16. Yamagishi T, Ashida H, Igarashi T, Matui Y, Nozawa Y, Higuchi T, Ojiri H. Clinical impact of the Sherlock 3CG® Tip Confirmation System for peripherally inserted central catheters. *J Int Med Res.* 2018; 46: 5176-82.
17. Linping S, Hui L. Malposition of peripherally inserted central catheter: Experience from 3,012 patients with cancer. *Exp Ther Med.* 2013; 6: 891-3.
18. William DS, Jean H, Anne SP, Brian KG, Jesse BH, John PK. A randomized, controlled trial evaluating postinsertion neck ultrasound in peripherally inserted central catheter procedures. *Crit Care Med.* 2009; 37: 1217-21.
19. Yan Z, Hua-Jing Z, Nian T, Yun T, Shu-Wen Q, Bi-Yong Q, Yu X. Prevention of catheter tip malposition with an ultrasound-guided finger-pressure method to block the internal jugular vein during PICC placement: a meta-analysis. *Videosurg Miniinv.* 2022; 17: 289-98.
20. Pittiruti M, Hamilton H, Biffi R, MacFie J, Pertkiewicz M; ESPEN. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: central venous catheters (access, care, diagnosis and therapy of complications). *Clin Nutr.* 2009;28(4):365-77. DOI: 10.1016/j.clnu.2009.03.015
21. Edanaga M, Sato H, Ochiai G, Yamakage M. The Tip Position of Peripherally Inserted Central Catheters by the Sherlock 3CG System Was Almost Deeper Than Zone B: A Case Series. *Cureus.* 2023; 15: e40711.
22. Pang Y, Fu J, Tan Y, Zhang L, Bai L, Yan M, Li H, Wang X. Incidence and related factors of catheter-associated bloodstream infection in neonates: A systemic review and meta-analysis. *Intensive Crit Care Nurs.* 2025; 88: 103927.
23. Dobrescu A, Constantin AM, Pinte L, Chapman A, Ratajczak P, Klerings I, Emprehtinger R, Allegranzi B, Grayson ML, Toledo JP, Gartlehner G, Nussbaumer-Streit B. Effectiveness and safety of methods to prevent bloodstream and other infections and noninfectious complications associated with peripherally inserted central catheters: A systematic review and meta-analysis. *Clin Infect Dis.* 2026;82(3):459-72.
24. Seckold T, Walker S, Dwyer T. A comparison of silicone and polyurethane PICC lines and postinsertion complication rates: a systematic review. *J Vasc Access.* 2015;16(3):167-77.
25. Urtecho M, Torres Roldan VD, Nayfeh T, Espinoza Suarez NR, Ranganath N, Sampathkumar

- P, Chopra V, Safdar N, Prokop LJ, O'Horo JC.. Comparing Complication Rates of Midline Catheter vs Peripherally Inserted Central Catheter. A Systematic Review and Meta-analysis. *Open Forum Infect Dis.* 2023; 10(2): ofad024.
26. Sun Y, Wu X. Complications of implanted port catheters and peripherally inserted central catheters in chemotherapy-treated cancer patients: A meta-analysis. *Adv Clin Exp Med.* 2023; 32: 523-32.
 27. Costa JTBA, Matias KC, França VG, Guimarães LdC, Beininger MA, Oliveira SRd. Nursing perceptions and practices in relation to adverse events related to peripherally inserted central catheters in neonates: A mixed methods study. *J Neonatal Nurs.* 2024; 30: 649-53.
 28. Bing S, Smotherman C, Rodriguez RG, Skarupa DJ, Ra JH, Crandall ML. PICC versus midlines: Comparison of peripherally inserted central catheters and midline catheters with respect to incidence of thromboembolic and infectious complications. *Am J Surg.* 2022; 223: 983-7.
 29. Wan R, Gu L, Yin B, Cai S, Zhou R, Yang W. A six-year study of complications related to peripherally inserted central catheters: A multi-center retrospective cohort study in China. *Perfusion.* 2023; 38: 689-97.
 30. Ullman AJ, August D, Kleidon TM, Walker RM, Marsh N, Bulmer AC, et al. A Comparison of Peripherally Inserted Central Catheter Materials. *N Engl J Med.* 2025; 392: 161-72.
 31. Pamela A, Yifang C, Michael M, Kyung C. Simulation-based training improves applied clinical placement of ultrasound-guided PICCs. *Support Care Cancer.* 2011; 19: 539-43.
 32. O'Grady NP, Alexander M, Burns LA, Dellinger EP, Garland J, Heard SO, Lipsett PA, Masur H, Mermel LA, Pearson ML, Raad II, Randolph AG, Rupp ME, Saint S; Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. *Clin Infect Dis.* 2011;52(9):e162-93.
 33. Lamperti M, Biasucci DG, Disma N, Pittiruti M, Breschan C, Vailati D, Subert M, Traškaitė V, Macas A, Estebe JP, Fuzier R, Boselli E, Hopkins P. European Society of Anaesthesiology guidelines on peri-operative use of ultrasound-guided for vascular access (PERSEUS vascular access). *Eur J Anaesthesiol.* 2020;37(5):344-76.
 34. Lok CE, Huber TS, Lee T, Shenoy S, Yevzlin AS, Abreo K, Allon M, Asif A, Astor BC, Glickman MH, Graham J, Moist LM, Rajan DK, Roberts C, Vachharajani TJ, Valentini RP; National Kidney Foundation. KDOQI Clinical Practice Guideline for Vascular Access: 2019 Update. *Am J Kidney Dis.* 2020;75(4 Suppl 2):S1-S164. DOI: 10.1053/j.ajkd.2019.12.001
 35. McGill RL, Ruthazer R, Meyer KB, Miskulin DC, Weiner DE. Peripherally Inserted Central Catheters and Hemodialysis Outcomes. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2016;11(8):1434-40.
 36. Nielsen EB, Antonsen L, Mensel C, Milandt N, Dalgaard LS, Illum BS, Arildsen H, Juhl-Olsen P. The efficacy of midline catheters—a prospective, randomized, active-controlled study. *Int J Infect Dis.* 2021; 102: 220-5.
 37. Jeon MH, Kim CS, Han KD, Kim MJ. Efficacy and safety of midline catheters with integrated wire accelerated seldinger technique. *Vasc Specialist Int.* 2022; 38: 2.
 38. Pittiruti M, Van Boxtel T, Scoppettuolo G, Carr P, Konstantinou E, Ortiz Miluy G, Lamperti M, Goossens GA, Simcock L, Dupont C, Inwood S, Bertoglio S, Nicholson J, Pinelli F, Pepe G. European recommendations on the proper indication and use of

- peripheral venous access devices (the ERPIUP consensus): A WoCoVA project. *J Vasc Access*. 2023; 24: 165-82.
39. Society for Nursing Science and Engineering, ed. *Best Practice for Peripheral Intravenous Catheter Insertion Techniques*. Tokyo: Shorinsha; 2022. p. 1-40.
 40. Adam F, Marilena S, Gianfranco S. The catheter-to-vein ratio at the tip level, not the catheter type, as a risk factor for a catheter failure. A retrospective comparative study of polyurethane midline and long peripheral catheters. *Heart Lung*. 2023; 60: 39-44.
 41. Fu J, Zhao L, Tian Y, Liu Y, Zhang H, Li H. Impact of terminal tip location of midline catheters on catheter-related complications and indwelling duration in elderly patients. *Nursing Open*. 2023; 10: 2349-56.
 42. Lorenzen AN, Itkin DJ. Surveillance of infection in home care. *Am J Infect Control*. 1992; 20: 326-9.
 43. Adams DZ, Little A, Vinsant C, Khandelwal S. The midline catheter: a clinical review. *J Emerg Med*. 2016; 51: 252-8.
 44. Sakamoto Y, Nakayama K. *A practical guide to midline catheters: 46 key questions answered*. Tokyo: Nankodo; 2024.

第4章 Clinical questions: カテーテル先端位置に関する検討

【CQ】

中心静脈カテーテル留置（内頸静脈・鎖骨下静脈・PICC）において、Zone B と比較して Zone A へのカテーテル先端留置を推奨するか？

【Answer】

成人の中心静脈カテーテル留置において、Zone B と比較して Zone A へのカテーテル先端留置を弱く推奨する。（GRADE 2D）

推奨の強さ：弱い推奨（条件付き推奨）

エビデンスの確実性：非常に低（Very Low）

付帯事項：小児患者における推奨は提示できない。

（1）背景

中心静脈カテーテル（central venous catheter：CVC、PICC、透析カテーテル、植込み型ポートを含む）は日常診療で広く使用されている。一方で、血栓症・カテーテル機能不全・不整脈・心タンポナーデ・カテーテル関連血流感染症などの重大な合併症を伴う医療デバイスであり、安全な管理が求められる。

カテーテル先端位置は機械的合併症の発生率と密接に関連することが知られている。先端が上大静脈（superior vena cava：SVC）内の適切な位置に留置されることで機械的合併症が低減されると考えられているが、「どこが適正位置か」については従来から議論がある¹⁻⁴。

中心静脈カテーテルの留置位置については、Zone 分類が国際的に普及している^{4,5}。Zone A は SVC 下部の気管分岐部より下方から cavoatrial junction（CAJ：上大静脈・右房接合部）を含む右房上部にかけての領域を指し、Zone B は SVC 中部から上部（概ね第1・2肋間～気管分岐部レベル）、Zone C は SVC より末梢の左無名静脈を指す。近年のガイドラインでは Zone A を「適正位置」として推奨しているが^{1,2}、Zone 定義の画像学的基準（椎体レベルや気管分岐部からの距離等）が研究間で一定でなく、Zone A 対 Zone B の直接比較に基づく系統的なエビデンスの統合が求められていた。本 CQ は、この臨床的不確実性を整理することを目的として設定された。その上で、GRADE アプローチに基づき、Zone A への先端留置を推奨するか否かを評価した。

（2）利益と害のバランス

Zone A 対 Zone B を直接比較した研究を対象に、を対象にシステマティックレビューおよびメタアナリシスを実施した。検索は、PubMed・EMBASE・CENTRAL を用いた。最終的に非ランダム化比較研究（non-randomized studies of interventions: NRSI）15 件

⁶⁻²⁰を採用した。ランダム化比較試験 (randomized studies of interventions: RCT) は現時点で存在しなかった。

主要なアウトカムに関する効果推定値は以下のとおりである (括弧内は 95%信頼区間)。

① 血栓

8 件の NRSI⁶⁻¹³ (Zone A 群 n=2,706、Zone B 群 n=372) において、Zone A は Zone B と比較して血栓発生リスクが有意に低かった (RR 0.13、95%CI 0.02~0.96)。これは 1,000 人あたり 267 人の減少 (95%CI 300 人減少~12 人減少) に相当する。エビデンスの確実性は「低 (Low)」と判断した (研究デザイン・バイアスリスクによるダウングレード)。

② 機能不全

6 件の NRSI^{7,9,11,12,14,18} (Zone A 群 n=428、Zone B 群 n=292) において、Zone A は Zone B と比較して機能不全リスクが低い傾向を示した (RR 0.41、95%CI 0.14~1.20)。1,000 人あたり 87 人減少 (95%CI 127 人減少~29 人増加) に相当するが、信頼区間が 1 をまたいでおり統計学的有意差は得られなかった。エビデンスの確実性は「非常に低 (Very Low)」と判断した (バイアスリスク・不精確さによるダウングレード)。

③ 死亡 (カテーテル関連)

6 件の NRSI^{7,12,13,15,17,18} において、観察期間内に両群ともカテーテル関連死亡のイベントは 0 件であり、効果推定が不能であった。

④ 心タンポナーデ

3 件の NRSI^{12,14,18} において、両群ともイベントは 0 件であり、効果推定が不能であった。

⑤ 不整脈 (臨床的に重要な不整脈)

不整脈を主要アウトカムとして検討した研究は存在せず、効果推定は不能であった。

⑥ カテーテルの位置変更・再挿入

2 件の NRSI^{11,12} (Zone A 群 n=146、Zone B 群 n=129) において、Zone A で減少傾向を示したが (RR 0.19、95%CI 0.00~42.61)、信頼区間が極めて広く確実な結論は得られない (1,000 人あたり 82 人減少、推定は極めて不確実)。エビデンスの確実性は「非常に低 (Very Low)」と判断した。

⑦ Summary of Findings (エビデンス総括表)

| アウトカム | 研究数 | デザイン | Zone A n/N (%) | Zone B n/N (%) | 効果推定値 (95%CI) | 絶対効果 (1,000人あたり) | エビデンスの 確実性 |
|-----------------|-----|------|-------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------|
| 血栓 | 8 | NRSI | 51/2706 (1.9%) | 114/372 (30.6%) | RR 0.13 (0.02- 0.96) | 267人減少 (300~12人 減少) | ⊕⊕○○ 低 |
| 機能不全 | 6 | NRSI | 33/428 (7.7%) | 43/292 (14.7%) | RR 0.41 (0.14- 1.20) | 87人減少 (127人減少 ~29人増 加) | ⊕○○○ 非常に 低 |
| 死亡 (CVC 関 連) | 6 | NRSI | 0/2303 (0.0%) | 0/290 (0.0%) | 推定不能 | - | 評価不 能 |
| 心タンポナー デ | 3 | NRSI | 0/158 (0.0%) | 0/178 (0.0%) | 推定不能 | - | 評価不 能 |
| 不整脈 | 0 | - | - | - | 推定不能 | - | 評価不 能 |
| 位置変更・再 挿入 | 2 | NRSI | 1/146 (0.7%) | 13/129 (10.1%) | RR 0.19 (0.00- 42.61) | 82人減少 (推定不確 実) | ⊕○○○ 非常に 低 |

NRSI : non-randomized studies of interventions、RR : リスク比、CI : 信頼区間

上記の結果を総合すると、Zone AはZone Bと比較して血栓およびカテーテル機能不全を減少させる効果が示唆された。一方で、害に関するアウトカム（心タンポナーデ・不整脈など）についてはイベントが発生しなかった、または、評価不能であり、Zone Aが有害事象を増加させることを示すエビデンスは現時点で存在しない。以上より、リスク差を考慮した結果、望ましい効果は望ましくない効果を上回り、Zone Aへの留置が優れていると判断した。ただし、エビデンスの確実性は全体として非常に低く（Very Low）、この判断には不確実性が伴うことに留意する必要がある。

(3) 容認性

本CQは、Zone AとZone Bのいずれにカテーテル先端を留置するかという選択に関するものである。いずれの選択であっても必要資源量（機器・手技・コスト）に実質的な差異はない。CVC挿入後の先端位置確認（胸部X線撮影またはエコーガイド下確認）

はすでに通常診療として実施されており、Zone A を目標とした位置調整は追加費用や新たな資源を要しない。

費用対効果を直接検討した文献は認められなかった。しかし、機械的合併症の減少という便益を考慮すると、Zone A 留置の費用対効果は Zone B と比較して同等以上であると考えられる。

患者・医療者の立場からは、血栓症・機能不全リスク低減という観点から Zone A への留置は受け入れやすく、容認性は高いと判断した。すでに先端位置確認が通常診療として行われている施設においては、実行可能性も高い。

(4) 関連する他のガイドラインにおける推奨

| ガイドライン | 推奨内容 |
|---|---|
| Infusion therapy standards of practice, 9th Edition ¹ | 先端は cavoatrial junction (CAJ:SVC/RA 接合部) (Zone A に相当) を推奨。SVC 上部 (Zone B に相当) は血栓・機能不全リスクが高く、避けることが推奨されている。 |
| Association of Anaesthetists guidelines: safe vascular access 2025 ² | 先端は lower third of the superior vena cava (SVC 下部、CAJ (Zone A に相当)、または high right atrium を至適位置とする。 |

以上の最近の国際的ガイドラインはいずれも Zone A 相当の先端位置を「適正位置」として推奨しており、本ガイドラインの推奨と整合している。

(5) 推奨に関わる検討事項

正当性：Zone A 留置は Zone B 留置と比較して、血栓症およびカテーテル機能不全の減少という望ましい効果が示唆された。一方で、害に関するエビデンスは乏しく、結果の一貫性にも限界があるため、全体のエビデンスの確実性は非常に低い。しかし、本 CQ は新規治療の導入ではなく先端位置の選択に関するものであり、追加費用や資源利用の増加はほとんどなく、通常診療の範囲で実施可能である。患者にとって機械的合併症の回避は重要なアウトカムであり、患者の価値観の大きなばらつきは想定しにくい。以上より、推奨の強さは条件付きにとどまるものの、Zone A を選好することが妥当と判断した。

エビデンスの確実性：採用研究はすべて NRSI であり、RCT は存在しない。研究間の交絡因子調整の不十分さが重大な限界である。益のアウトカムは介入による方向性の不一致がみられなかったが、ROBINS-I によるバイアスリスクを考慮し「低 (Low)」と判断した。また、害のアウトカムは「非常に低 (Very Low)」と判断した。以上より、全体のエビデンスの確実性は「非常に低 (Very Low)」とした。

サブグループに関する検討事項：サブグループ解析は Catheter type (CVC・PICC・ポート)、挿入部位 (内頸静脈・鎖骨下静脈・上腕静脈)、左右差でサブグループ解析を

計画したが、各層の研究数が少なく、多くが単一研究であったため、信頼できる層別効果の評価は困難であった。

実施に関わる検討事項：Zone A 留置で理論上懸念される心タンポナーデについては、対象研究において報告されなかった。推奨の実施にあたっては、自施設での Zone 判定の解剖学的基準（気管分岐部レベルや椎体基準）を明確化し、位置不良時の対応フローを標準化することが重要である。

研究上の優先事項：Zone A 対 Zone B を直接比較するランダム化比較試験の実施が必要である。また、挿入部位・カテーテル種類別のサブグループ解析、および不整脈・カテーテル関連感染症を主要アウトカムとした長期観察研究の蓄積が今後のエビデンス強化に資すると考えられる。

さらに、小児におけるカテーテル先端位置に関する研究の蓄積も重要である。

文献

1. Nickel B, Gorski L, Kleidon T, Kyes A, DeVries M, Keogh S, Meyer B, Sarver MJ, Crickman R, Ong J, Clare S, Hagle ME. Infusion therapy standards of practice, 9th edition. *J Infus Nurs.* 2024;47(1 Suppl 1):S1-S285.
2. Johnston AJ, Simpson MJ, McCormack V, Barton A, Bennett J, Chalisey A, Crane J, Curry S, Laycock H, Patel D, See T, Shubhaker J, Singh K, Thornton S. Association of Anaesthetists guidelines: safe vascular access 2025. *Anaesthesia.* 2025;80(11):1381-96.
3. Vesely TM. Central venous catheter tip position: a continuing controversy. *J Vasc Interv Radiol.* 2003;14(5):527-34.
4. Stonelake PA, Bodenham AR. The carina as a radiological landmark for central venous catheter tip position. *Br J Anaesth.* 2006;96(3):335-40.
5. Fletcher SJ, Bodenham AR. Safe placement of central venous catheters: where should the tip of the catheter lie? *Br J Anaesth.* 2000;85(2):188-91.
6. Pithie A, Soutar JS, Pennington CR. Catheter tip position in central vein thrombosis. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 1988;12(6):613-4.
7. Craft PS, May J, Dorigo A, Hoy C, Plant A. Hickman catheters: left-sided insertion, male gender, and obesity are associated with an increased risk of complications. *Aust N Z J Med.* 1996;26(1):33-9.
8. Luciani A, Clement O, Halimi P, Goudot D, Portier F, Bassot V, Luciani JA, Avan P, Frija G, Bonfils P. Catheter-related upper extremity deep venous thrombosis in cancer patients: a prospective study based on Doppler US. *Radiology.* 2001;220(3):655-60.
9. Caers J, Fontaine C, Vinh-Hung V, De Mey J, Ponnet G, Oost C, Lamote J, De Greve J, Van Camp B, Lacor P. Catheter tip position as a risk factor for thrombosis associated with the use of subcutaneous infusion ports. *Support Care Cancer.* 2005;13(5):325-31.
10. Verso M, Agnelli G, Kamphuisen PW, Ageno W, Bazzan M, Lazzaro A, Paoletti F, Paciaroni M, Mosca S, Bertoglio S. Risk factors for upper limb deep vein thrombosis associated with the use of central vein catheter in cancer patients. *Intern Emerg Med.* 2008;3(2):117-22.
11. Ballard DH, Samra NS, Gifford KM, Roller R, Wolfe BM, Owings JT. Distance of the internal central venous catheter tip from the right atrium is positively correlated with central venous thrombosis. *Emerg Radiol.* 2016;23(3):269-73.
12. Takahashi Y, Shodo R, Takahashi T, Ueki Y, Yamazaki K, Horii A. Comparison of left-right differences in tip positioning and complications of peripherally inserted central catheters (in Japanese with English abstract). *Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho.* 2021;124:122-7.

13. Chen K, Zhang J, Beeraka NM, Gu Y, Li J, Han N, Sinelnikov MY, Lu P. Retrospective analysis: 5509 cases of "totally implantable venous access port systems implantation (TIVAPS) depth" assisted by digital radiography. *Langenbecks Arch Surg.* 2022;407(7):3123-32.
14. Shimizu H, Kodama S, Kakizaki J, Shimazaki M, Kawauchi N, Kamatani E, Harada N, Yoshizaki T, Takahashi D. Hemodialysis vascular catheter tip position - Relationship with catheter-related problems and effective blood flow rate: A retrospective cohort study (in Japanese with English abstract). *Nihon Toseki Igakkai Zasshi.* 2025;58:8-15.
15. Hade AD, Beckmann LA, Basappa BK. A checklist to improve the quality of central venous catheter tip positioning. *Anaesthesia.* 2019;74(7):896-903.
16. Kwon HJ, Jeong YI, Jun IG, Moon YJ, Lee YM. Evaluation of a central venous catheter tip placement for superior vena cava-subclavian central venous catheterization using a premeasured length: A retrospective study. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(2):e9600.
17. Pittiruti M, Bertollo D, Briglia E, Buononato M, Capozzoli G, De Simone L, La Greca A, Pelagatti C, Sette P. The intracavitary ECG method for positioning the tip of central venous catheters: results of an Italian multicenter study. *J Vasc Access.* 2012;13(3):357-65.
18. Petersen J, Delaney JH, Brakstad MT, Rowbotham RK, Bagley CM Jr. Silicone venous access devices positioned with their tips high in the superior vena cava are more likely to malfunction. *Am J Surg.* 1999;178(1):38-41.
19. Cadman A, Lawrance JA, Fitzsimmons L, Spencer-Shaw A, Swindell R. To clot or not to clot? That is the question in central venous catheters. *Clin Radiol.* 2004;59(4):349-55.
20. Johnston AJ, Holder A, Bishop SM, See TC, Streater CT. Evaluation of the Sherlock 3CG Tip Confirmation System on peripherally inserted central catheter malposition rates. *Anaesthesia.* 2014;69(12):1322-30.