

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 2017

2017年6月改訂

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・管理のため手引き改訂 WG 作成

目次

I. はじめに	4
II. インフォームドコンセント	4
III. 教育体制	6
IV. 中心静脈穿刺	8
内頸静脈	8
鎖骨下静脈穿刺	10
大腿静脈穿刺	10
末梢挿入型中心静脈ライン (peripherally inserted central catheter: PICC)	11
V. カテーテル挿入法	11
穿刺手技	11
Pre-procedure ultrasound examination (Prescan)	12
穿刺部位の選択	13
リスク評価	15
手技手順	16
A. モニタリング・救急カートの準備	16
B. 患者の体位	17
C. Prescan	18
D. 高度無菌遮断予防策	18
E. 穿刺キットの確認	18
F. タイムアウト	20
G. 消毒	20
H. 穿刺・カテーテル留置	20
Static approach (作図法)	21
Real-time approach	24
短軸交差法 (Short axis out of plane technique: SAX-OOP technique)	24
短軸交差法の理論	26
長軸平行法 (Long axis in plane technique: LAX-IP technique)	30

ガイドワイヤーの位置確認	31
VI. カテーテル留置確認法	32
VII. 機械的合併症を避けるための確認手順	34
VIII. 主な機械的合併症とその対策	40
1 動脈穿刺・血腫	40
2 気胸	41
3 血胸、縦隔血腫、胸水、心タンポナーデ	41
4 空気塞栓	41
5 不整脈	42
6 局所神経損傷	42
7 まれな合併症	42
IX. 合併症発生頻度	42
X. 危険因子	44
XI. 中心静脈穿刺・カテーテル管理における感染対策	45
中心静脈カテーテル感染の種類	45
中心静脈カテーテル穿刺の環境に関する推奨	46
感染予防に関する推奨	46
XII. 小児特有の中心静脈カテーテル挿入における注意点	50

I. はじめに

中心静脈カテーテル挿入は、中心静脈圧の計測という目的を超えて、薬物投与の安定的経路の継続的確保のために、小児から成人にまで広く応用される侵襲性のある医療行為である。誤った適応や未熟な手技による挿入は、患者の安全を損ね、本来の目的を達し得ないばかりか、悲惨な結果を招くことは過去に多くの事例が示している。

麻酔科医は、日常的にこの手技を用いる診療を行っていることから、この手技の安全性と危険性を十分に認識した上で、適切に行う必要がある。新しい手技や医療機器が紹介され、それがより安全性を高めることが示されるなら、日本麻酔科学会と会員の麻酔科医はその修得のために必要な努力を行うべきである。以上の観点から、本会は以下に中心静脈カテーテル挿入の現状と望ましい方向性を提案する。ただし、記載事項はあくまで一般的原則を述べたものであり、個々の症例における具体的判断は、担当医師の判断に委ねられるべきである。

II. インフォームドコンセント

中心静脈カテーテル挿入に関連して生命に関わる合併症が発生しうる。それらを回避するためには、挿入しないことも考慮すべきであり、個々の症例に当たっては、末梢挿入型中心静脈ライン (peripherally inserted central

catheter:PICC) や、他の代替手段の可能性を考慮した上で、挿入に関する得失を検討する必要がある。その上で挿入にあたっては、安全な挿入のために、施設・病院や診療科ではその方法と手技を標準化しておくことが望まれる。

麻酔科医が関わる中心静脈カテーテル挿入は二通りに大別される。一つは、麻酔とは無関係に中心静脈カテーテル挿入を依頼される場合で、長期治療に必要となるので留置期間は長い。たとえば小児の抗がん剤治療などである。他は麻酔管理に必要な一連の手段とする場合で、通常は短期間に抜去する。両者には感染リスクの違いがあり [1]、前者は後者と異なって、麻酔下には挿入できないこともあるので、麻酔中の挿入とは異なり患者の心理状態など配慮すべき事項がある。いずれも挿入前の（術前）診察の際に、患者本人と家族に説明し、同意を得ておくべきである [2] [3]。なお何らかの緊急事態のために中心静脈カテーテル挿入を必要とする場合は、家族にだけでも事前に説明を行うことが望ましい。高度の救命処置の一連の行為に含まれる場合では、事後早い時期に経緯の説明を行い、承諾を得ることが望まれる。なお挿入後の確認に X 線透視などを行う場合は、そのことにも言及しておくのがよい。

説明の内容としては、中心静脈カテーテル挿入の必要性、発生しうる合併症、予期しない合併症が発生した場合の対処方針など、できるだけ網羅的に説明すべきである。手技と合併症については後述する。挿入期間が予想外に長期に亘

る場合は、入れ替え必要性が生じた時点で、新たに説明し承諾を得ることも必要である。

Ⅲ. 教育体制

中心静脈カテーテルの安全な挿入と管理のためには、標準化された教育、シミュレーション、教育指導体制が必要である[4]。日本医学会でも医学・医療の安全の科学をテーマにした第 127 回日本医学会シンポジウムで、標準化、シミュレーション、教育の三つのキーワードを挙げた。

中心静脈カテーテル挿入の手技的な上達のために、超音波ガイド下穿刺を積極的に適用すべきである。穿刺部位を視覚化することで安全確実に挿入できるようになるが、そのためにはシミュレータ教育が有効であり[5][6]、十分に活用されるべきである。各施設・病院では積極的に穿刺訓練のためにシミュレーション用マネキンなど教育機材を導入することを勧める。単独の施設で教育機材が確保しにくい場合は、学術集会等に併設の講習会の活用を図ることを推奨する。その際、合併症の早期発見の方法も併せて学習することが望まれる。シミュレーション教育は感染症対策としても有用である[7]。

最近では死体を用いた外科手技等のシミュレーション教育がわが国でも可能となってきた。その有用性が評価されていることから[8]、今後は初期研修や専門医教育に利用できると期待される。

中心静脈カテーテル挿入の目的は、患者の安全を確保した上で、麻酔管理等の治療成績の向上を目指すべきものであり、そのための教育は、手技の向上とともに安全教育・合併症対策、インフォームドコンセントの取得能力や説明能力の向上を図るように設計される必要がある。また管理者には、この教育体制が機能するような医療環境の一層の整備を図ることも期待される。

IV. 中心静脈穿刺

穿刺部位の解剖的理解

穿刺を安全に行うには、手技の熟達だけでなく、穿刺部位の解剖学的な知識が必要である [9][10]。下記に、各穿刺部位の解剖学的特徴と注意点についてまとめた。

○ 内頸静脈 [10]

内頸静脈は、胸鎖乳突筋の胸骨頭と鎖骨頭および鎖骨によって形成される頸三角内の皮下約 1 cm の深さに存在する (図 1: 内頸静脈の位置) [11]。

この部位での内頸静脈の走行は、通常気管にほぼ平行である。頸三角の頂点から同側乳頭方向に穿刺するセントラルアプローチは、総頸動脈の誤穿刺を避ける方向であるが、内頸静脈の走行とは異なる。仮に、セントラルアプローチで内頸静脈を捉えられず、深く刺すと鎖骨下動脈や肺が存在してい

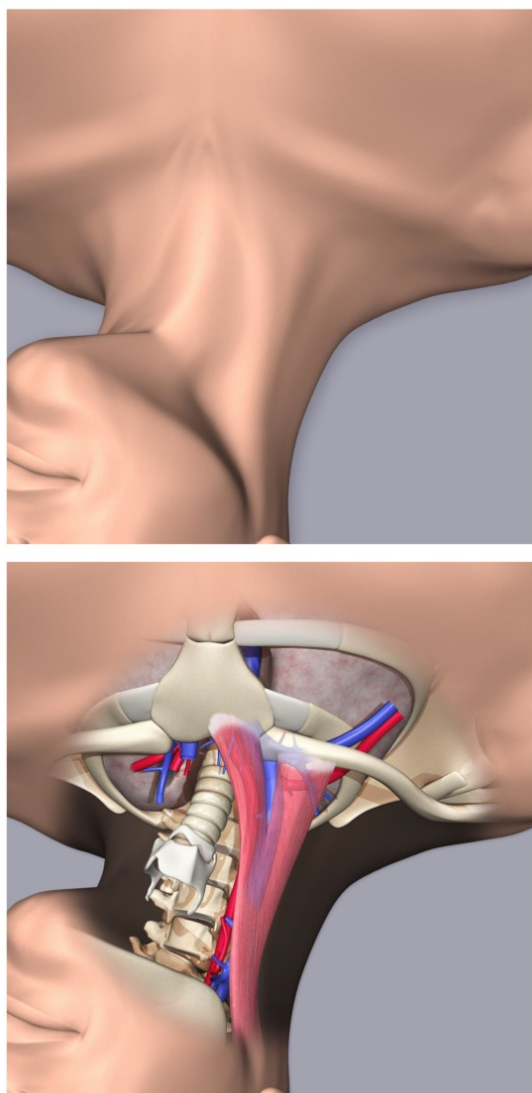


図 1: 内頸静脈の位置

て危険である。内頸静脈の背側には、鎖骨下動脈から分枝する甲状頸動脈、下
甲状腺動脈、頸横動脈、上行頸動脈、肩甲上動脈等の細動脈に加え、椎骨動脈
等が存在し危険である。これらの動脈誤穿刺を回避するには、深く刺さない、
内側に向けて刺さないといった注意が必要である（図2：内頸静脈の後方近隣の
解剖：文献12より転載）[12]。

より鎖骨に近い位置で穿刺する場合、内頸静脈は鎖骨に近づくにつれて、縦
隔に入るために、内側に屈曲していくことに注意しなければならない。内頸静
脈の走行が直線だという先入観があると、内頸静脈を外すだけでなく、穿刺針
が肺に向かい危険である。

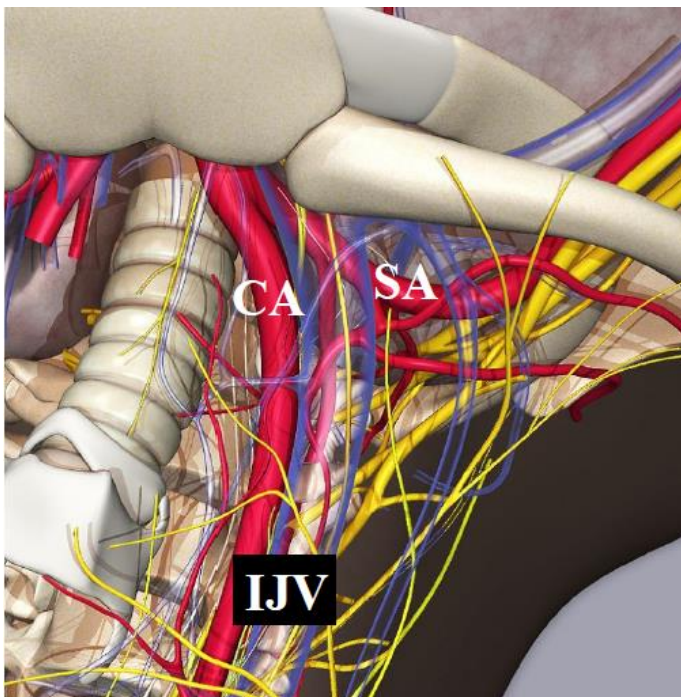


図2 内頸静脈の後方近隣の解剖
内頸静脈（透視化した）の背後に、頸横動脈、下甲状腺動脈、椎骨動脈などが存在していることが分かる。

SA:鎖骨下動脈、CA:総頸動脈、IJV:内頸静脈

○ 鎖骨下静脈穿刺[10]

鎖骨下静脈は、通常鎖骨の内側 1/3 の背側に存在する。鎖骨下静脈を穿刺するには、この部位から鎖骨と第一肋骨の内側に存在する肋鎖靭帯との間の短く狭い隙間を狙う必要がある。鎖骨下窩（鎖骨の外側にある大胸筋外縁と三角筋内縁の間の筋肉の薄くなっている部位）から、鎖骨内側と第一肋骨内側との間の隙間を狙うのが古典的なランドマーク法である。一方、鎖骨の内側 1/3 の背側を直接狙う方法もある。いずれの方法でも、近接する鎖骨下動脈の誤穿刺と、肺の誤穿刺による気胸が起こりうる。これらを同時に損傷すると血気胸が起こる。

最近、超音波ガイド下鎖骨下静脈穿刺（正確には、鎖骨尾側腋窩静脈穿刺）の有用性のエビデンスが蓄積されてきた[13]。しかし、現時点では熟練者による穿刺でのみ高い成功率・低い合併症発生率を示せている[14]。このため、初心者による安易な穿刺は慎まなければならない。

○ 大腿静脈穿刺[10]

大腿静脈穿刺は、鼠径靭帯の 2 横指尾側、大腿動脈の内側を穿刺目標とするという記載が一般的である。注意すべき点は、穿刺針が鼠径靭帯より頭側に進まないようにすることである。穿刺針が鼠径靭帯を超えて頭側に進むと、右側

では（外腸骨）動脈が、（外腸骨）静脈を跨ぐ形で前方に位置するため、動脈誤穿刺を起こしやすい。この時、後腹膜や腹腔に大量出血する可能性がある。

○ 末梢挿入型中心静脈ライン (peripherally inserted central catheter: PICC)

初期の PICC は、肘関節近辺の皮静脈（主に尺側皮静脈）から上大静脈にカテーテルを留置した。この部位だと、肘の動きによりカテーテルと皮膚が擦れることで静脈炎を起こしやすく、肘関節近辺の細い尺側皮静脈に留置したカテーテルは、血流障害を起こし血栓を生じやすい。近年、上腕の尺側皮静脈を超音波ガイド法で穿刺しカテーテルを挿入する PICC が主流となった[15]。上腕の尺側皮静脈は比較的太く血流障害を起こし難い。しかし、この部位では通常静脈を肉眼で確認することが難しいため、超音波ガイド法が用いられる。

V. カテーテル挿入法

穿刺手技[16][17][18]

中心静脈カテーテルの挿入法は、従来の体表の解剖学的目印を指標にして穿刺を行うランドマーク法 (Anatomical landmark technique) と超音波断層像を用いる超音波ガイド法 (Ultrasound-guided technique) に大別される。

超音波ガイド法には、穿刺前に超音波断層像で標的静脈の周囲を観察

(Pre-procedure ultrasound examination: Prescan[18]) し、体表の解剖学的目印との位置関係を把握して穿刺を行う Static approach (皮膚にマーキングを行うこともあることから、本邦では作図法とも呼ばれている) と、超音波ガイド下に穿刺を行う Real-time approach がある。Real-time approach でも Prescan は必ず行う (穿刺直前に Prescan を行って初めてリスクが判明した場合、穿刺部位を変更するために再度消毒等の準備が必要となるためである)。

Pre-procedure ultrasound examination (Prescan) [18]

Prescan の目的は、動静脈の確認 (超音波プローブの圧迫で容易に潰れるのが静脈、動脈は圧迫で潰れ難く脈拍に一致して拍動する) だけでなく、①穿刺に適した静脈であるか評価する (標的静脈の存在の有無、静脈内血栓の有無)、②穿刺時のリスクを評価する (静脈の蛇行・偏位、動脈との位置関係、周辺組織との関係)。③穿刺後のリスクを評価する (静脈径：細い静脈ではカテーテル留置に伴う血流低下により血栓形成や静脈の狭窄を起こす可能性がある) (図 3. Prescan)。Prescan は、リスク評価に有用であるため、ランドマーク法で施行する際にも、可能な限り行うべきである。ランドマーク法の前に Prescan を行った場合、超音波によって標的静脈の位置を確認していることから、分類上は超音波ガイド法 (後述：Static approach) となる [16][19]。よって、本稿では、

全ての中心静脈穿刺において超音波ガイド法を推奨する。

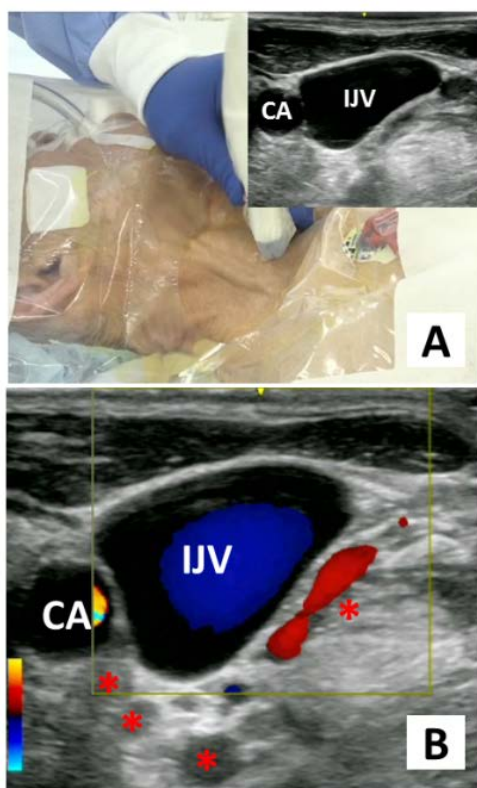


図 3A は、頸三角の midpoint 近辺の内頸静脈および総頸動脈の超音波断層像を示している

(IJV：内頸静脈、CA：総頸動脈)。同部位をカラードプラ法で観察すると(図 3B)、内頸静脈の背後に細動脈(*)が多数存在しているため、内頸静脈の後壁を貫くと動脈誤穿刺のリスクが高いことを示している。

図 3：内頸静脈の後方に存在する細動脈

穿刺部位の選択[1]

中心静脈穿刺の標的静脈には、内頸静脈、鎖骨下静脈(超音波ガイド法においては、鎖骨尾側腋窩静脈)、大腿静脈、および上腕の尺側皮静脈(PICC)がある。

各穿刺部位の特徴を表 1 に示す[17]。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、③Prescan によるリスク評価等を考慮して決定する。

表 1 各穿刺部位の特徴（文献 1 より改変） [1] [15]

標的静脈	長所	短所
内頸静脈	<p>静脈の同定が容易</p> <p>機械的合併症のリスクが低い</p> <p>血栓形成が少ない</p> <p>超音波ガイド法で容易に穿刺可能</p>	<p>カテーテルの違和感が強い</p>
鎖骨下静脈	<p>カテーテルの違和感が少ない</p> <p>血栓形成のリスクが低い</p> <p>感染のリスクが低い</p>	<p>静脈の同定が難しい</p> <p>右側は頭側に迷入しやすい</p> <p>気胸・血気胸のリスクが高い</p> <p>Pinch-off syndrome*のリスクがある</p> <p>熟練者でないと超音波ガイド法での穿刺は困難</p>
大腿静脈	<p>静脈の同定が容易</p> <p>超音波ガイド法で容易に穿刺可能</p>	<p>カテーテルの違和感が強い</p> <p>血栓形成のリスクが高い</p>
PICC	<p>致死的合併症が起こりにくい</p> <p>感染のリスクが低い</p>	<p>血栓形成のリスクが高い</p>

*Pinch-off syndrome とは、鎖骨と第一肋骨の間の靭帯を通してカテーテルが挿入されたとき、腕を動かすことでカテーテルが挟まれ、輸液の滴下不良や最終的にカテーテルの切断が起こる現象をいう。

カテーテル関連血流感染は、鎖骨下静脈で最も少なく、大腿静脈で最も多いとされている（CDC ガイドライン）[20]が、いずれの部位でも感染率に差がないとする報告も多数ある[21][22]。最新の報告では、カテーテル血流感染は鎖骨下静脈で最も少ないが、内頸静脈と大腿静脈には大差はないというものである[23]。しかし、感染防御が徹底していない医療施設も多数存在することを考慮し、本稿では、大腿静脈カテーテルは、できる限り早期に他の中心静脈路に変更することを推奨する。

ハイリスク患者では、機械的合併症リスクの低いPICC も考慮するとよい[24]。

リスク評価（参照：X. 危険因子）

患者に特有なリスクには、肥満（BMI > 30）・低体重（るい瘦，BMI < 20）[25][26]、浮腫[26]、穿刺部位の手術創[25][26]やペースメーカーの存在[26]及び感染[26]、放射線治療[25]、凝固障害（および非補正、抗凝固療法・抗血小板療法）[26]、仰臥位になることができない（頭蓋内圧上昇、心不全）などが挙げられる[26][27]。これらのリスクがあれば、中心静脈穿刺はより危険なものとなる

ため、穿刺の適否や穿刺部位の選択は慎重に判断する。前述のPICC もリスクを回避する方法の一つである。

リスクの評価のために、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）、胸部レントゲン写真（CT 画像があればより正確に評価可能）、全血球数・血液生化学・凝固機能検査、既往歴・現病歴（内服薬）などである。通常、血小板 $5 \text{ 万}/\text{mm}^3$ 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）正常上限の 1.3 倍以下が、出血のリスクの安全基準とされている [1]。実施にあたっては、患者の状態とリスク・ベネフィットを十分考慮して適否を決める。このため穿刺前のリスク評価は必須である。

手技手順 [28]

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. Pre-procedure ultrasound examination (Prescan)、D. 高度無菌遮断予防策 Maximal sterile barrier precautions (MBP)、E. 穿刺キットの確認、F. タイムアウト [29] [30]、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早期に対処するために必須である。①末梢動脈血酸素飽和度(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(「安全な麻酔のためのモニター指針」に準ずる)。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位である[31]。ベッドの傾斜角度は、10~20°程度とする。全身麻酔下で穿刺を行う場合は、傾斜角度は10°程度で十分である[11]。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[32])。さらに、バルサルバ手技を加えると、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[33]。なお、人工呼吸器の設定で、PEEPを5～10cm水柱圧程度かけると、静脈圧の上昇の助けになる[34][35]。大腿静脈穿刺では、水平位あるいは、逆 Trendelenburg 位[36]とする。

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)

D. 高度無菌遮断予防策[20][28]

高度無菌遮断予防策 Maximal sterile barrier precautions: MBP は必須である。MBP では、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、患者を大型の滅菌ドレープで覆う (参照: X I. 中心静脈穿刺・カテーテル管理における感染対策)。

E. 穿刺キットの確認

穿刺キットは、穿刺法により三つに大別される。Seldinger 法では、金属の穿刺針を用いて穿刺後、ガイドワイヤーを挿入し、ダイレータで穿刺孔を拡張、

カテーテルを留置する。modified Seldinger 法では、穿刺針に外筒付の針を用い、穿刺後に留置した外筒を通してガイドワイヤーを挿入する方法である（つまり、ガイドワイヤーを使う方法はすべて Seldinger 法の範疇となる）。

二者とも、比較的細い外径の穿刺針を用いて穿刺を行うのが特徴である（通常 18G より細い針を使う。ちなみに超音波ガイド法では、専用針であれば 20～22G でも針の視認性は良いため、静脈の愛護的穿刺を考慮して細い針を使用する）。その他、Through-the-needle/cannula 法（through-the-cannula では、二つに裂ける splitting sheath を用いる）では、大口径の穿刺針（16G より太い針）を用いて穿刺後、穿刺針あるいは外筒の内腔を通して、カテーテルを直接留置する（ガイドワイヤーを使用しない）。

穿刺針が細い方が、誤穿刺の際の侵襲が少ないことから、本稿では Seldinger 法あるいは modified Seldinger 法を推奨する。

穿刺キットは、不具合が無いかどうかチェックを行う。具体的には、①カテーテル内腔に生理食塩水を通し通過を確認、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、事前に取り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[29][30]

タイムアウトは医療安全上重要である（チェックリスト[29]を用いるとよい）。患者氏名、穿刺の目的、穿刺部位、患者に特有なリスク、消毒法の選択（アレルギーの有無）を手術スタッフと確認し消毒を開始する。

G. 消毒[20][28]

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かヨード製剤（ポビドンヨード等）を用いる。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（特に、1%クロルヘキシジンアルコールが透明な製品の場合、生理食塩水等と間違えないように注意する）。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ってからMBPを行う（参照：X I. 中心静脈穿刺・カテーテル管理における感染対策, P45）。

H. 穿刺・カテーテル留置

穿刺手技は、先に述べたように、超音波ガイド法 Static approach (Prescan) で標的静脈の位置を確認し、体表の解剖学的目印との位置関係を把握して、穿

刺方向・穿刺長を予測する)、あるいは Real-time approach で行う。特に、Real-time approach は、シミュレータで十分にトレーニングしてから、臨床での穿刺に臨む (参照：Ⅲ. 教育体制)。

一般的な中心静脈カテーテル挿入法として、右内頸静脈穿刺について概略を述べる。

Static approach (作図法)

Prescan を行った際に、頸三角に対する内頸静脈の位置を確認する (必要があれば、皮膚ペン等を用いて作図する。このため Static approach は作図法とも呼ばれる。図 4 : Static approach)。

1) Prescan では、皮膚に対して $30\sim 45^\circ$ の角度で穿刺した場合の内頸静脈までのおおよその到達距離を計測しておき、深く刺しすぎないための目安とする。

2) 本穿刺の前に、細い針 (22 あるいは 23G 程度) で試験穿刺を行うと良い。試験穿刺は、超音波で確かめた方向と深さで、実際に内頸静脈に達するか確認する

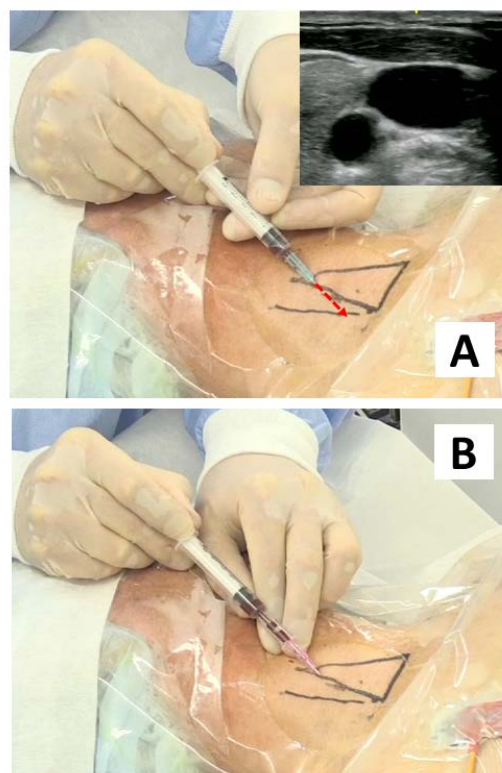


図 4 Static approach

目的で行う。図 4A は、頸三角の頂点近辺から、胸鎖乳突筋鎖骨頭の背後に存在する内頸静脈（頸三角の外側にある線は、超音波断層像で確認した内頸静脈の位置。赤線は試験穿刺針の方向を示している）を試験穿刺しているところである（穿刺する部位での内頸静脈の超音波断層像は、図 4A の右上に示した）。

3) 静脈内に針が刺入したかどうかは、シリンジの内筒に軽い陰圧をかけながら穿刺し、シリンジ内への血液の吸引（逆血）により確認する。

4) 逆血を認めたら、穿刺方向と穿刺長を覚えて本穿刺のための情報とする（矢印赤は、穿刺方向を示している）。

5) 本穿刺では、試験穿刺より針が太いため、針が静脈前壁を貫くのが難しくなり穿刺がやや深くなる傾向がある（図 4B）。必要以上に深く穿刺すると、合併症が起こる可能性が高くなるため、十分な注意が必要である（予想穿刺長に達したら不用意に深く刺しすぎないようにする。予想される深さまで穿刺しても逆血がない場合は、前後壁を同時に貫いてしまっている可能性が高いので、陰圧をかけながらゆっくり針を引き戻すとよい。後壁を貫通している場合、針が静脈内腔に戻ると逆血を認める）。

6) 逆血の勢いや色調によって、動脈誤穿刺でないことを確認する。しかし、穿刺針のベベルが静脈壁に当たっていたり、元々循環状態が悪い（ショック状態等）場合、逆血の勢いだけでは判定できない。また、貧血の患者や人工呼吸下

で酸素化を図っている場合は、色調で静脈血であることの判定はできない

[29][38]。

動脈誤穿刺か否かの判定を正確に行わずに、ダイレータを挿入すると、動脈誤穿刺だった場合、動脈の損傷が大きくなり二次的合併症が発生する。このため、Static approach では、穿刺針として外筒針を用い (modified Seldinger 法)、逆血を認めたところでいったんガイドワイヤーを挿入し、それに沿わせて外筒を留置した後に、外筒からの逆血が動脈性でないことを確認し、疑わしい場合には採血による血液ガス分析、細い延長チューブを接続することで静脈圧測定や圧モニターへの接続で動脈圧波形の有無を確認する [29] (参照：VII. 機械的合併症を避けるための確認手順, P34)。

7) 動脈誤穿刺でないことが確認できたら、ガイドワイヤーを挿入する。この時、挿入抵抗のないことを確認することが重要である。ガイドワイヤーの挿入は、20 cm以上深く挿入しないようにする。深く挿入しすぎると、ガイドワイヤーが心臓を刺激し不整脈が起こり危険である [38][39]。不整脈が出現したら、直ちにガイドワイヤーを引き戻し、正常洞調律へ回復するのを待つ (除細動が必要な場合もある [40])。

8) ダイレータの挿入では、ガイドワイヤーの屈曲と体内へ遺残を防ぐために、ガイドワイヤーの後端をしっかり保持し、自然な角度で挿入する。ダイレータ

の挿入長は5cm以内とし、不必要に深く挿入しない（首の太い患者では、超音波で必要とされる挿入長を計測し、注意してダイレータの挿入を行う）。ダイレータを深く挿入すると静脈を損傷する可能性がある[41][42]。

9) カテーテルは、標準的成人では約13cm（12～15cm，身長を基に予測する）[43]の深さに留置する。体表の解剖学的指標や胸部レントゲン写真からの情報から正確に予測する方法もある[44]。簡便な方法として、刺入部（通常なら右頸三角頂点）～右鎖骨切痕（胸骨柄と鎖骨の結合部）～胸骨柄結合と右第2肋骨の接点にカテーテルを重ねて距離を概算する方法がある[45]。

10) カテーテルの固定は、各製品の取扱い説明書に記載された方法で正しく固定する。

Real-time approach[16][17][46]

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: SAX-00P technique)

[16][17][46]

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。

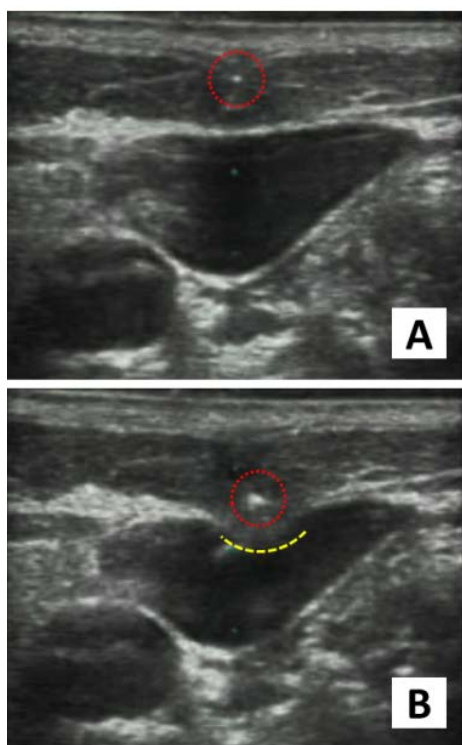


図5：針先とシャフトの誤認

図5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。図5A：穿刺針の針先（赤丸破線）が超音波断層像内に存在する。図5B：穿刺針の柄の部分が超音波断層像でとらえられている（赤丸破線）。図5Aの針先より、シャフトの輝度の方が高いため、誤認しやすい。静脈前壁に凹み（黄色破線）が認められ、針が超音波走査線を越えて前壁に触れていることがわかる。

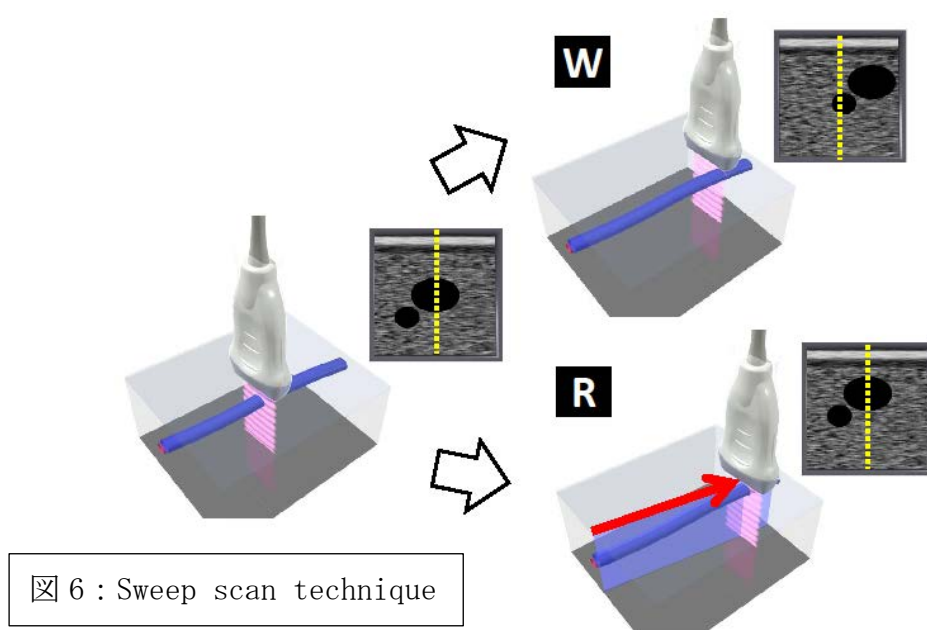
また、静脈の短軸像を確認しただけで穿刺を行うと、静脈の走行と異なる方向に穿刺針を向けてしまう可能性もあり、そのために針が静脈を斜めに貫通することで、誤穿刺の原因となりうる。

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ことを理解することが重要である。図5に示したように、穿刺針を進めている間、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[11][12][46]

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 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6 Sweep scan : 文献12より転載)。



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 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プローブをスイングさせる（約 30°、図 7）。同様に、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 7 Swing scan：文献 12 より転載）。

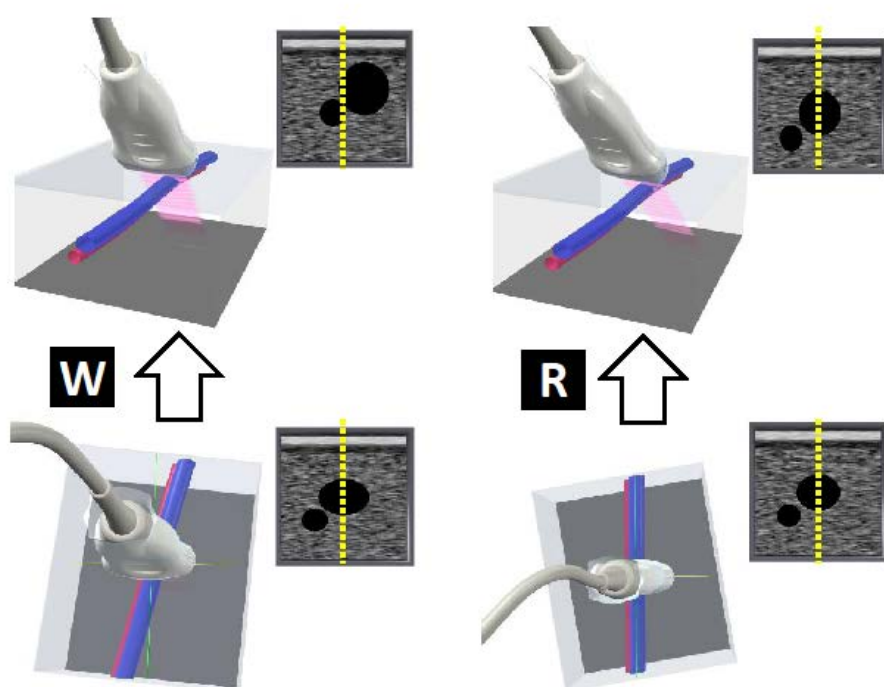


図 7. Swing scan technique

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、スイングしても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いたことになる。

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8：血管走行に垂直に置いたプローブ、[文献12](#)より転載）。

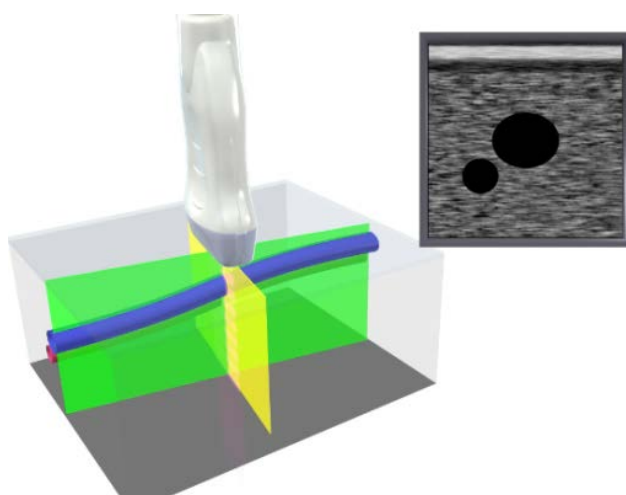


図8：血管走行に垂直に置いたプローブ

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9：運針と針先の確認法、文献12より転載）。追尾法とも呼ばれ、具体的には、走査線内に針を誘導したとき（A）、最初に確認できる白輝点が針先である（B）。次に、走査線を極わずか進行方向に移動させる。このとき、白輝点は消える（C）。針をゆっくり進めると走査線内に針先が進入し、白輝点として認識できる（D）。

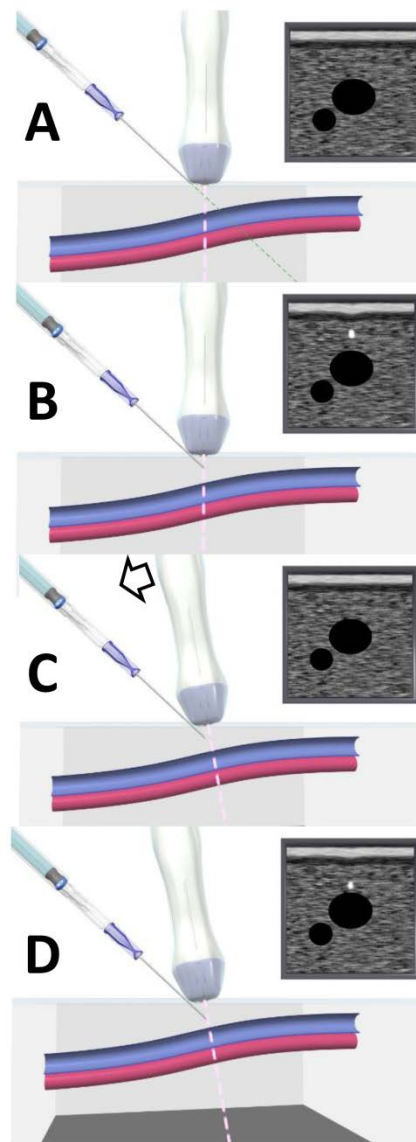


図 9A-D：運針と針先の確認法

穿刺の操作はこの繰り返しで、徐々に標的静脈に針を進める (E)。

静脈前壁に針先が触れると、ごくわずかな凹みが生じ、静脈がハート型に変形する (F)。静脈を針先で押し付けるようにして、スナップを利かせて短い移動距離で静脈の前壁だけを貫く (通常、静脈圧は低いため、前壁をゆっくり貫く操作は、針先が後壁まで移動することで、後壁穿刺の原因となる)。穿刺後、前壁が基に戻り、シャフトは見えるが、針先は見えなくなる (G)。針先を見たければ、走査線を前方に移動すると確認できる (H)。

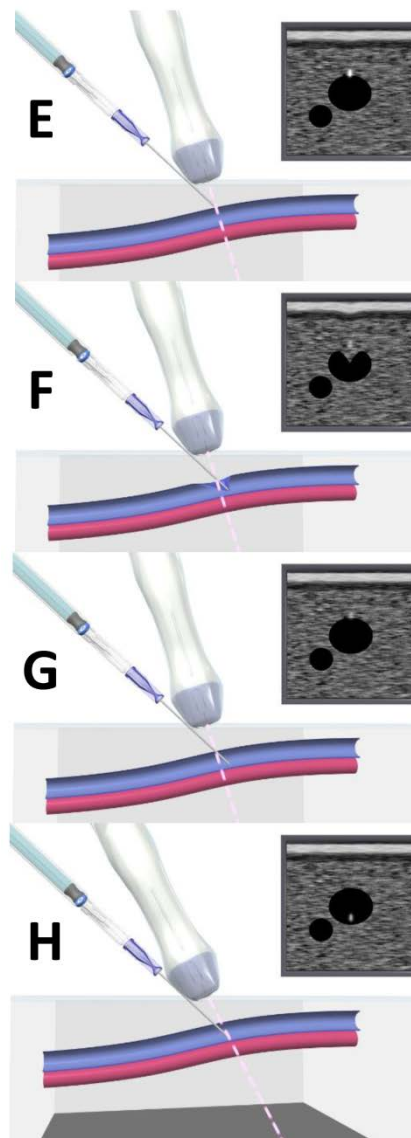


図 9E-H：運針と針先の確認法

長軸平行法 (Long axis in plane technique: LAX-IP technique) [12][47]

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 real-time approach で穿刺が行える。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[47]。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[47]。

ガイドワイヤーの位置確認[16][29]

Real-time approach では、超音波を穿刺に使うだけでなく、ガイドワイヤーが正しく静脈内に留置されているかの確認に使用できるという利点がある。ガイドワイヤーが細くて超音波で確認し難い場合は、ガイドワイヤーを小刻み(5mmほど)に挿入・抜去すると位置の確認が容易となる[46]。ワイヤーが静脈後壁に徐々に接するように存在すれば、後壁の貫通はない(図10 参照: VIII 主な機械的合併症とその対策, P40)。

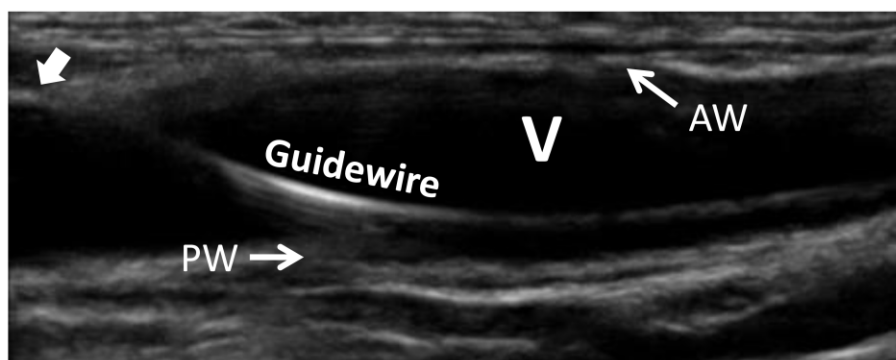


図10：ガイドワイヤーの確認

V：内頸静脈の長軸像 AW：内頸静脈前壁 PW：内頸静脈後壁 Guidewire：ガイドワイヤー

ガイドワイヤーの目的としない静脈への迷入は、その後のダイレータ挿入時に静脈の損傷を引き起こす可能性がある。例えば、右内頸静脈穿刺でガイドワイヤーが、右鎖骨下静脈、左腕頭静脈あるいは奇静脈に迷入する場合などである。このような場合を想定して、超音波でガイドワイヤーを確認する際は、可能な限りガイドワイヤーを中枢側まで追って確認すると良い。ただし、その場合でも右鎖骨下静脈への迷入を確認することはできても、左腕頭静脈や奇静脈への迷入を超音波で確認することはできない。ダイレータ挿入は愛護的に行い異常な抵抗を感じたら操作を止める。また、カテーテル挿入後の胸部レントゲン撮影でもカテーテルの迷入がないかどうか慎重に確かめるなどの対処が重要である。

VI. カテーテル留置確認法 [48]

カテーテルが静脈内に正しく留置され、先端位置が望ましい位置にあるかの最終確認は、胸部 X 線写真による。カテーテル先端が、上大静脈内で血管壁とほぼ平行に走行し、鎖骨下縁よりも尾側で第 3 肋骨や胸椎 4/5 間、気管分岐部もしくは右主気管支の基部より頭側にあるのが理想である (図 11)。気管分岐部

は、通常、上大静脈の心膜翻転部より頭側に存在するため、カテーテル先端は常にこの頭側にあることが望ましい（血管壁びらんにより穿孔が起これると、心膜翻転部より頭側では縦隔血腫や胸腔内輸液、尾側では心タンポナーデが生じる 参照：VIII. 主な機械的合併症とその対策，P40）。

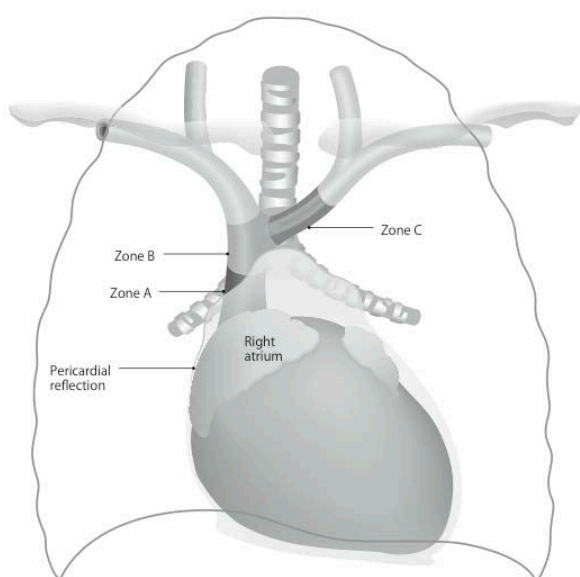


図 11. カテーテルの最適位置（文献 48 より改変）

Zone A：上大静脈下部～右心房上部

Zone B：左右無名静脈の結合部位と
上大静脈上部

Zone C：上大静脈より末梢の左無名

図 11. カテーテルの最適位置

静脈

左内頸静脈から挿入したカテーテルは、血管壁と並行でなくてはならない。右内頸静脈から挿入したカテーテル先端が Zone A にあるときは、Zone B まで引き抜く。この場合、カテーテル先端の最適位置は Zone B である。

VII 機械的合併症を避けるための確認手順

超音波装置の普及により機械的合併症の頻度は減少してきた。しかし、機械的合併症は時に重篤な状態を引き起こす。2004年の報告では、中心静脈挿入に関連した機械的合併症の中で、死亡率の高い合併症は肺動脈損傷、血胸、心タンポナーデ、空気塞栓の順であり[49]、これらの合併症が一度発生すれば死亡や重篤な状態に陥る可能性がある。したがって、特にこれらの合併症を引き起こさないように細心の注意を払う必要がある。そのためにカテーテルの位置を適切な位置に置くことが重要で、とりわけダイレータやカテーテルを動脈内に誤挿入しないことが重要である。超音波ガイド下中心静脈穿刺は動脈誤穿刺の発生頻度を減少することが報告されている[1][50]。

超音波ガイド下中心静脈穿刺で望ましい確認法について図にまとめてみた。

図12はStatic approach法の場合である。Static approach法では基本的には穿刺時には超音波断層像は使用しないので、穿刺針が確実に静脈内にあることを確認することが重要である。外筒針では外筒を血管内に挿入することで、安定して作業を行うことができる。逆血の色や逆流の血の勢いなどは、低酸素血症あるいは極端に高い酸素分圧、ショック状態などの低血圧では動脈血と静脈血を見誤ることも起こりうる。したがって、細い延長チューブを接続して簡易的に圧を測定する、あるいは圧波形を表示させて静脈圧波形であることを確認

する、または血液を採取して血液ガス分析を行い静脈血であることを確認する。

このいずれかで穿刺針が静脈内にあることを確認する必要がある。穿刺法でも記載されているように、Static approach の時は金属針での穿刺は、穿刺した血管が静脈であることの確認が困難であるために外筒針での穿刺を推奨する。

したがって、Static approach 法で金属針を選択した場合は、ガイドワイヤーを挿入した後に、超音波断層像等を用いてガイドワイヤーが後壁を貫くことなく静脈内を走行していることを必ず確認する必要がある。また、外筒針の場合でも、超音波断層像等でガイドワイヤーが後壁を貫くことなく静脈内を走行していることを確認することが望ましい。

図 13 は Real-time approach 法での確認法である。金属針でも外筒針でも超音波ガイド下に静脈内に針が見えることを確認する。金属針では逆血が色や血流から静脈血に見えたらガイドワイヤーを挿入する。必ずガイドワイヤーが静脈後壁を貫くことなく静脈内を走行していることを超音波断層像等で確認してからダイレータを挿入する。外筒針の場合、逆血を認めて色、血流から静脈血に見えたらガイドワイヤーを進めて、金属針と同様に超音波断層像等でガイドワイヤーが静脈後壁を貫くことなく静脈内を走行していることを確認し、ダイレータを挿入する。逆血が静脈血か判断に迷ったらガイドワイヤーを 10cm 程度挿入して外筒を根本まで入れて、Static approach 同様に細い延長チューブ、圧

波形表示、血液ガス分析のどれかで静脈血であることを確認して、ガイドワイヤーを挿入する。その後、超音波断層像でガイドワイヤーが静脈後壁を貫くことなく静脈内を走行することを確認してダイレータを挿入する。ただし、図 12, 13 はあくまでも安全のための一例であるので、これを参照して、各施設でダイレータを動脈に誤挿入しないための確認方法を確立してほしい。

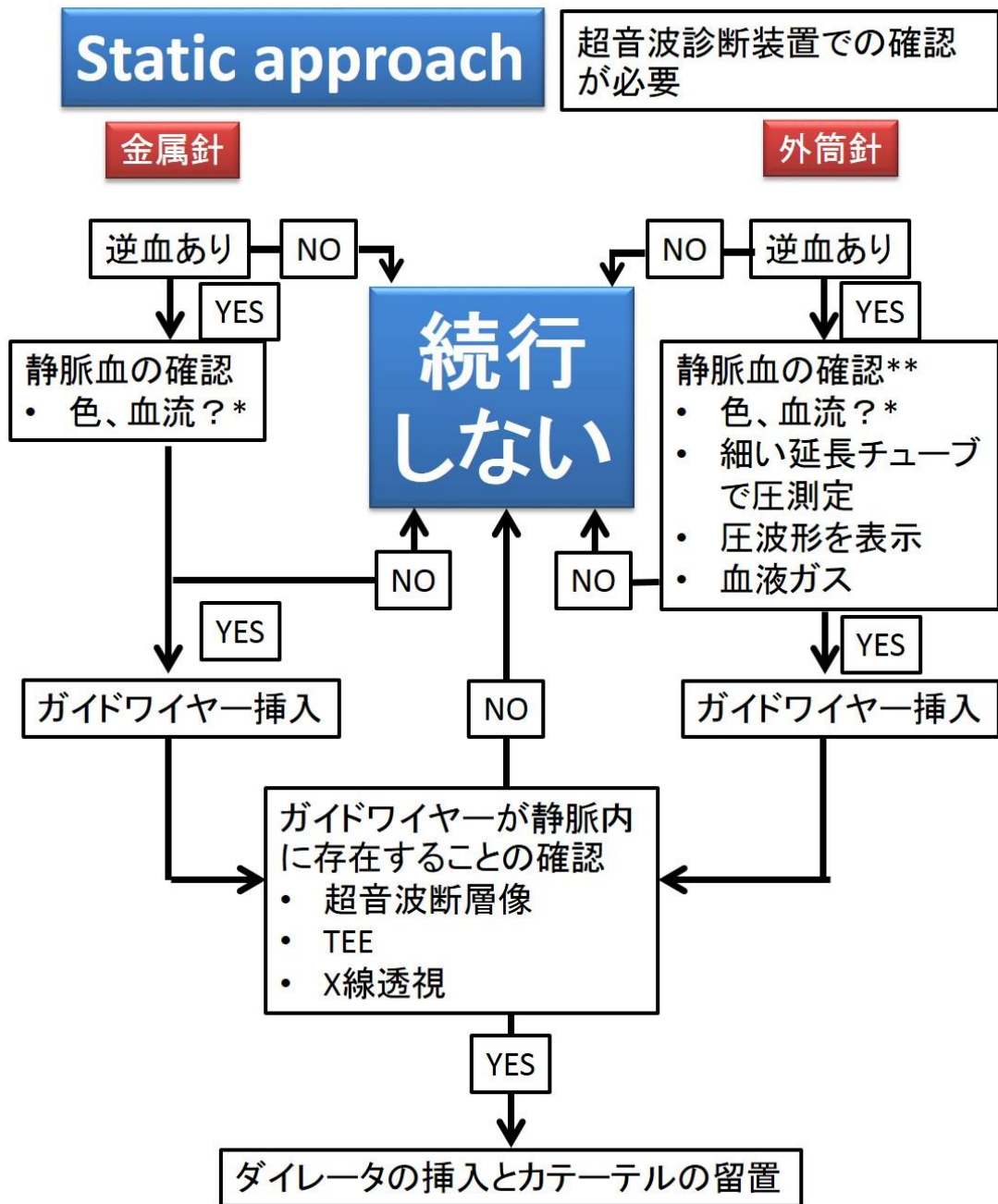


図12 Statistic approachでの中心静脈カテーテル挿入の確認方法

*逆血の色や血流のみで静脈血であることを確実に同定することはできないと報告されている。

**ガイドワイヤーを10cm程度挿入して外筒を根元まで入れると細い延長チューブで圧測定、圧波形の表示で静脈圧波形の確認、血液ガス分析のいずれかが可能となる。

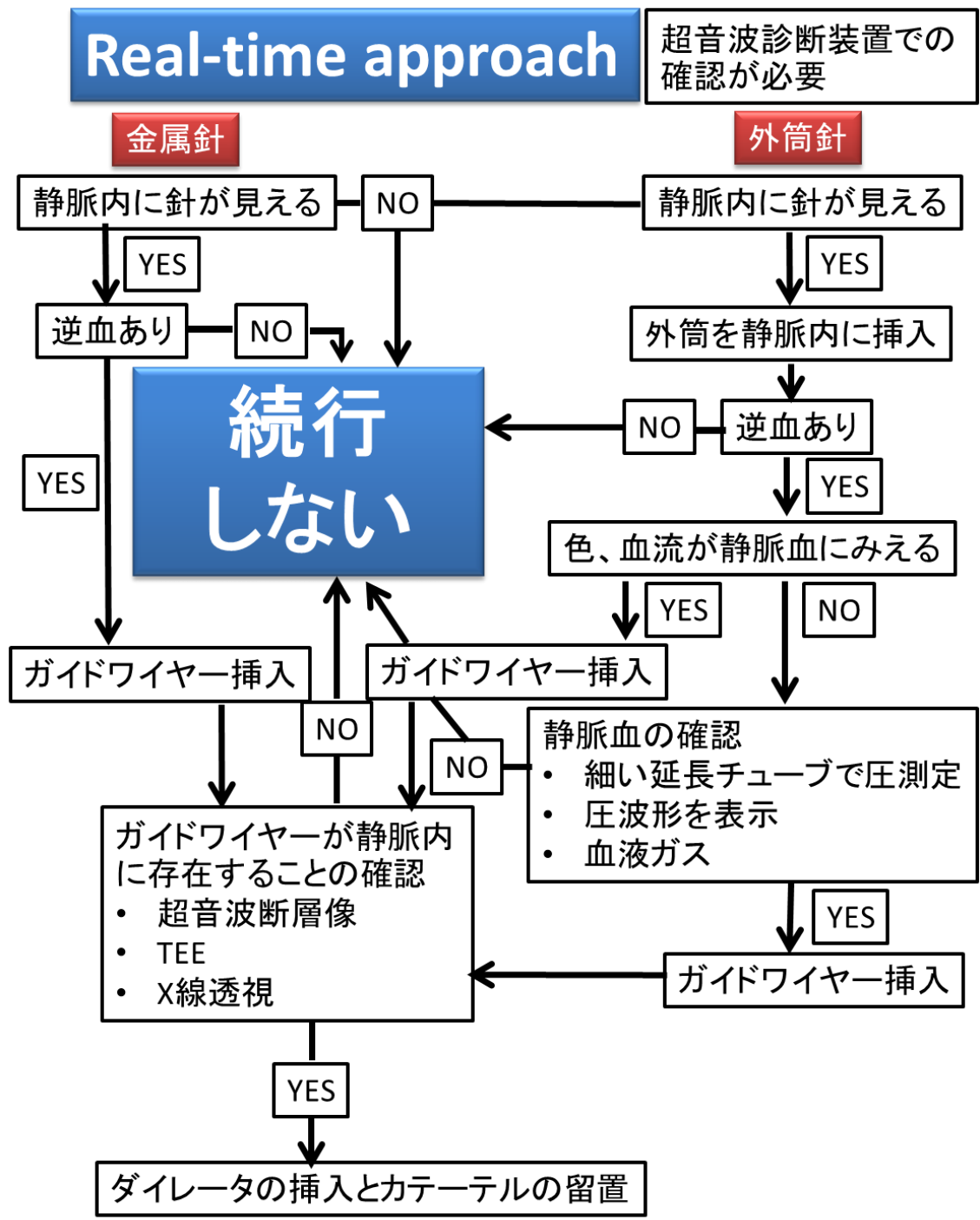
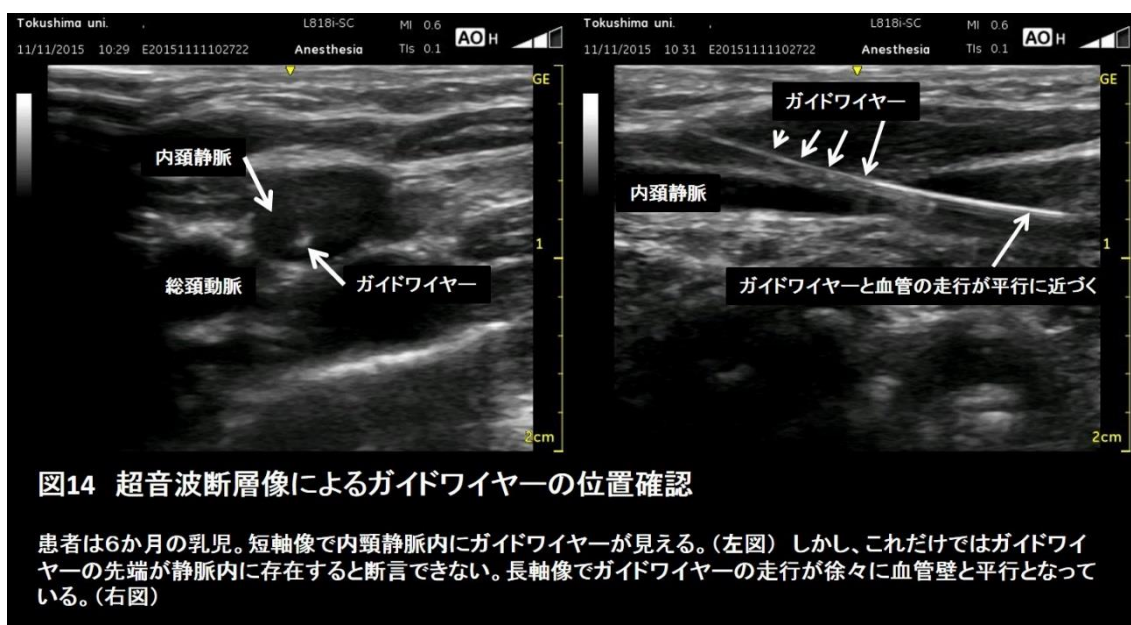


図13 Real-time approachでの中心静脈カテーテル挿入の確認方法

ガイドワイヤーが静脈後壁を貫くことなく静脈内を走行しているか超音波断層像などで確認することが非常に重要であることが、図 12 および 13 で示されている。ここで、超音波断層像でガイドワイヤーの静脈内走行を確認する方法を述べる。ガイドワイヤーを挿入後、短軸像で観察すると図 14 の左図のような画像がみられる。しかし、これのみでガイドワイヤーが内頸静脈内を走行していると断言はできない。それは、ガイドワイヤーが静脈を貫いている可能性を否定できないからである。そのために、超音波プローブをガイドワイヤー穿刺部からだんだんと心臓に向かって鎖骨のあたりまでずらして短軸像を観察する。すると、ガイドワイヤーが皮下を通り、静脈内に入り、多くの場合、だんだんと血管の壁に接するようにガイドワイヤーが走行しているのが確認できる。次に、可能な限り長軸像でガイドワイヤーの先端の描出を試みる。図 14 右図のようにガイドワイヤーの先端が静脈の走行と平行になるように角度が変化していることが確認できれば、静脈を貫通していないと考えることは妥当である。この確認手順は、機械的合併症を予防するために非常に重要である。



VIII 主な機械的合併症とその対策

1 動脈穿刺・血腫

中心静脈カテーテル挿入で血腫形成を伴うことはまれであるが、頸静脈では、特に頸動脈誤穿刺の後に血腫形成によって上気道が閉塞したり、鎖骨下静脈の穿刺で動脈を誤穿刺すると外部からの圧迫による止血が困難なことがある。7Fr (直径 2.3mm 相当)以下のカテーテルが圧迫可能な部位に偶然挿入された場合、抜去して 10 分間外部から圧迫すれば問題なく抜去可能であるとされている。つまり、14G (直径 2.1mm 相当)より細い穿刺針で動脈穿刺した場合は圧迫止血が可能な場合もある。しかし、7Fr より大きいカテーテルやダイレータが動脈に挿入された場合や圧迫不可能な血管に挿入された場合、安全にカテーテルを抜去するために血管外科医に相談するべきとされている[1][51]。先に抜去すると脳梗塞、動静脈瘻、血胸をきたすことがある。

2 気胸

局所解剖を理解し、危険域に穿刺針を進めない。挿入時の咳、胸痛、呼吸困難の有無、聴診所見、胸部 X 線写真から診断する。カテーテル留置直後の正常な胸部 X 線写真は気胸を除外しない。遅発性に気胸が発現することもある。胸腔の約 30%以下の気胸はほとんど臨床徴候を伴わず、通常ドレナージを必要としない[1]。最近の知見では、超音波装置を用いた気胸の診断の有用性が報告されている[52]。

3 血胸、縦隔血腫、胸水、心タンポナーデ

複数回の穿刺を要した症例では特に注意する。挿入中または臨床使用中のカテーテルあるいは血管に対する損傷は、輸液の皮下伝播を引き起こし局部組織水腫を形成することがある。静脈内に注入された液体の溢血は胸水につながる可能性がある。また、穿孔が心嚢内の場合、高死亡率の心タンポナーデとなる。胸腔や縦隔、心嚢にドレナージが必要となる。

4 空気塞栓

大気開放となった穿刺針やカテーテル開放端からの空気迷入が原因となる。穿刺体位を頭低位とすることや、水平仰臥位で行う場合は必要に応じてバルサルバ手技を加える。カテーテル抜去後に、穿刺孔から空気を吸い込んで空気塞栓を起こすことがあるため、カテーテル抜去後は空気を通さない透明ドレッシ

ング剤などで穿刺部位を被覆する [53] [54]。

5 不整脈

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

6 局所神経損傷

カテーテル挿入と関連した局所神経性損傷は、機械的外傷、血腫による神経圧縮または血管外に漏出した薬液の神経毒性から生じる場合がある。

7 まれな合併症

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

IX 合併症発生頻度

古典的な超音波断層像を使用しないランドマーク法と超音波断層像を使用した Real-time approach 法の穿刺部位別の合併症の頻度を表 2 に示す [13] [55] [56] [57]。

合併症				
部位	方法	動脈穿刺	血腫	気胸
すべて	ランドマーク	6.9%	8.2%	3.1%
	超音波ガイド	1.4%	1.6%	1.3%
内頸静脈	ランドマーク	5.8-10.6%	8.4-9.1%	2.4-3.0%
	超音波ガイド	0.3-1.1%	0.2-1.2%	0-1.2%
鎖骨下静脈	ランドマーク	6.2%	4.6%	3.7%
	超音波ガイド	2.0%	1.5%	0.7%

メタアナリシスの結果では、超音波ガイド法はランドマーク法と比較して内頸静脈および鎖骨下静脈での穿刺において有意にカテーテル留置の失敗が少ないが、大腿静脈での穿刺では有意な差がなかったと報告されている[58]。後述する危険因子の高い患者などでは、末梢挿入型中心静脈カテーテルを選択することも有用である。

安全な中心静脈カテーテル留置を監視するために、挿入時や抜去時の記録を病院として定めた書式に記録し、サーベイすることも重要と考えられる。

X 危険因子

患者に起因する機械的合併症の危険因子には、基礎疾患や併存症、常用薬などによる出血傾向、動脈硬化による血栓塞栓症の高リスク状態、手術や骨折の影響で血管の解剖学的走行変化などが含まれる。

中等度のリスク増大と考えられる因子は、①以前中心静脈挿入した部位の穿刺、②局所放射線療法の既往、③胸骨縦切開の既往、④最近の心筋梗塞、⑤血小板減少症、⑥穿刺部位の静脈血栓、⑦線溶療法、⑧落ち着きのない患者、である。軽度のリスク増大と考えられる因子は、①異常な体重/身長比、②重度肥満、③凝固時間延長、④気道内圧の高い人工呼吸、⑤中等度から重度の動脈硬化、⑥敗血症、⑦心室性不整脈、⑧肺気腫/COPD、⑨循環血液量低下、である[59]。

XI. 中心静脈穿刺・カテーテル管理における感染対策

中心静脈カテーテル感染の種類

米国 CDC ではカテーテル関連感染症を以下のように分類している [60]。

- ① カテーテルへの細菌定着 catheter colonization: 臨床的症状がないがカテーテル表面からの培養で半定量培地で 15 CFU 以上、定量培地で 100 CFU 以上のもの。
- ② 局所カテーテル関連感染 local catheter related infection
 - ・ 刺入部感染 exit site infection: 血流感染の症状はないが、刺入部から 2cm 以内に発赤、腫脹、痛み、化膿性滲出液などの炎症所見があるもの。
 - ・ トンネル感染 tunnel infection: 血流感染の症状はないが、カテーテル刺入経路に沿って刺入部から 2cm 以上はなれた皮下組織に感染徴候があるもの。
 - ・ ポケット感染 pocket infection: 埋め込み型ポートシステムで、血流感染徴候はないが、ポートを埋め込んだ皮下に感染や炎症所見があるもの。
- ③ 注入器材関連血流感染 infusate-related bloodstream infection: 他に感染がなく、注入器材と血液培養から同じ細菌が検出された血流感染。
- ④ カテーテル関連血流感染 catheter-related bloodstream infection: カテーテルと血液培養から同じ細菌が検出された血流感染。このうち、カテーテ

ル留置から 48 時間未満の場合を、catheter-associated bloodstream infection(カテーテルとの関連性が低い)として区別する。

中心静脈カテーテル穿刺の環境に関する推奨

- ① 中心静脈カテーテル留置は無菌操作ができる場所で行う。
 - ② カテーテルの標準的セットを使用する。
 - ③ 中心静脈カテーテル留置の際に介助者を設ける。
 - ④ チェックリストやプロトコールをカテーテル留置や維持に使用する。
 - ⑤ 中心静脈穿刺のシミュレーション教育を実施する。
- ①から③に関しては、現段階で十分なエビデンスは得られていない[2][9]。
④⑤に関してはカテーテル感染および合併症を減らす[61][62][63][64]。

感染予防に関する推奨

- ① 抗生剤を予防的に投与する必要はない。しかし、免疫力が低下した患者やハイリスク新生児には症例に応じて実施を考慮する[65][66]。
- ② 高度無菌遮断予防策 Maximal sterile barrier precautions (MBP)

手洗い、マスク、清潔グローブ、キャップ、清潔ガウンを着用し、患者の全身を覆う清潔ドレープを使って中心静脈穿刺を実施する。MBP の効果は、ランダム化比較試験では明らかにならなかったが[67]、観察研究ではカテーテル

関連血流感染を減少させている[62][63][68][69]。

③ 皮膚消毒薬

1%クロルヘキシジンアルコールまたは10%ポピドンヨードを使用する[70]。

クロルヘキシジンには接触性皮膚炎、過敏反応、アナフィラキシーの副作用報告があり、現在はアルコール混合液、水溶液として使用されている。在胎週数44週未満の新生児の皮膚消毒に対するクロルヘキシジンの効果は明らかではないので、各施設の臨床判断で行う[29]。

④ 抗菌薬含浸中心静脈カテーテル

抗菌薬含浸中心静脈カテーテルは耐性菌発現の潜在的リスクがあるため、感染リスクや費用を考慮して適正に使用する。アナフィラキシーショックの報告もあるため[71][72]。含浸抗菌薬にアレルギーを有する患者には使用しない。クロルヘキシジン-スルファジアジン銀含浸もしくはリファンピシン-ミコナゾール含浸の中心静脈カテーテルはカテーテル関連血流感染のリスクを減らす[73]。本邦では、ミノサイクリン-リファンピシン含浸中心静脈カテーテルのみが使用できる。このカテーテルはクロルヘキシジン-スルファジアジン銀含浸中心静脈カテーテルよりICUでのカテーテル関連血流感染を抑える[74]。

⑤ 閉鎖式輸液回路

閉鎖式輸液回路によってカテーテル関連血流感染による敗血症の死亡率が下げられる[75]。一方、開放式三方活栓はカテーテル関連血流感染を増やす[76]。閉鎖式三方活栓でも、使用する際には接続口を1消毒薬（クロルヘキシジン、ポビドンヨード、70%アルコール）を浸した綿で、15秒以上しっかりと拭く[77][78]。

⑥ 穿刺部位の選択

穿刺部位は臨床的必要性に基づいて決定する。その際、汚染された部位（感染した皮膚や熱傷部位）や汚染される可能性がある部位（鼠径部、気管切開周囲、手術開放創）は避ける。内頸静脈と鎖骨下静脈におけるカテーテルの細菌定着率やカテーテル関連血流感染の違いは明らかになっていない[79][80][81]。大腿静脈は鎖骨下静脈に比べて、カテーテルの細菌定着率は有意に高いが、カテーテル関連敗血症の頻度は有意差を認めなかった[82]。

⑦ 穿刺部位の被覆

穿刺部位の被覆は、感染予防のために生物学的密封されたドレッシング材を使用することが望ましい

クロルヘキシジン含有被覆材はカテーテル感染予防し、被覆材の交換頻度を3日毎から7日毎に減らすことができる[83]。

⑧ 留置期間

中心静脈カテーテルの留置期間は、臨床的必要性に基づいて決めればよい。

カテーテル留置期間が長いほど感染のリスクは高まるが、留置期間の目安はない。使用継続の必要性を毎日評価し、不要になったらカテーテルを抜去する。留置したまま、使用しないとカテーテル関連血流感染の原因となる。定期的に中心静脈カテーテルを入れ替えても、カテーテル関連血流感染の頻度は低下しない[84]。ガイドワイヤーを用いて中心静脈カテーテルを交換する場合も新しく穿刺しなおして交換する場合も、感染率に差はない。ガイドワイヤーを使ったカテーテル入れ替えを3日毎の交換と7日毎の交換で比較した場合で、カテーテル先端のコロニー形成に有意差は認められていない[85][86]。カテーテル穿刺部位は毎日、感染徴候がないか確認し、感染徴候がある場合はカテーテルを抜去し、留置部位を変更する。カテーテル関連感染症が疑われた場合は、ガイドワイヤーを使ってカテーテルを交換するより、穿刺部位を変更したほうがよい[29]。

⑨ 中心静脈カテーテルからの薬剤投与および血液吸引

中心静脈カテーテルからの薬剤投与および血液吸引をする際は、使用前に三方活栓の接続口を適切な消毒薬でしっかりと拭き[29]、使用後は三方活栓にキャップする。アクセスポートの使用もよい。ニードルレスコネクターを使用すると、接続口の感染を減らせる[87]。

XII. 小児特有の中心静脈カテーテル挿入における注意点

< 穿刺時の注意点 >

・ 静脈のサイズが小さく、困難な小児では超音波ガイド法を推奨する。成人より細くて軽いプローブを選択する。リニアプローブまたはホッケースティックプローブなどが利用できる。

< 推奨するカテーテル >

・ 新生児では 3-4Fr で長さは 5cm からのカテーテルキットが存在するので、患者の体格に合ったサイズを選択する。

< 穿刺前の注意 >

・ 体位をしっかりとること。より小さな小児においては、穿刺操作部位の確保に重点を置く。たとえば頸部下の枕、テープ使用により頸部を進展させ操作場所を確保する。

・ 細い血管は超音波プローブの重みや穿刺針により容易に血管内腔が虚脱してしまう。テープを使用して下顎や鎖骨上部など穿刺部周囲の皮膚を引っ張った状態で固定しておくこと、スキンテンションが維持され、手技中の血管の圧排を軽減できる [88]。

< 解剖 >

・ 内頸静脈は総頸動脈の外側前方に位置することが多いが、直上 (3.2%)、外側並列 (3.2%)、外側後方 (1.4%) に位置することもある [89]。

- ・椎骨動脈は内頸静脈の内側後方を走行しており、誤穿刺する可能性がある。

小児では成人と比較し、内頸静脈に対して椎骨動脈が大きく、皮膚から椎骨動脈までの距離および椎骨動脈と内頸静脈の距離がより近接している[90]。

<実際の穿刺法>

- ・低体重児に対する穿刺においては、血液逆流の確認のための注射器は、成人より小さな注射器を使用する。

- ・穿刺針により血管が圧排され血管の前壁と後壁が密着するか、血管の内腔が虚脱すると、血管の前壁と後壁を同時に貫いていて、静脈を穿刺できているにもかかわらず血液の逆流を認めないことがある。穿刺針を引き抜いてくる際に前壁と後壁に間隙ができ血管内腔が広がり血液で満たされるため、貫通している場合は抜去の過程で血液逆流を認めることがある。

- ・チアノーゼ性心疾患患者の場合、血液の色調で動脈血と静脈血を見分けることは困難である。超音波診断でガイドワイヤーが静脈内にあることを確認するか、超音波診断で判断できない場合は、ガイドワイヤーを通して静脈留置針のプラスチック製の外筒を留置し、圧を確認する。穿刺針を圧トランスデューサーに直接接続して確認することもできる[91]。ガイドワイヤーが留置された血管が静脈であ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。

- ・サイズが小さく、困難な小児では試験穿刺はしないことを推奨する。試験穿

刺による血腫形成で、より難易度は上がり、容易に閉塞をきたす。

- ・ 穿刺針の先端が静脈内に確実にあるにもかかわらず、静脈径が小さくガイドワイヤーの挿入が困難な場合には、親水性のモノフィラメントのガイドワイヤーの使用も考慮する。ただし、金属針の使用時には破断に注意する。

<合併症>

- ・ 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てはならない。

新生児、乳児の心房・心室壁は薄く、容易に貫通する可能性がある。

- ・ 心タンポナーデは致死的な合併症である。穿孔の好発部位は右房、右室であり、小児ではガイドワイヤー（たとえJ型であっても）、ダイレータ、カテーテルのいずれによっても起こりうる。ガイドワイヤーで穿孔した場合、症状がすぐに出ないことがあり、カテーテル留置が終了した後では X 線による診断が困難である。従って血圧低下を認めた場合、早急に心エコーを行い心タンポナーデの有無を検索する必要がある [92]。

<その他>

- ・ 新生児の皮膚は脆弱なため、カテーテルを縫合固定する際は締めすぎにより皮膚が障害されないように注意する。

謝辞

このプラクティカルガイドは、日本麻酔科学会 安全な中心静脈カテーテル挿入・管理のための手引き改訂WGによって作成された：西脇公俊，河本昌志，柴田康之，竹内護，田中克哉，徳嶺讓芳

参考文献

1. Frykholm P, Pikwer A, Hammarskjöld F, Larsson AT, Lindgren S, Lindwall R, Taxbro K, Oberg F, Acosta S, Akeson J: Clinical guidelines on central venous catheterisation. Swedish Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2014; 58: 508-24
2. Gallieni M, Martina V, Rizzo MA, Gravellone L, Mobilia F, Giordano A, Cusi D, Genovese U: Central venous catheters: legal issues. *J Vasc Access.* 2011; 12: 273-9
3. Fairfax LM, Christmas AB, Norton HJ, Jacobs DG: Breakdown of the consent process at a quaternary medical center: our full disclosure. *Am Surg.* 2012; 78: 855-63
4. 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: 347-56
5. 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
6. Hameeteman M, Bode AS, Peppelenbosch AG, van der Sande FM, Tordoir JH: Ultrasound-guided central venous catheter placement by surgical trainees: a safe procedure? *J Vasc Access.* 2010; 11: 288-92
7. Latif RK, Bautista AF, Memon SB, Smith EA, Wang C, Wadhwa A, Carter MB, Akca O: Teaching aseptic technique for central venous access under

- ultrasound guidance: a randomized trial comparing didactic training alone to didactic plus simulation-based training. *Anesth Analg.* 2012; 114: 626-33
8. Varga S, Smith J, Minneti M, Carey J, Zakaluzny S, Noguchi T, Demetriades D, Talving P: Central venous catheterization using a perfused human cadaveric model: application to surgical education. *J Surg Educ.* 2015; 72: 28-32
 9. Bannon MP, Heller SF, Rivera M. Anatomic considerations for central venous cannulation. *Risk Manag Healthc Policy.* 2011;4:27-39.
 10. Tokumine J, Kikuchi T, Hasegawa R, Takaishi K, Sekiguchi T, Takeda Y. (Chapter 2 Section 1) Practical approach for ultrasound-guided central venous catheterization (Internal jugular vein, Subclavian vein and Femoral vein). In: Sakamoto A and Sato S, editors. *Clinical Anesthesia Practice Series 6; Required skills and educational points for ultrasound-guided technique (in Japanese)*, Tokyo:Lifemedicom co. ; 2013. p. 28-35.
 11. 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.
 12. Tokumine J. *CVC Instructor's guide ver.3 (in Japanese)*, Japanese Association for Medical Simulation. 2016. p.1-24.
<http://jams.kenkyuukai.jp/special/?id=7184>

13. Lalu MM, Fayad A, Ahmed O, Bryson GL, Fergusson DA, Barron CC, Sullivan P, Thompson C; Canadian Perioperative Anesthesia Clinical Trials Group. Ultrasound-Guided Subclavian Vein Catheterization: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Crit Care Med.* 2015;43:1498-507.
14. Jiang L, Zhang M, Ma Y. Ultrasound-Guided Subclavian Vein Catheterization: A Systematic Review and Meta-Analysis: Several Facts Need To Be Noticed. *Crit Care Med.* 2015;43(10):e474-5.
15. 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;28:365-77.
16. 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.
17. Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, Blaivas 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.

18. 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.
19. AHRQ Making Health Care Safer II Chapter 18. Use of Real-Time Ultrasound Guidance During Central Line Insertion: Brief Update Review (Shekelle PG, Dallas P)
<http://www.ahrq.gov/research/findings/evidence-based-reports/ptsafetyuptp.html>
20. CDC Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infection, 2011, p11
<http://www.cdc.gov/hicpac/pdf/guidelines/bsi-guidelines-2011.pdf>
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;40:2528-9.
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. Cotogni P, Pittiruti M. Focus on peripherally inserted central catheters in critically ill patients. *World J Crit Care Med.* 2014;3:80-94.
25. 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.
26. Hatfield A, Bodenham A. Portable ultrasound for difficult central venous access. *Br J Anaesth.* 1999;82:822-6.
27. 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.
28. Tokumine J, Fujimori K. Actions for Patient Safety 3b; Safety management for high-risk procedure - Guideline for Central Venous Catheterization. In: *Handbook of Practicing Patient Safety (in Japanese)*. Tokyo: Japanese Coalition for Patient Safety (JCPS); 2015. P. 81-100.
29. 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.
30. Nishiwaki K, Ichikawa T. Actions for Patient Safety S; Surgical Safety-WHO Safe Surgery Guidelines. In: *Handbook of Practicing Patient*

Safety (in Japanese). Tokyo:Japanese Coalition for Patient Safety (JCPS);2015. P. 283-306.

31. 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.
32. Kawano M, Yoshimine K. Ultrasound observation of the subclavian vein: changes in the diameter with the head tilted down. *J Anesth.* 2007;21:448.
33. 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.
34. Hollenbeck KJ, Vander Schuur BM, Tulis MR, Mecklenburg BW, Gaconnet 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.
35. 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.
36. 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.

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. Bodenham AR, Simcock L. Chapter 12: Complications of central venous access. In *Central Venous Catheters* (Edited by Hamilton H, Bodenham AR). John Wiley & Sons, Ltd, UK, 2009, pp175-205.
39. Eissa NT, Kvetan V. Guide wire as a cause of complete heart block in patients with preexisting left bundle branch block. *Anesthesiology.* 1990;73:772-4.
40. da Silva PS, Waisberg J. Induction of life-threatening supraventricular tachycardia during central venous catheter placement: an unusual complication. *J Pediatr Surg.* 2010;45:E13-6.
41. Kulvatunyou N1, Heard SO, Bankey PE. A subclavian artery injury, secondary to internal jugular vein cannulation, is a predictable right-sided phenomenon. *Anesth Analg.* 2002;95:564-6.
42. 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;10:634-7.
43. Russell WC, Parker JL. Thirteen centimetre central venous catheters, lucky for all? *Anaesthesia.* 2003;58(4):388.
44. Ryu HG, Bahk JH, Kim JT, Lee JH. Bedside prediction of the central venous catheter insertion depth. *Br J Anaesth.* 2007;98:225-7.

45. 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.
46. Tokumine J. *Manual of Central Venous Catheterization using Ultrasound Guidance* (in Japanese). Tokyo:Sogo Igaku Sha, Co.;2007. p. 4-49.
47. 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.
48. Stonelake PA, Bodenham AR. The carina as a radiological landmark for central venous catheter tip position. *Br J Anaesth.* 2006;96:335-40.
49. 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; 100:1411-8
50. A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Central Venous Access. *Practice Guidelines for Central Venous Access.* *Anesthesiology* 2012; 116:539-73
51. Pikwer A, Acosta S, Kolbel T, Malina M, Sonesson B, Akeson J. Management of inadvertent arterial catheterization associated with central venous access procedures. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2009; 38:707-14
52. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, Melniker L, Gargani L, Noble VE, Via G, Dean A, Tsung JW, Soldati G, Copetti R, Bouhemad B, Reissig A, Agricola E, Rouby JJ,

- Arbelot C, Liteplo A, Sargsyan A, Silva F, Hoppmann R, Breitzkreutz R, Seibel A, Neri L, Storti E, Petrovic T; International Liaison Committee on Lung Ultrasound (ILC-LUS) for International Consensus Conference on Lung Ultrasound (ICC-LUS). International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2012; 38:577-591
53. Mirski MA, Lele AV, Fitzsimmons LF, Toung TJK. Diagnosis and treatment of vascular air embolism. *Anesthesiology* 2007; 106:164-177
54. Dougherty L. How to remove a non-tunnelled central venous catheter. *Nurs Stand* 2015; 30:36-38
55. Karakitsos D, Labropoulos N, De Groot E, Patrianakos AP, Kouraklis G, Poularas J, Samonis G, Tsoutsos DA, Konstadoulakis MM, Karabinis A. Real-time ultrasound-guided catheterization of the internal jugular vein: a prospective comparison with the landmark technique in critical care patients. *Crit Care* 2006; 10:R162
56. Cavanna L, Civardi G, Vallisa D, Nunzio C, Cappucciati L, Berte R, Cordani MR, Lazzaro A, Cremona G, Biasini C, Muroli M, Mordenti P, Gorgni S, Zaffignani E, Ambroggi M, Bidin L, Palladino MA, Rodino C, Tibaldi L. Ultrasound-guided central venous catheterization in cancer patients improves the success rate of cannulation and reduces mechanical complications: A prospective observational study of 1,978 consecutive catheterizations. *World J Surg Oncol* 2010; 8:91
57. Peris A, Zagli G, Bonizzoli M, Cianchi G, Ciapetti M, Spina R, Anichini V, Lapi F, Batacchi S. Implantation of 3951 long-term central venous

- catheters: Performances, risk analysis, and patient comfort after ultrasound-guidance introduction. *Anesth Analg* 2010; 111:1194-201
58. Hind D, Calvert N, McWilliams R, Davidson A, Paisley S, Beverley C, Thomas S. Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: meta-analysis. *BMJ* 2003; 327: 361
59. Polderman KH, Girbes ARJ. Central venous catheter use Part 1; Mechanical complication. *Intens Care Med* 2002; 28:1-17
60. Hentrich M, Schalk E, Schmidt-Hieber M, Chaberny I, Mousset S, Buchheidt D, Ruhnke M, Penack O, Salwender H, Wolf HH, Christopeit M, Neumann S, Maschmeyer G, Karthaus M, Infectious Diseases Working Party of the German Society of H, Medical O: Central venous catheter-related infections in hematology and oncology: 2012 updated guidelines on diagnosis, management and prevention by the Infectious Diseases Working Party of the German Society of Hematology and Medical Oncology. *Ann Oncol* 2014; 25: 936-47
61. Schulman J, Stricof R, Stevens TP, Horgan M, Gase K, Holzman IR, Koppel RI, Nafday S, Gibbs K, Angert R, Simmonds A, Furdon SA, Saiman L, New York State Regional Perinatal Care C: Statewide NICU central-line-associated bloodstream infection rates decline after bundles and checklists. *Pediatrics* 2011; 127: 436-44
62. 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

63. 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
64. Barsuk JH, Cohen ER, Feinglass J, McGaghie WC, Wayne DB: Use of simulation-based education to reduce catheter-related bloodstream infections. *Arch Intern Med* 2009; 169: 1420-3
65. Spafford PS, Sinkin RA, Cox C, Reubens L, Powell KR: Prevention of central venous catheter-related coagulase-negative staphylococcal sepsis in neonates. *J Pediatr* 1994; 125: 259-63
66. Vassilomanolakis M, Plataniotis G, Koumakis G, Hajichristou H, Skouteri H, Dova H, Efremidis AP: Central venous catheter-related infections after bone marrow transplantation in patients with malignancies: a prospective study with short-course vancomycin prophylaxis. *Bone Marrow Transplant* 1995; 15: 77-80
67. 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: 231-8
68. Miller MR, Griswold M, Harris JM, 2nd, Yenokyan G, Huskins WC, Moss M, Rice TB, Ridling D, Campbell D, Margolis P, Muething S, Brill R: Decreasing PICU catheter-associated bloodstream infections: NACHRI's quality transformation efforts. *Pediatrics* 2010; 125: 206-13

69. 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
70. Yasuda H, Sanui M, Japanese Society of Education for Physicians and Trainees in Intensive Care (JSEPTIC). The utility of chlorhexidine alcohol for preventing catheter-related bloodstream infection (in Japanese with English abstract) . *Nichishutyuishi (J Jpn Soc Intensive Care Med)* . 2013;20:217-226.
71. Oda T, Hamasaki J, Kanda N, Mikami K: Anaphylactic shock induced by an antiseptic-coated central venous [correction of nervous] catheter. *Anesthesiology* 1997; 87: 1242-4
72. Stephens R, Mythen M, Kallis P, Davies DW, Egner W, Rickards A: Two episodes of life-threatening anaphylaxis in the same patient to a chlorhexidine-sulphadiazine-coated central venous catheter. *Br J Anaesth* 2001; 87: 306-8
73. Lorente L, Lecuona M, Jiménez A, Santacreu R, Raja L, Gonzalez O, Mora ML: Chlorhexidine-silver sulfadiazine-impregnated venous catheters save costs. *American journal of infection control* 2014; 42: 321-324.
74. Bonne S, Mazuski JE, Sona C, Schallom M, Boyle W, Buchman TG, Bochicchio GV, Coopersmith CM, Schuerer DJ: Effectiveness of minocycline and rifampin vs chlorhexidine and silver sulfadiazine-impregnated central venous catheters in preventing central line-associated bloodstream infection in a high-volume academic intensive care unit: a before and

- after trial. *Journal of the American College of Surgeons* 2015; 221: 739-747
75. Rosenthal VD, Maki DG: Prospective study of the impact of open and closed infusion systems on rates of central venous catheter-associated bacteremia. *American journal of infection control* 2004; 32: 135-141
76. Rosenthal VD, Udwardia FE, Kumar S, Poojary A, Sankar R, Orellano PW, Durgad S, Thulasiraman M, Bahirune S, Kumbhar S: 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). *American journal of infection control* 2015; 43: 1040-1045
77. Lockman JL, Heitmiller ES, Ascenzi JA, Berkowitz I: Scrub the hub! Catheter needleless port decontamination. *Anesthesiology* 2011; 114: 958 .
78. 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 C: Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. *Am J Infect Control* 2011; 39: S1-34
79. Gowardman JR, Robertson IK, Parkes S, Rickard CM: Influence of insertion site on central venous catheter colonization and bloodstream infection rates. *Intensive Care Med* 2008; 34: 1038-45

80. Lorente L, Henry C, Martin MM, Jimenez A, Mora ML: Central venous catheter-related infection in a prospective and observational study of 2,595 catheters. *Crit Care* 2005; 9: R631-5
81. McKinley S, Mackenzie A, Finfer S, Ward R, Penfold J: Incidence and predictors of central venous catheter related infection in intensive care patients. *Anaesth Intensive Care* 1999; 27: 164-9
82. Merrer J, De Jonghe B, Golliot F, Lefrant JY, Raffy B, Barre E, Rigaud JP, Casciani D, Misset B, Bosquet C, Outin H, Brun-Buisson C, Nitenberg G, French Catheter Study Group in Intensive C: Complications of femoral and subclavian venous catheterization in critically ill patients: a randomized controlled trial. *JAMA* 2001; 286: 700-7
83. Timsit JF, Schwebel C, Bouadma L, Geffroy A, Garrouste-Orgeas M, Pease S, Herault MC, Haouache H, Calvino-Gunther S, Gestin B, Armand-Lefevre L, Leflon V, Chaplain C, Benali A, Francais A, Adrie C, Zahar JR, Thuong M, Arrault X, Croize J, Lucet JC, Dressing Study G: Chlorhexidine-impregnated sponges and less frequent dressing changes for prevention of catheter-related infections in critically ill adults: a randomized controlled trial. *JAMA* 2009; 301: 1231-41
84. Cook D, Randolph A, Kernerman P, Cupido C, King D, Soukup C, Brun-Buisson C: Central venous catheter replacement strategies: a systematic review of the literature. *Crit Care Med* 1997; 25: 1417-24
85. Bonawitz SC, Hammell EJ, Kirkpatrick JR: Prevention of central venous catheter sepsis: a prospective randomized trial. *Am Surg* 1991; 57: 618-23

86. Kowalewska-Grochowska K, Richards R, Moysa GL, Lam K, Costerton JW, King EG: Guidewire catheter change in central venous catheter biofilm formation in a burn population. *Chest* 1991; 100: 1090-5
87. Casey AL, Burnell S, Whinn H, Worthington T, Faroqui MH, Elliott TS: A prospective clinical trial to evaluate the microbial barrier of a needleless connector. *J Hosp Infect* 2007; 65: 212-8
88. 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
89. P Souza Neto E, Grousseau S, Duflo F, Tahon F, Mottolese C, Dailler F. Ultrasonographic anatomic variations of the major veins in paediatric patients. *Br J Anaesth* 2014; 112: 879-84
90. 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*. 2015 May 28. [Epub ahead of print]
91. 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 Dec;11(7):851-5.
92. Johanna R. Askegard-Giesmann, MD, Donna A. Caniano, MD, Brian D. Kenney, MD. Rare but serious complications of central line insertion. *Seminars in Pediatric Surgery* (2009) 18, 73-83