

25. 頸部経椎間孔ブロック・頸部神経根ブロックの合併症

解説-9：頸部経椎間孔ブロックにはどのような合併症があるか？

1) 概 説

頸部硬膜外に薬液を注入するアプローチには、経椎弓間（interlaminar）法と経椎間孔（transforaminal）法がある¹⁾。1990年代から、責任病変近傍に高濃度かつ選択的に、ステロイド薬や局所麻酔薬などの薬液を到達させることができる透視下の頸部経椎間孔ブロック（経椎間孔頸部硬膜外ステロイド薬注入）や、同様の手技を用いる頸部神経根ブロック（注1参照）が多く行われるようになった¹⁾。頸部経椎間孔ブロック（経椎間孔頸部硬膜外ステロイド薬注入）や頸部神経根ブロックは、安全に施行でき、有効であるとする retrospective study および prospective study²⁻⁴⁾ [EV : IVa, G2] や、中等度の有効性を示すシステマティックレビュー⁵⁾ がある [EV : I, G2]。しかし、2001年のBrouwersら⁶⁾の報告以降、頸部経椎間孔ブロックには、死亡例を含む脊髄梗塞、脳梗塞などの重篤な合併症をきたす危険性があると指摘されるようになった⁷⁻²⁵⁾ [EV : I, V]。

注1：頸部神経根ブロックでは、頸部経椎間孔ブロックと同じ手技が用いられ、同様のメカニズムによると考えられる重篤な合併症が報告されている^{24,25)}。頸部神経根ブロックの合併症に関する論文の多くは頸部経椎間孔ブロック（注射）、頸部神経根ブロックの合併症を包括して論じており^{24,25)}、当ガイドラインでもこれらの神経ブロックの合併症を同一の項目に包括して検討した。なお、表1に、文献検索に使用した経椎間孔ブロックと頸部神経根ブロックに該当する英語名称の一覧を示す。

表1 経椎間孔硬膜外ブロック/注射の合併症として包括される神経ブロックの用語（英語名称）

頸部経椎間孔ステロイド注射（transforaminal cervical epidural steroid injection : TFCESI）
 経椎間孔硬膜外ブロック/注射*（transforaminal epidural block / injection）
 頸椎選択的神経根ブロック（cervical selective nerve root block）
 経椎間孔硬膜外ブロック/注射と同義語。ステロイド薬を使用しない診断的方法の場合に用いられる。
 頸椎選択的神経根注射（cervical selective nerve root injection : CSNRI）
 神経周囲注射（perineural injection）*

*頸椎（cervical）を省略。

2) 一過性の合併症

経椎間孔ブロックの合併症は、一過性のマイナーな合併症と重篤な合併症に分類される²⁵⁾。このうち、一過性合併症について、retrospective study^{26,27)}、prospective study^{3,28)}、システマティックレビュー^{24,25)}の報告がある。

Maら²⁶⁾は、一教育病院において844名の患者の1,036件の透視下椎間孔外(extraforaminal)神経根ブロックについてretrospectiveに調査し、合併症の発生率は1.64%で、その症状は、頭痛、一過性神経症状(痛み、筋力低下)、過敏反応、迷走神経反射、一過性の全健忘で、重篤な合併症は認められなかったと報告した[EV: IVa]。また、Derbyら²⁷⁾は、retrospectiveに、国際脊髄インターベンション協会(ISIS)のスペシャリスト29名のコースインストラクターが行った経椎間孔法1,579件と経椎弓間法4,389件で合併症を調査した。その結果、経椎間孔法では5件で、それぞれ神経根症の増悪、パレステジアの持続、皮膚紅潮、根動脈への造影剤誤注入(1名の術者:2/354件)が認められたが、重篤な合併症は認められなかったと報告した[EV: IVa]。

一方、Hustonら²⁸⁾は、リドカイン単独またはベタメタゾン併用の頸部選択的神経根注射(CSNRI)を受けた37症例(89回のブロック)で、prospectiveに合併症を観察した。その結果、手技による注入部位の痛みの増強が22.7%、根性痛8.2%、めまい13.6%、脊椎の痛み9.1%、頭痛4.5%、悪心3.4%が認められたが、重篤な合併症はなかったと報告した[EV: IVa]。また、Pobielら³⁾は、熟練者による頸部経椎間孔ブロックのprospective studyを行い、手技の成功率は99.6%(799/802件)で、重篤な合併症はなく、マイナーな合併症33件が認められ、その内訳は、迷走神経血管反射19件、交感神経ブロック症状6件、痛みの一時的増強10件、嘔気持続1件、血腫1件、アレルギー反応1件、反対側のパレステジア、一過性の深呼吸困難1件と報告した[EV: IVa]。

2010年、Bennyら²⁵⁾は、頸部経椎間孔ブロックの合併症に関するシステムティックレビューを行い、24時間以内に症状が消失する一過性の合併症には、迷走神経反射、一過性神経症状(痛み、虚脱、パレステジア、頭痛、過敏症状、一過性全健忘、末梢ニューロプラキシア)、皮膚発赤、症状を伴わない根動脈への造影剤誤注入であったと報告した[EV: I]。

まとめ:一過性の合併症として、迷走神経反射、一過性神経症状(痛み、虚脱、パレステジア、頭痛、過敏症状、一過性全健忘、末梢ニューロプラキシア)、交感神経ブロック、皮膚発赤が認められることがある[EV: I, IVa, IVb]。

3) 重篤な合併症

頸椎経椎間孔ブロックの重篤な合併症について、症例報告⁶⁻²³⁾、総説^{1, 24, 25)}、臨床調査報告^{29, 30, 31)}、*in vivo*および*in vitro*の実験的観察研究³²⁻³⁴⁾、システムティックレビュー^{24, 25)}、エビデンスに基づく臨床ガイドライン³⁵⁻⁴⁰⁾が報告されている。

2001年、Brouwersら⁶⁾は、右C₆の診断的神経根ブロック後、脊髄梗塞による脊髄麻痺をきたして死亡した症例を報告した。その後、頸部経椎間孔ブロックによる、死亡例を含む脊髄梗塞、脳梗塞などの重篤な合併症が報告されるようになった[EV: V]⁶⁻²³⁾。

2007年、Scanlonら²⁹⁾は、米国疼痛学会(American Pain Society: APS)に所属する痛み治療専門医を対象に、経椎間孔頸部硬膜外ステロイド薬注射の合併

症に関するアンケート調査を行った。その結果、78件の重篤な合併症が報告された。合併症として、椎骨・脳底動脈領域の脳梗塞16件、頸髄梗塞12件、脳・脊髄合併梗塞2件、死亡例5件、高位脊髄くも膜下麻酔3件、一過性虚血性発作3件、全身痙攣2件、激しい頭痛2件、脊髄浮腫2件、脳ヘルニアを合併した脳幹部の浮腫1件、可逆性の虚血性の神経障害を伴う脳浮腫1件、塞栓による皮質性失明1件、頸椎硬膜外血腫1件、傍脊髄血腫1件などが報告された。78件中70件ではステロイド薬の注入が行われており、このうち15件は致死的な合併症であった〔EV：IVb〕。一方、わが国では、宮崎³⁰⁾が日本ペインクリニック学会認定医を対象にインシデント・アクシデントに関する調査報告を行い、頸部神経根ブロックの後遺症のある重篤な合併症として、脊髄梗塞1件、一過性脊髄梗塞1件、神経損傷4件があったと報告した〔EV：IVb〕。なお、この調査では、経椎間孔法か椎弓間法か記載がないため、頸部経椎間孔ブロックの合併症を特定することはできないが、頸部硬膜外ブロックで生じた後遺症として、失見当識1件、四肢麻痺2件、上肢不全麻痺1件、両下肢不全麻痺1件、下肢知覚異常2件、疼痛・しびれ5件、筋力低下・運動障害3件など、重篤な後遺症17件が報告されている。

2009年、Malhotraら²⁴⁾は、システマティックレビューを行い、経椎間孔硬膜外ステロイド薬注入後に脳脊髄梗塞をきたした10症例の症例報告について詳細を調査し、予後は軽い神経学的後遺症から死亡例までであること、X線透視下でも生じていること、粒子状のステロイド薬の使用が危険因子であることを報告した〔EV：I〕。さらに、2010年Bennyら²⁵⁾は、システマティックレビューで、24時間以上持続し、生命や神経学的後遺症を“重篤な合併症”として、文献と訴訟事例などを集計し分析した。その結果、重篤な合併症は105件、そのうち68件で詳細な報告があった。重篤な合併症の詳細は、脳梗塞と脳浮腫が26症例、脊髄梗塞と脊髄浮腫が15症例、脊髄梗塞と脳梗塞の合併が4症例、皮質性盲2症例、高位脊椎麻酔3症例、痙攣3症例、出血2症例、死亡15症例であった〔EV：I〕。

一方、米国麻酔科学会(ASA)の医療訴訟に関するクローズド・クレームでは、頸部のインターベンショナル痛み治療の合併症による医療訴訟は、慢性痛治療に関する訴訟の22%(64/294件)を占め、そのうち経椎間孔硬膜外ステロイド薬注射による訴訟事例は、脊髄梗塞が5件、脳卒中が3件であった³¹⁾〔EV：IVb〕。

さらに2008年以降、インターベンショナル治療を行う各種学会から、システマティックレビューに基づく臨床ガイドラインが発表され、経椎間孔硬膜外ステロイド薬注射による重篤な脊髄障害、椎骨・脳底動脈領域の中枢神経障害が発生する危険性が広く認識され、対策がガイドラインに取り上げられるようになった(後述)³⁵⁻⁴⁰⁾。

まとめ：頸部経椎間孔ブロックでは、脊髄梗塞・脊髄浮腫(前脊髄動脈症候群)、脳梗塞・脳浮腫、皮質性盲、脊髄・脳合併梗塞などの致死的な合併症が発生する可能性がある〔EV：I, IVa, IVb〕。

解説-12：頸部経椎間孔ブロックには解剖学的な危険性があるか？**1) 解剖学的危険性**

頸部経椎間孔ブロック施行時に、ブロック針により、椎骨動脈や頸椎根動脈を誤って穿刺した場合、注入した薬液によって、脳脊髄の非可逆的な損傷が生じる可能性が、死体解剖による観察研究と臨床症例の造影所見から強く示唆されている^{41,42,43}。Huntoonら⁴¹、Hoeftら⁴²は、死体で上行および深頸動脈の分枝が椎間孔後部の外側開口部を走行するバリエーションがあることから、椎間孔の前方、後方ともに脊髄に血液を送る“根”動脈が走行している可能性があること、椎骨動脈と頸動脈には、様々なバリエーションを持った吻合が認められることから、これらの動脈を誤って穿刺し薬液を注入すると、前脊髄動脈症候群による脊髄梗塞や椎骨・脳底動脈領域の延髄・小脳・後脳などの障害をきたす可能性があることを示唆した〔EV：V〕。実際に臨床症例で、造影剤が根動脈から前脊髄動脈に流入した造影所見が報告され、薬液が前脊髄動脈に注入されることが報告されている^{7,43}〔EV：V〕。

2) 血管内注入の頻度

4件のprospective studyで、経椎間孔硬膜外ステロイド薬注入における造影剤の血管内流入の頻度が報告されている⁴⁴⁻⁴⁷。Fumanら⁴⁴は、504件の経椎間孔硬膜外ステロイド薬注入のうち、造影剤の血管内流入は19.4%で認められたと報告した〔EV：IVa〕。Kimら⁴⁵は頸椎レベルと腰椎レベルで、透視下に適切な針先を確認後、経椎間孔硬膜外注入の血管内造影剤流入頻度を比較し、頸椎レベルでは182件の注入中56件（30.8%）で血管内注入造影所見が、腰椎レベルでは111件の注入のうち11件（9.9%）で血管内あるいは血管内と神経に沿った造影所見が認められ、頸椎レベルでは腰椎レベルに比べて血管内注入のリスクが有意に高いと報告した〔EV：III〕。Smuckら⁴⁶は、頸部経椎間孔ブロックで、硬膜外造影と血管が同時に造影される頻度は122件の造影中23件で、血管造影のみとなった症例13.9%と合わせると、血管造影となる頻度は32.8%の高頻度であったと報告した〔EV：IVa〕。また、Nahmら⁴⁷も、頸部経椎間孔ブロックにおいて、造影剤が血管内注入する比率は20%以上で、腰部、胸部よりも有意に高いと報告した〔EV：III〕。なお、これらのいずれの研究でも、血管造影が静脈造影か動脈造影かの区別はなされていない。しかし、Kimらの報告⁴⁵では、15%のケースで造影剤が脊柱管の方向に流れたとしており、この造影所見には脊髄動脈への流入が含まれることから、脊髄動脈へ薬液が流入する可能性は決して低くないことが示唆されている^{45,48}〔EV：III, IVa〕。

まとめ：脊髄に血液を送る上行頸動脈や深頸動脈の分枝動脈が、頸椎椎間孔後部外側開口部を走行することがある〔EV：V〕。また、椎骨動脈と頸動脈には、様々なバリエーションの吻合が認められる〔EV：V〕ことから、ブロック針がこれらの血管を穿刺すると、脊髄動脈や椎骨脳底動脈領域の脳に薬液を誤って流入させる危険性がある〔EV：V〕。Prospectiveな経椎間孔注入前の造影所見の観察

から、頸椎経椎間孔注入では、腰椎経椎間孔注入に比較して動静脈内への薬物誤注入のリスクが高いことが示唆されている [EV : III , IVa].

解説-13 : 粒子状ステロイド製剤は、脳脊髄梗塞の原因となるか。また、頸部経椎間孔ブロックにはどのようなステロイド製剤を用いるべきか？

1) 症例報告とケースシリーズ

粒子状のステロイド薬が脳・脊髄梗塞の原因であることを示唆する症例⁷⁻¹⁵⁾とケースシリーズと文献的レビュー^{24,25,29)}が報告されている。〔上述, EV : I , V〕

2) 粒子状ステロイド製剤の危険性 (動物実験)

粒子状ステロイド薬による脳梗塞の発生を裏づける1件の動物実験の報告³⁴⁾がある。Okubandejo ら³⁴⁾は、粒子状メチルプレドニゾロンと水溶性デキサメタゾンをブタの椎骨動脈に注入し、動物の行動学的変化、組織変化を観察した。粒子状メチルプレドニゾロンを用いたブタでは人工呼吸から離脱できないケースが多く、Beckman の症例報告¹¹⁾で認められたと同様の、浮腫、虚血性変化などの脳組織の病理変化が認められた。デキサメタゾンを投与した動物ではこのような組織変化はみられなかった [EV : エビデンスレベル該当なし : 動物実験].

3) 粒子状ステロイド製剤と水溶性ステロイド製剤の効果の比較

1件のRCTで、Dreyfuss ら⁴⁹⁾は、粒子状ステロイド薬と非粒子ステロイド薬の効果と比較し、水溶性のデキサメタゾンと、粒子状のトリアムシノロンを用いた頸部経椎間孔ブロック (硬膜外ステロイド薬注入) の効果には差がないことを報告した [EV : II]。一方、粒子状ステロイド薬のトリアムシノロンと水溶性ステロイド薬であるデキサメタゾンで、有効性に関する retrospective な case-controlled study が1件報告されている⁵⁰⁾。この研究でLee ら⁵⁰⁾は、塞栓症の危険性のある粒子状のステロイド薬を避け、水溶性ステロイドであるデキサメタゾンを用いても、効果に差がなかったと報告した [EV : IVb].

4) 粒子状ステロイド製剤の効果に関する RCT

Anderberg ら⁵¹⁾は、頸部神経根症に対して頸部経椎間孔ブロック (硬膜外ステロイド薬注入) を行う40症例を、無作為にステロイド薬と局所麻酔薬を混じたステロイド群と、生理食塩水と局所麻酔薬の混合液を用いた対照群の2群に分けて、その効果と合併症を比較したところ、両群ともに重篤な合併症はなく、3週間後の効果に差がなかったと報告した [EV : II].

まとめ : 頸部経椎間孔ブロックの際に、トリアムシノロン、メチルプレドニゾロンなどの粒子状のステロイド薬を誤って根動脈や椎骨動脈と吻合する深頸動脈などの動脈に注入すると、細動脈を閉塞し、脊髄梗塞や椎骨脳底動脈領域の脳延髄梗塞をきたす可能性がある [EV : V]。粒子状のステロイド薬 (トリアムシ

ノロン)と水溶性デキサメタゾンの効果には差がないことから [EV: III, IVb], 危険性が少ない水溶性デキサメタゾンの使用が推奨される。一方, ステロイド薬による頸部経椎間孔ブロックの効果自体に疑問を投げかける RCT が1件認められ [EV: II], 今後, ステロイド薬併用経椎間孔頸部硬膜外ブロック自体の効果についても適切なサンプル数の RCT による評価が必要である。

解説-14: 粒子状ステロイド薬塞栓以外に頸部経椎間孔ブロック (硬膜外ステロイド薬注入) の重篤な合併症の原因はあるか?

頸部経椎間孔ブロック (硬膜外ステロイド薬注入) 施行時のブロック針による物理的な血管障害や, 空気塞栓, 造影剤による中枢神経障害, 血管スパズム, 硬膜外血腫, 全脊髄麻酔 (ハイスパイナル) などの原因が示唆される重篤な合併症の症例報告がある¹⁶⁻²³⁾ [EV: V].

神経根ブロック後に重篤な小脳浮腫をきたして死亡した症例で, ブロック針による椎骨動脈の解離によることが示唆された剖検例2件の報告がある^{16,21)}。また, 椎骨動脈への空気と造影剤の誤注入が皮質盲をきたした2症例が報告されている。これらの症例では, 空気塞栓と造影剤の神経毒性の可能性が示唆されている^{17,18)}。一方, 頸部神経根ブロック後の硬膜外血腫による頸髄圧迫の1症例²⁰⁾, 一時的にハイスパイナルとなり, 呼吸停止と20分間に及ぶ意識消失を生じた症例²²⁾, 空気と造影剤の脊髄への直接注入による脊髄損傷の1症例²³⁾が報告されている [EV: V].

まとめ: 粒子状ステロイド薬による塞栓症以外に, 重篤な合併症をきたす原因が示唆されている。椎骨動脈の誤穿刺に起因する椎骨動脈解離による椎骨脳底動脈領域の虚血 (死亡), 椎骨動脈内へ誤注入された造影剤や空気による皮質盲, 造影剤や空気を直接脊髄に誤注入したために生じた脊髄障害, 硬膜外血腫, 硬膜下への局所麻酔薬の誤注入による一過性ハイスパイナルなどの報告がある [EV: V].

解説-15: 頸部経椎間孔ブロックの重篤な合併症を防ぐためにどのような方策があるか?

1) 経椎弓間ブロックの選択

米国インターベンショナル治療医学会のエビデンスに基づく『慢性痛のインターベンショナル治療ガイドライン』では, 頸部経椎間孔ブロック (注射) には, 重篤な合併が存在すること, 治療の有用性に関する質の高いエビデンスが存在しないことから, 頸部経椎間孔ブロックを治療法として採用せず, 経椎弓間ブロックの選択を推奨している [EV: CPG (clinical practice guideline) 学会臨床ガイドライン]³⁶⁾。また, Van Zundert ら³⁸⁾は, EBM に基づく頸髄神経根性痛に対する硬膜外ステロイド薬注射について, 2009年までの時点で経椎弓間法と経椎間孔法で

有効性を直接比較した研究はないこと、経椎間孔法では、重篤な合併症が多く報告されていること、また、1件のRCT⁵¹⁾で局所麻酔単独群とステロイド薬+局所麻酔投与群で効果に有意差が認められなかったことから、リスクと有効性を考慮して、経椎間孔法を用いず、経椎弓間法を頸髄神経根性痛に対する治療として推奨するとした〔EV：CPG EBMに基づく学会臨床ガイドライン〕。

しかし、頸部経椎間孔ブロックの重篤な合併症の危険性に関する認識は一致するものの、頸部経椎間孔ブロックが頸部椎弓間ブロックに比較して、重篤な合併症に関して安全であるとも危険であるとも結論づける質の高いエビデンスは存在しないと見る見解^{1,31)}もある〔EV：I, IVb〕。

まとめ：エビデンスに基づく2つの臨床ガイドラインで、頸部経椎間孔ブロックの重篤な合併症を回避するために、この手技を治療法として採用せず、経椎弓間アプローチを選択することを推奨している。しかし、現時点では、経椎間孔ブロックが椎弓間ブロックに比較して、安全であるとも危険であるとも明確に結論づける質の高いエビデンスはないとする見解もある〔EV：CPG, I, IVb〕。

2) 術者の要件

頸部経椎間孔ブロックによる死亡を含む、脊髄・脳障害の重篤な合併症を避けるために、解剖の理解、熟練の必要性、透視を正しく使用することの重要性が強調されている〔EV：IVa, VI〕^{2,52)}。また、システマティックレビューに基づく、カナダ疼痛学会の『神経障害痛のインターベンショナル治療に関するガイドライン』では、「頸部硬膜外注射は稀であるが、四肢麻痺や死亡を含む重篤な合併症が発生しているため、これらの神経ブロックは熟練した術者が行うべきである」としている〔EV：CPG〕⁴⁰⁾。

まとめ：頸部経椎間孔ブロックは、熟練した術者によって、あるいは熟練した術者の指導の下に行うべきである〔EV：IVa, VI, CPG〕。

3) イメージと局所麻酔薬テストドーズ

インターベンショナル痛み治療には、透視、CT、超音波などのイメージが用いられている。しかし、1件のシステマティックレビューで、これらのイメージが痛みの治療における安全性や有用性を高めるといふ科学的な根拠は少ないことが指摘されている⁵³⁾〔EV：I〕。一方、イメージによる確認を補完するために、局所麻酔を用いたテストドーズを行うことの重要性を示唆する症例報告がある⁵⁴⁾〔EV：V〕

3-a) X線透視

X線透視下に行った頸部椎弓間ブロック（ステロイド薬注入）や神経根ブロックで重篤な合併症をきたした症例が報告されている〔EV：V〕^{24,25,29)}。また、米国麻酔科学会（ASA）のクローズド・クレーム³¹⁾で、透視下ブロックに重篤な合併症が生じた複数の症例が報告されている〔EV：V〕。一方、熟練者が、正確な側面像で針先を確認し、薬液注入用のチューブを接続することにより針先の移動を避け、局所麻酔薬と造影剤の混合液を、透視下で注意深く注入し、血管内注入

でないことを除外し、さらに非粒子ステロイド薬を注入すれば、重篤な合併症は生じないとする観察研究がある〔EV：V，G4〕⁵⁵⁾。

3-b) デジタルサブトラクション

デジタルサブトラクションを用いて前脊髄動脈への造影剤の血管内誤注入が確認でき、合併症を未然に防ぐことができたとする症例報告がある〔EV：V，G4〕⁴³⁾。

3-c) C T

CTガイド下に行った神経根ブロックでも、前脊髄動脈症候群による永続的運動麻痺や小脳・脳幹部梗塞を生じた症例が報告されている^{9,12)}〔EV：V〕。一方、新しいCTガイド下後方アプローチの試みに関する retrospective study⁵⁶⁾〔EV：IVa，G3〕や、CTガイド下に針先の位置を検討した retrospective study⁵⁷⁾〔EV：IVa，G3〕や、後方アプローチによる新しい間接的神経根ブロック法に関する観察研究⁵⁸⁾〔EV：IVa，G3〕が報告されているが、これらのCTガイド下の経椎間孔頸部硬膜外ステロイド薬注入や頸部神経根ブロックが合併症の発生を低減させるとする質の高い臨床研究報告はない。

3-d) 超音波

超音波を用いて、頸部神経根ブロックや頸部経椎間孔ブロックを行う手法が報告されている⁵⁹⁻⁶¹⁾〔EV：IVa，IVb，G3〕。Jeeら⁶¹⁾は、根性痛の120症例を、無作為に透視下ブロック群と超音波ガイド下ブロック群の2つのグループに分け、合併症の発生率と、術後2週間、12週間の痛みの程度を評価した。この結果、超音波ガイド下の頸部経椎間孔ブロックは、透視下ブロックと同様に有効であること、重篤な合併症はなく、超音波画像をリアルタイムに観察することにより、血管穿刺を避けることができると報告した〔EV：II，G1〕。

3-e) 局所麻酔薬のテストドーズ

透視下の造影で血管造影所見はなかったにもかかわらず、テストドーズの局所麻酔薬を注入したところ、根動脈注入と考えられる一過性両下肢麻痺が生じたとする症例が報告されている〔EV：V，G4〕⁵⁴⁾。イメージによる確認だけでなく、局所麻酔薬のテストドーズによって神経症状の有無を確認することの重要性が示唆される〔EV：V，G4〕^{24,25,54)}。

まとめ：頸部経椎間孔ブロックをX線透視下に行っても、血管内誤注入が生じることがある〔EV：V〕。デジタルサブトラクションを用いることにより、前脊髄動脈への造影剤の血管内誤注入をより正確に検出できる可能性がある〔EV：V，G4〕。一方、CTガイド下の前方側方アプローチの経椎間孔ブロック（頸部神経根ブロック）でも重篤な合併症が生じる可能性がある〔EV：V〕。また、超音波ガイド下の施行では血管をリアルタイムに検出することができ、血管穿刺を回避できる可能性が示唆されている〔EV：II，IVa，IVb，G1，G2〕。しかし、これらのイメージガイドにより、血管内誤注入が完全に回避できるとは限らないため、局所麻酔薬のテストドーズによる神経系副作用の有無の確認が重要である〔EV：V〕。

4) 新しい薬液注入カテーテルシステム

血管内への薬液の誤注入を防止するために、穿刺針先端を通して先端が鈍なカテーテルを神経根近傍に留置し、カテーテルを通して薬液を注入する新しい薬液注入システム (Trucath Spinal Injection SystemTM) に関する prospective な非 RCT 多施設研究が1件報告されている⁶²⁾ [EV: III, G2]。先端が鈍なカテーテルを用いることにより、完全に流入を防止することはできないが、有意に静脈内および動脈内への造影剤流入率を低下させた [EV: III, G2]。

まとめ: 先端が鈍な薬液注入システムを用いることにより血管内への薬液誤注入のリスクを低減できる可能性がある [EV: III, G2]。

5) 透視下頸椎経椎間孔ブロックの手技・手順

Malhotra ら²⁴⁾ や Benny ら²⁵⁾ は、頸部経椎間孔ブロックの重篤な合併症と、予防法や手順に関する文献レビューを基に、頸部経椎間孔ブロックの手技として、リアルタイムの造影剤を用いた確認が重要であること、デジタルサブトラクションによる血管内流入の有無の確認が好ましいこと、テストドーズの局所麻酔薬を用いて合併症の有無を確認する必要があること、痛みや、温感、神経学的な変化がわかるように鎮静は最小限にとどめること、ステロイド薬は非粒子状のステロイドを選択すべきであること、などの手技・手順の推奨を行った [EV: I, G2]。

一方、臨床ガイドラインで、頸部経椎間孔ステロイド薬注入を安全に行うための推奨が行われている^{35,39)} [EV: CPG, G2]。米国区域麻酔科学会 (ASRA) のガイドライン³⁵⁾ では、

- ① 危険な血管内注射を避けるために、不動化したブロック針の最終的な位置は透視下の前後像、側面像で確認すべきである、
- ② 最終的なブロック針の位置を確定した後、ステロイド薬を注入する前に、透視下に造影剤をリアルタイム注入し、動脈内注入でないことを確認すべきである、
- ③ 動脈内注入が生じた場合は、ステロイド薬注入を中止し、椎弓間法などの他の方法を用いるべきである、
- ④ 使用できればデジタルサブトラクションを用いて血管内注入を確認することが好ましい、

ことが推奨されている [EV: CPG, G2]。

また、米国麻酔科学会 (ASA) の臨床ガイドライン³⁹⁾ では、経椎弓間法と経椎間孔法の硬膜外ステロイド薬注入に対する推奨として、一部の神経根症や神経根痛に対して適応があるが、神経ブロックの適応について、特に頸部経椎間孔法では手技の重篤な合併症について患者と協議すべきであること、頸部経椎間孔法は、透視下に適切にブロック針の位置を確認し、治療薬を投与する前に造影剤でその位置を確認することが推奨されている [EV: CPG, G2]。

まとめ: 透視下の頸部経椎間孔ブロック (ステロイド薬注入) の手技・手順として、以下の事項が推奨されている [EV: CPG, V]。

- ① 頸部経椎間孔ブロック (ステロイド薬注入) を行う際には、患者に有効性と、

- 重篤な合併症の発生を含む合併症について情報を提供し、インフォームド・コンセントを得る [EV : CPG, VI, G4, 5].
- ② 神経学的合併症の有無を検出するため、鎮静は、必要最小限に止める [EV : CPG, IVb, G2].
 - ③ 危険な血管内注射を避けるために、ブロック針の最終的な位置は透視下の前後像と側面像で確認する [EV : CPG, IVb, G2].
 - ④ ブロック針先端の位置が移動しないように、ブロック針にエクステンションチューブを接続して薬液を注入する [EV : CPG, V, G3].
 - ⑤ 最終的なブロック針の位置を確定した後、ステロイド薬を注入する前に、透視下に造影剤をリアルタイム注入し、動脈内注入でないことを確認する。この際、できればデジタルサブトラクションを用いて血管内流入の有無を確認する [EV : CPG, V, G4].
 - ⑥ 造影剤の動脈内注入が生じた場合は、ステロイド薬注入を中止し、椎弓間法などの他の方法を用いる [EV : CPG, VI, G5].
 - ⑦ ステロイド薬として、粒子状のステロイド薬の使用は避け、水溶性ステロイド薬を使用する [EV : CPG, I, II, IVb, V, 動物実験, *in vitro* 観察研究].
 - ⑧ 造影剤による血管内注入の除外を行った後、テストドーズの局所麻酔薬を使用して、神経学的副作用がないことを確認する。もし、神経学的副作用が認められた場合は、ステロイド薬注入を中止し、椎弓間法などの他の方法を用いる [EV : CPG, I, V, VI].

参考文献

- 1) Huston CW: Cervical epidural steroid injections in the management of cervical radiculitis: Interlaminar versus transforaminal: A review. *Curr Rev Musculoskeletal Med* 2: 30-42, 2009 [EV : I]
- 2) Schellhas KP, Pollei SR, Johnson BA, et al: Selective cervical nerve root blockade: Experience with a safe and reliable technique using an anterolateral approach for needle placement. *AJNR Am J Neuroradiol* 28: 1909-1914, 2007 [EV : IVa, G2]
- 3) Pobiel RS, Schellhas KP, Eklund JA, et al: Selective cervical nerve root blockade: Prospective study of immediate and longer term complications. *AJNR Am J Neuroradiol* 30: 507-511, 2009 [EV : IVa, G2]
- 4) Lee SH, Kim KT, Kim DH, et al: Clinical outcomes of cervical radiculopathy following epidural steroid injection: A prospective study with follow-up for more than 2 years. *Spine (Phila Pa 1976)* 37: 1041-1047, 2012 [EV : IVa, G2]
- 5) Abdi S, Datta S, Trescot AM, et al: Epidural steroids in the management of chronic spinal pain: A systematic review. *Pain Physician* 10: 185-212, 2007 [EV : I, G2]
- 6) Brouwers PJ, Kottink EJ, Simon MA, et al: A cervical anterior spinal artery syndrome after diagnostic blockade of the right C6 nerve root. *Pain* 91: 397-399, 2001 [EV : V]
- 7) Baker R, Dreyfuss P, Mercer S, et al: Cervical transforaminal injection of corticosteroids into a radicular artery: A possible mechanism for spinal cord injury. *Pain* 103: 211-215, 2003 [EV : V]

- 8) Tiso RL, Culter T, Catania JA, et al: Adverse central nervous system sequelae after selective transforaminal block: The role of corticosteroids. *Spine J* 4: 468-474, 2004 [EV: V]
- 9) Rosenkranz M, Grzyska U, Niesen W, et al: Anterior spinal artery syndrome following periradicular nerve root therapy. *J Neurol* 251: 229-231, 2004 [EV: V]
- 10) Ludwig MA, Burns SP: Spinal cord infarction following cervical transforaminal epidural injection: A case report. *Spine* 30: E266-E268, 2005 [EV: V]
- 11) Beckman WA, Mendez RJ, Paine GF, et al: Cerebellar herniation after cervical transforaminal epidural injection. *Reg Anesth Pain Med* 31: 282-285, 2006 [EV: V]
- 12) Suresh S, Berman J, Connell DA: Cerebellar and brainstem infarction as a complication of CT-guided transforaminal cervical nerve root block. *Skeletal Radiol* 36: 449-452, 2007 [EV: V]
- 13) Muro K, O'Shaughnessy B, Ganju A: Infarction of the cervical spinal cord following multilevel transforaminal epidural steroid injection: Case report and review of the literature. *J Spinal Cord Med* 30: 385-388, 2007 [EV: V]
- 14) Ruppen W, Hugli R, Reuss S, et al: Neurological symptoms after cervical transforaminal injection with steroids in a patient with hypoplasia of the vertebral artery. *Acta Anaesthesiol Scand* 52: 165-166, 2008 [EV: V]
- 15) 川股和之, 並木昭義: 懸濁性ステロイド剤を用いた頸部神経根ブロックにより小脳・脳幹部梗塞をきたした1例. *日本ペインクリニック学会誌* 17: 25-28, 2010 [EV: V]
- 16) Rozin L, Rozin R, Koehler SA, et al: Death during transforaminal epidural steroid nerve block (C₇) due to perforation of the left vertebral artery. *Am J Forensic Med Pathol* 24: 351-335, 2003 [EV: V]
- 17) McMillan MR, Crumpton C: Cortical blindness and neurologic injury complicating cervical transforaminal injection for cervical radiculopathy. *Anesthesiology* 99: 509-511, 2003 [EV: V]
- 18) Kim W, Kim JS, Lim SC, et al: Reversible posterior leukoencephalopathy syndrome after cervical transforaminal epidural steroid injection presenting as transient blindness. *Anesth Analg* 112: 967-970, 2011 [EV: V]
- 19) Ziai WC, Ardelt AA, Llinas RH: Brain stroke following uncomplicated cervical epidural steroid injection. *Arch Neurol* 63: 1643-1646, 2006 [EV: V]
- 20) Lee JY, Nassr A, Ponnappan RH: Epidural hematoma causing paraplegia after a fluoroscopically guided cervical nerve-root injection: A case report. *J Bone Joint Surg Am* 89: 2037-2039, 2007 [EV: V]
- 21) Wallace MA, Fukui MB, Williams RL, et al: Complications of cervical selective nerve root blocks performed with fluoroscopic guidance. *AJR Am J Roentgenol* 188: 1218-1221, 2007 [EV: V]
- 22) Tofuku K, Koga H, Komiya S: Subdural spread of injected local anesthetic in a selective transforaminal cervical nerve root block: A case report. *J Med Case Rep* 6: 142, 2012 [EV: V]
- 23) Lee JH, Lee JK, Seo BR, et al: Spinal cord injury produced by direct damage during cervical transforaminal epidural injection. *Reg Anesth Pain Med* 33: 377-379, 2008 [EV: V]
- 24) Malhotra G, Abbasi A, Rhee M: Complications of transforaminal cervical epidural steroid injections. *Spine (Phila Pa 1976)* 34: 731-739, 2009

- [EV: I]
- 25) Benny B, Azari P, Briones D: Complications of cervical transforaminal epidural steroid injections. *Spine* 89: 601-607, 2010 [EV: I]
 - 26) Ma DJ, Gilula LA, Riew KD: Complication of fluoroscopically guided extraforaminal cervical nerve blocks: An analysis of 1,036 injections. *J Bone Joint Surg Am* 87: 1025-1030, 2005 [EV: IVa]
 - 27) Derby R, Lee SH, Kim BJ, et al: Complications following cervical epidural steroid injections by expert interventionalists in 2003. *Pain Physician* 7: 445-449, 2004 [EV: IVa]
 - 28) Huston CW, Slipman CW, Garvin C: Complications and side effects of cervical and lumbosacral selective nerve root injections. *Arch Phys Med Rehabil* 86: 277-283, 2005 [EV: IVa]
 - 29) Scanlon GC, Moeller-Bertram T, Romanonowsky SM, et al: Cervical transforaminal epidural steroid injections: More dangerous than we think? *Spine* 32: 1249-1256, 2007 [EV: IVb]
 - 30) 宮崎東洋: 安全なペインクリニックを考える: インシデント・アクシデントのアンケート調査から. *日本ペインクリニック学会誌* 4: 114-122, 2007 [EV: IVb]
 - 31) Rathmell JP, Machna E, Fitzgibbon DR, et al: Injury and liability associated with cervical procedures for chronic pain. *Anesthesiology* 114: 918-926, 2011 [EV: IVb]
 - 32) Benzon HT, Chew TL, McCarthy RJ, et al: Comparison of the particle sizes of different steroids and the effect of dilution: A review of the relative neurotoxicities of the steroids. *Anesthesiology* 106: 331-338, 2007 (*in vitro* 観察研究)
 - 33) MacMahon PJ, Shelly MJ, Scholz D, et al: Injectable corticosteroid preparations: An embolic risk assessment by static and dynamic microscopic analysis. *AJNR Am J Neuroradiol* 32: 1830-1835, 2011 (*in vitro* 観察研究)
 - 34) Okubandejo GO, Talcott MR, Schmidt RE, et al: Perils of intravascular methylprednisolone injection into the vertebral artery: An animal study. *J Bone Joint Surg Am* 90: 1932-1938, 2008 (動物実験)
 - 35) Neal JM, Bernardis CM, Hadzic A, et al: ASRA practice advisory on neurologic complications in regional anesthesia and pain medicine. *Reg Anesth Pain Med* 33: 404-415, 2008 [EV: CPG]
 - 36) Manchikanti L, Boswell MV, Singh V, et al: Comprehensive evidence-based guidelines for interventional techniques in the management of chronic spinal pain. *Pain Physician* 12: 699-802, 2009 [EV: CPG]
 - 37) Bono CM, Ghiselli G, Gilbert TJ, et al: An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of cervical radiculopathy from degenerative disorders. *Spine J* 11: 64-72, 2011 [EV: I, CPG]
 - 38) Van Zundert, Huntoon M, Patijin J, et al: Cervical radicular pain. *Pain Pract* 10: 1-17, 2010 [EV: I, CPG]
 - 39) Rosenquist RW, Benzon HT, Connis RT, et al: Practice guidelines for chronic pain management: An updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Chronic Pain Management and the American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine. *Anesthesiology* 112: 810-833, 2010 [EV: CPG]
 - 40) Mailis A, Taenzer P: Evidence-based guideline for neuropathic pain interventional treatments: Spinal cord stimulation, intravenous infusions, epidural injections and nerve blocks. *Pain Res Manage* 17: 150-158, 2012 [EV: I, CPG]

- 41) Huntoon MA : Anatomy of the cervical intervertebral foramina : Vulnerable arteries and ischemic neurologic injuries after transforaminal epidural injections. *Pain* 117 : 104-111, 2005 [EV : V]
- 42) Hoeft MA, Rathmell JP, Monsey RD, et al : Cervical transforaminal injection and radicular artery : Variation in anatomical location within the cervical intervertebral foramina. *Reg Anesth Pain Med* 31 : 270-274, 2006 [EV : V]
- 43) Verrills P, Nowesentz G, Bernard A : Penetration of a cervical radicular artery during a transforaminal epidural injection. *Pain Med* 11 : 229-231, 2010
- 44) Fuman MB, Giovanniello MT, O'Brien EM : Incidence of intravascular penetration in transforaminal cervical epidural steroid injections. *Spine* 28 : 21-25, 2003 [EV : IVa]
- 45) Kim DW, Han KR, Kim C, et al : Intravascular flow patterns in transforaminal epidural injections : A comparative study of the cervical and lumbar vertebral segments. *Anesth Analg* 109 : 233-239, 2009 [EV : III]
- 46) Smuck M, Tang CT, Fuller BJ : Incidence of simultaneous epidural and vascular injection during cervical transforaminal epidural injections. *Spine (Phila Pa 1976)* 34 : E751-E755, 2009 [EV : IVa]
- 47) Nahm FS, Lee CJ, Lee SH, et al : Risk of intravascular injection in transforaminal epidural injections. *Anaesthesia* 65 : 917-921, 2010 [EV : III]
- 48) Rathmell JP : Toward improving the safety of transforaminal injection. *Anesth Analg* 109 : 8-10, 2009 (Editorial)
- 49) Dreyfuss P, Baker R, Bogduk N : Comparative effectiveness of cervical transforaminal injections with particulate and nonparticulate corticosteroid preparations for cervical radicular pain. *Pain Med* 7 : 237-242, 2006 [EV : II]
- 50) Lee JW, Park KW, Chung SK, et al : Cervical transforaminal epidural steroid injection for the management of cervical radiculopathy : A comparative study of particulate versus non-particulate steroids. *Skeletal Radiol* 38 : 1077-1082, 2009 [EV : IVb]
- 51) Anderberg L, Annertz M, Persson L, et al : Transforaminal steroid injections for the treatment of cervical radiculopathy : A prospective and randomised study. *Eur Spine J* 16 : 321-328, 2007 [EV : II]
- 52) Rathmell JP, Aprill C, Bogduk N : Cervical transforaminal injection of steroids. *Anesthesiology* 100 : 1595-1600, 2004
- 53) Rathmell JP, Manion SM : The role of image guidance in improving the safety of pain treatment. *Current Pain and Headache Reports* 16 : 9-18, 2012 [EV : I]
- 54) Karasek M, Bogduk N : Temporary neurologic deficit after cervical transforaminal injection of local anesthetic. *Pain Med* 5 : 202-203, 2004 [EV : V , G4]
- 55) Gilula LA, Ma D : A cervical nerve block approach to improve safety. *Am J Roentgenol* 189 : 563-565, 2007 [EV : V , G4]
- 56) Wald JT, Maus TP, Geske JR, et al : Safety and efficacy of CT-guided transforaminal cervical epidural steroid injections using a posterior approach. *AJNR* 33 : 415-441, 2012 [EV : IVa, G3]
- 57) Hoang JK, Massoglia DP, Apostol MA, et al : CT-guided cervical transforaminal steroid injections : Where should the needle tip be located? *AJNR* 34 : 688-692, 2013 [EV : IVa, G3]
- 58) Sutter R, Pfirrmann CW, Zanetti M, et al : CT-guided cervical nerve

- root injections : Comparing the immediate post-injection anesthetic-related effects of the transforaminal injection with a new indirect technique. *Skeletal Radiol* 40 : 1603-1608, 2011 [EV : IVb, G3]
- 59) Narouze SN, Vydyanathan A, Kapural L, Sessler DI, Mekhail N. Ultrasound-guided cervical selective nerve root block : A fluoroscopy-controlled feasibility study. *Reg Anesth Pain Med* 34 : 343-348, 2009 [EV : IVa, G2]
- 60) Yamauchi M, Suzuki D, Niiya T, et al : Ultrasound-guided cervical nerve root block : Spread of solution and clinical effect. *Pain Med* 12 : 1190-1195, 2011 [EV : IVa, G2]
- 61) Jee H, Lee JH, Kim J, et al : Ultrasound-guided selective nerve root block versus fluoroscopy-guided transforaminal block for the treatment of radicular pain in the lower cervical spine : A randomized, blinded, controlled study. *Skeletal Radiol* 42 : 69-78, 2013 [EV : II, G1]
- 62) Kloth DS, Calodney AK, Derby R, et al : Improving the safety of transforaminal epidural steroid injections in the treatment of cervical radiculopathy. *Pain Physician* 14 : 285-293, 2011 [EV : III, G2]

[森脇克行]