

超音波ガイド下神経ブロック

①上肢の神経ブロックの実際(腕神経叢ブロック)

和田 穰^{*1} 佐倉伸一^{*2}

[要旨] 腕神経叢ブロックは、腕神経叢をブロックするレベルによって4つに分類できる。この中から、手術や鎮痛を必要とする部位あるいは患者の状態によって最適なアプローチ法を選択する必要がある。超音波画像上、神経組織やランドマークとなる周辺組織の同定が比較的容易であり、リアルタイムに針先を描出できればこれらのブロックの安全性と確実性が高まる可能性がある。しかし一方で、起こりうる合併症の可能性は認識しておく必要がある。また、肩の手術のように術後痛が続くことが予想される場合には、術後鎮痛としてカテーテルを挿入する。腕神経叢の解剖およびそれぞれのアプローチの適応、神経描出法、穿刺法を解説する。

キーワード：腕神経叢ブロック、超音波、アプローチ、穿刺法、カテーテル挿入法

はじめに

腕神経叢ブロックは、腕神経叢をブロックするレベルによって4つのアプローチに分類できる。この中から、手術や鎮痛を必要とする部位あるいは患者の状態によって最適なアプローチ法を選択する必要がある。超音波画像上、神経組織やランドマークとなる周辺組織の同定が比較的容易であり、リアルタイムに針先を描出できればこれらのブロックの安全性と確実性が高まる可能性がある。

I 腕神経叢の解剖

腕神経叢は第5から第8頸神経および第1胸神経の前枝から構成される。この神経叢は前斜角筋と中斜角筋の間を通り、鎖骨下から腋窩、上肢に至る。第5、第6頸神経が上神経幹を、第7頸神経が中

神経幹を、第8頸神経と第1胸神経が下神経幹を形成する(図1)。これらの神経幹は一旦前後に分かれた後、再度合わさり神経束を形成する。上神経幹と中神経幹が外側神経束となり、上神経幹と中神経幹と下神経幹が後神経束となり、下神経幹が内側神経束となる。その後、外側神経束の一部が筋皮神経へ、残りの外側神経束と内側神経束の一部が正中神経となる。また、後神経束は腋窩神経と橈骨神経に分かれる。内側神経束はその他、正中神経、内側上腕皮神経、内側前腕皮神経となる。

II 斜角筋間アプローチ

1. 適応：肩、鎖骨、上腕近位部の手術、鎮痛

斜角筋間アプローチで対象となるのは神経根から神経幹への移行部である。加えて、このアプローチでは腕神経叢に含まれない近傍の神経もブロックさ

^{*1} 島根大学医学部麻酔学教室

^{*2} 島根大学医学部附属病院手術部

著者連絡先 佐倉伸一

〒693-8501 島根県出雲市塩冶町89-1

島根大学医学部附属病院手術部

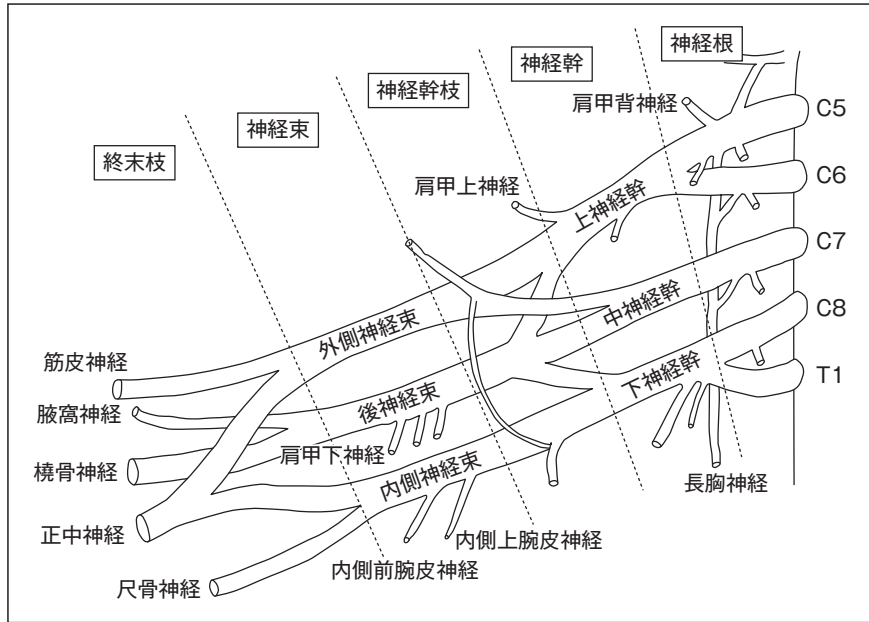


図1 腕神経叢の模式図

れる。頸神経叢の鎖骨上神経もブロックされるため、肩や鎖骨の手術では有利である。一方、第8頸神経と第1胸神経(下神経幹)はブロックされにくいので、尺骨神経が知覚を関与する部位の手術や疼痛緩和には適さない。また、前腕から遠位における知覚や運動はある程度温存される。

2. 神経描出法

仰臥位あるいは半側臥位で、患者の首をブロック側と反対側に向ける。目標となる神経組織が浅いので高周波(10~15MHz)リニアプローブを使用する。

神経描出には以下の2つの方法がある。

- ①最初に輪状軟骨の高さで頸部中央にプローブを当てる。この位置では気管が描出される。プローブを少しブロック側に平行移動させると甲状腺が、さらに外側に移動させると総頸動脈、内頸静脈が同定できる。引き続き外側を観察していくと、前斜角筋と中斜角筋が見えその間に神経根が描出できる。神経根は円形の高エコーで囲まれた低エコーの陰影として捉えられる(図2a)。
- ②まずプローブを鎖骨上窩で鎖骨に沿って当て、ブドウの房状の神経組織¹⁾を見つける(鎖骨上アプ

ローチで得られる画像)。その後、神経組織を超音波画像の中央に捉えながらプローブを頭側に平行移動させる。輪状軟骨の高さで斜角筋間の神経根を描出する。

本アプローチ法で確認すべき周辺組織には横隔神経(前斜角筋と胸鎖乳突筋間)と血管がある。前・中斜角筋の前面を走行する頸横動脈と中斜角筋前面の外頸静脈の位置確認は必須である。カラードプラーの使用が役立つこともある。

3. 穿刺法

ブロック針は交差法あるいは平行法で穿刺する。平行法には、プローブの外側端あるいは内側端から穿刺する方法がある。いずれの穿刺法を選択するかは、ブロック針の進路上の血管の有無や施行者の好みによる。具体的には、プローブの外側端から針を穿刺する場合には外頸静脈が、内側端から穿刺する場合には横隔神経の存在が問題となることがある。交差法では頸横動脈などの動脈がブロック針の進路上に存在する場合もあるので、これらの組織の穿刺を避けることのできる部位と方法を選択する。

平行法で穿刺する場合には、針を超音波画像上で

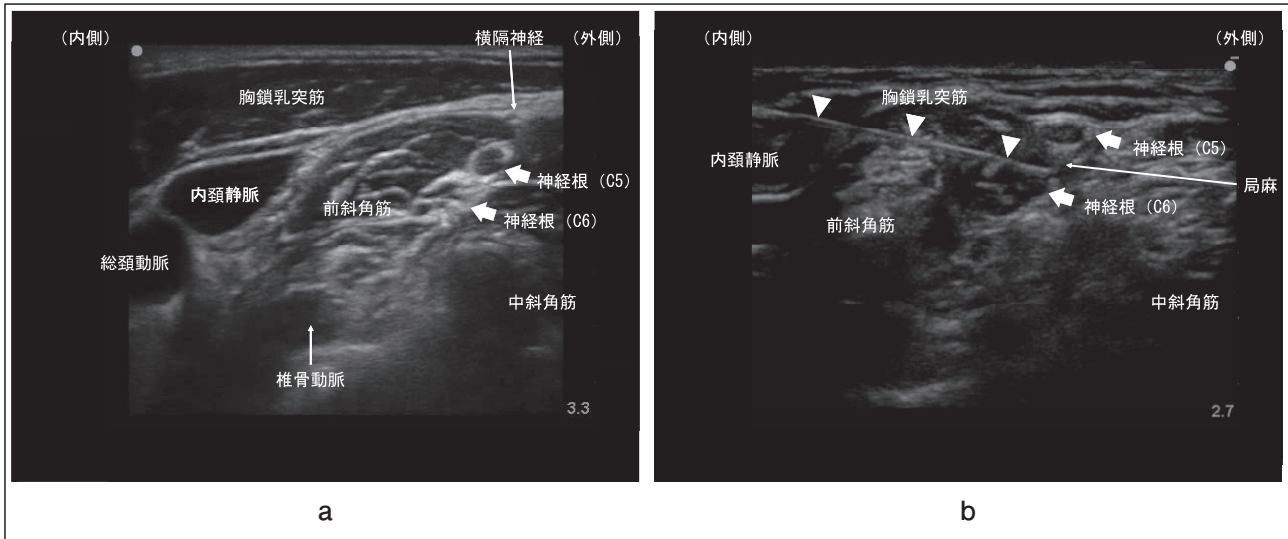


図2 斜角筋間アプローチで見られる超音波画像
ブロック施行前(a)と施行中(b).
三角印：ブロック針

描出させながら前進させる。一方、交差法で穿刺する場合、針先端の視認が難しいが組織の動きで位置を推定するようにする。いずれの方法でも、針先の到達深度は第5と第6頸神経レベルであり、それより針先が深く(内側に)進まないように注意する。ブロック針の到達目標は、斜角筋間溝内の神経周囲組織であって神経自体ではない。また、平行法で穿刺する場合、針先を必ずしも神経根間まで進めなくても結果的には十分なブロック効果が得られる。針先が目標の位置に到達したら、吸引して血液の逆流がないことを確認し局所麻酔薬を少量(1~2ml)分割注入する(図2b)。注入抵抗が高い場合には神経内注入の可能性を考慮し、注入を中止し針の位置を再調整する。神経根レベルでの神経内注入は、全脊麻や神経損傷などの重篤な合併症を招く可能性があるため、絶対に避けなければならない。神経根の両側に局所麻酔薬が広がらなくても結果的に十分な麻酔効果が得られることが多い。

4. カテーテル挿入法

肩関節手術は長く持続する激しい術後疼痛を伴う。1回のブロックで得られる鎮痛持続時間を超え

る疼痛が持続するので、カテーテルを利用した持続あるいは間欠的な局所麻酔薬投与が術後鎮痛として有効である²⁾。カテーテルの挿入に際してはTuohy針の使用が安全である。前述の一回穿刺法と同様に、あるいは後述の後方アプローチによって針を進める。針先端が斜角筋間溝内に到達したら神経周囲に局所麻酔薬溶液などを注入し、スペースを作った後カテーテルを挿入する。カテーテル挿入長は先端が針先から2~3cm出るくらいまでにとどめる。

持続的に良好なブロック効果を得るためには、カテーテル先端の位置が目標とする神経根(幹)近傍に保たれていることが大切である。残念ながら肩や首の動きにより、カテーテルの位置のずれや抜けてしまうことがあるため、カテーテルをしっかりと固定する必要がある。カテーテル保持力の観点から後方アプローチを選択する場合もある。後方アプローチは筋肉内をカテーテルが走行するため、固定性がよい³⁾。

後方アプローチは側臥位で肩甲挙筋と僧帽筋の間から穿刺する方法である⁴⁾。同一超音波画像内に腕神経叢と穿刺部が入らないので、腕神経叢を描出し、

プローブを後方にスライドさせて、刺入部を描出する。針が内側に向かわないように注意しながら、針を超音波画像内で進める。針先端が神経根の後方に達したら、局所麻酔薬を注入してスペースを作り、カテーテルを挿入する。

カテーテルの先端位置は、少量の空気か生理食塩水などを注入することで確認する。

5. 使用する局所麻酔薬

対象とする手術や目的、患者の状態に応じて局所麻酔薬の種類と濃度、量を決定する。1～2%メピバカイン、0.25～0.5%ロピバカイン、レボブピバカイン10～20mlが一般的である。手術に必要な効果は10～20分くらいで現れ、鎮痛持続時間は3～15時間程度である。リドカインやメピバカインにエピネフリン(30～40万倍希釈)を添加すると持続時間延長が期待できる。

持続鎮痛目的にカテーテルから投与する場合は、0.1～0.2%ロピバカインを4～8ml/hr持続投与あるいは、間欠的に10～20ml投与する。

6. 合併症

斜角筋間アプローチでは重症な神経障害の報告がある⁵⁾。そのため、超音波ガイド下による穿刺の意義は高い。また、このアプローチでは腕神経叢に含まれない近傍の神経もブロックされる。横隔神経のブロックは呼吸機能を低下させる⁶⁾ため、呼吸障害のある患者では注意が必要である。局所麻酔薬の注入量を減らしても、横隔神経麻痺を完全に防ぐことはできない^{7),8)}。

Ⅲ 鎖骨上アプローチ

1. 適応：上腕遠位部、肘、前腕の手術

鎖骨上アプローチでは上、中、下神経幹あるいはその先の分枝部分が対象となる。

2. 神経描出法

仰臥位(ファーラー位が望ましい)で、患者の首をブロック側と反対側に向ける。ブロック側の上肢を体幹につけ、肩をなるべく下げるようにして鎖骨上

のスペースを広げるとよい。目標とする神経組織が浅いので高周波(10～15MHz)リニアプローブを使用する。鎖骨上窩で鎖骨に沿うようにプローブを当て、尾側を覗き込むようにゆっくりと傾け、円形の拍動する鎖骨下動脈を見つける。鎖骨下部で観察される腕神経叢は、神経幹あるいは末梢の神経幹前枝と後枝の横断面である。この部分での神経組織は、高エコー性の陰影に囲まれた低エコー性の陰影が数個集まって、ブドウの房状に見える¹⁾(図3a)。第1肋骨の上部、前斜角筋と中斜角筋に囲まれた領域の鎖骨下動脈の外側または表層に存在する。

3. 穿刺法

目的の神経幹が確認できたら、プローブの外側からショートベベル針(50～70mm)をプローブの長軸方向と平行に穿刺する。針全体が超音波走査面にあるように、胸膜あるいは第1肋骨との位置関係に注意しながら、針を進める(図3b)。

ブロックは深部から浅部の順に行う。ブロック針を鎖骨下動脈と肋骨の間に進め、神経幹(枝)周囲(ブドウの房状の中)に局所麻酔薬を注入する。次に針の角度を変えて、表層部に局所麻酔薬を注入する。最終的に15～25mlの局所麻酔薬を注入し、神経組織全体を浸すようにする。

4. 使用する局所麻酔薬

斜角筋間アプローチに準ずる。

5. 合併症

超音波画像上に胸膜の位置を確認することも可能である。ブロック針の位置を常に確認することで、気胸の発生リスクが減少する。また、斜角筋間アプローチと比べ、横隔神経ブロックの発生率が低い。

Ⅳ 鎖骨下アプローチ

1. 適応：肘、前腕、手関節、手指の手術、鎮痛

鎖骨下アプローチでは外側、内側、後神経側の部分が対象となる。

2. 神経描出法

患者を仰臥位とする。上肢を外転させる方が、神

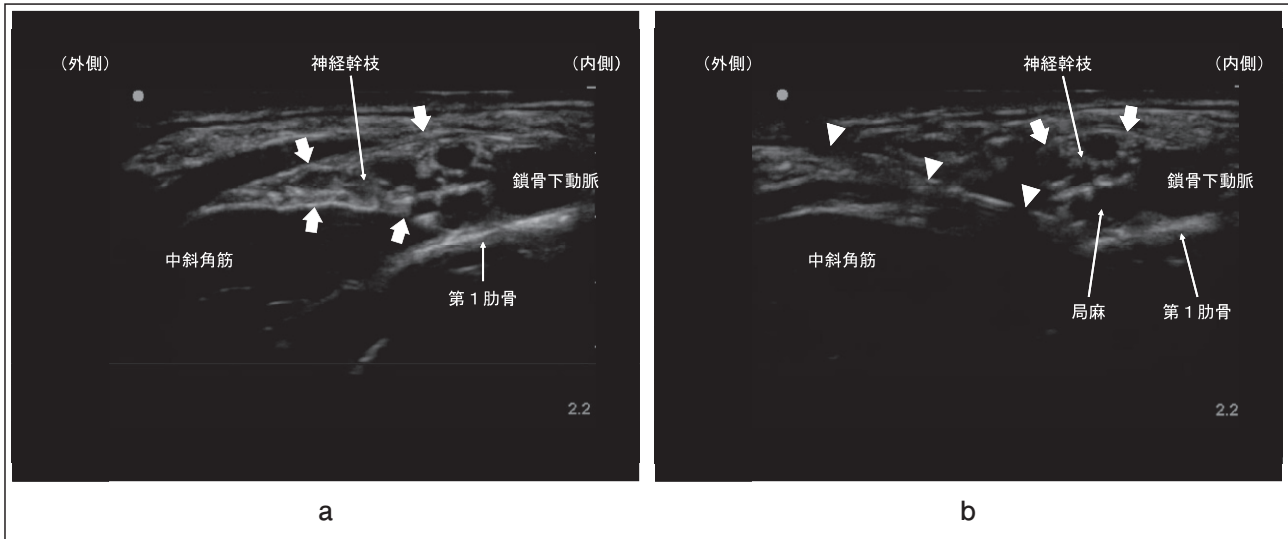


図3 鎖骨上アプローチで見られる超音波画像
ブロック施行前(a)と施行中(b).
白矢印：ブドウ房状の神経組織，三角印：ブロック針

経叢がより表層になり，かつ胸腔から遠ざかるため有利である。

リアプローブを用いるが，目標とする神経組織がやや深いため周波数をやや低め(8～13MHz)に設定する方がよいこともある。プローブを烏口突起のすぐ内側の鎖骨下に身体の高軸と平行に当てる。その際，プローブをできるだけ皮膚と垂直に保つようにする。

最初に円形の拍動する腋窩動脈を見つけ，腋窩動脈の横断面が得られるようにプローブの角度を調整する。腋窩動脈は大胸筋と小胸筋の背側に位置し，腋窩静脈は腋窩動脈の尾側に走行している。鎖骨下部で観察される神経組織は，高エコー性陰影に囲まれた低エコー性陰影に見えることが多く，腋窩動脈周囲に3本の神経束の横断面として確認できる(図4a)。烏口突起のすぐ内側では通常，外側，後，内側神経束が順に腋窩動脈の頭側，背側，尾側に位置している。しかし，肩幅の狭い患者や少し近位で観察すると，3本の神経束が腋窩動脈の頭側に集まって見えることも多い。その場合，胸膜と血管，神経の距離が接近していることも多く，この部位での穿刺は気

胸の危険性が増す。

3. 穿刺法

ブロック針をプローブの頭側からプローブの長軸方向と平行に穿刺する。外側，内側，後神経束すべてをブロックすることが理想である。しかし必ずしも，針の方向を変えて刺し直す必要はなく，腋窩動脈の背側にある後神経束を目標に穿刺し，外側，内側神経束周囲に局所麻酔薬が浸潤するようにする(図4b)。薬液は患者の状態を確認しながら，少しずつ投与し，頻回に吸引して血管内注入ではないことを確認する。また，注入抵抗が高い場合，あるいは患者が疼痛を訴えた場合は神経内注入である可能性があるのですぐに中止し，針先の位置を再調整する。

4. カテーテル挿入法

鎖骨下アプローチはカテーテルの固定性がよく，肘関節手術の術後鎮痛に適している。一回穿刺法と同様に後神経束を目標に穿刺し，局所麻酔薬を注入してスペースを作り，カテーテルを腋窩動脈と後神経束の間あるいは後神経束に近接した部位に挿入する。

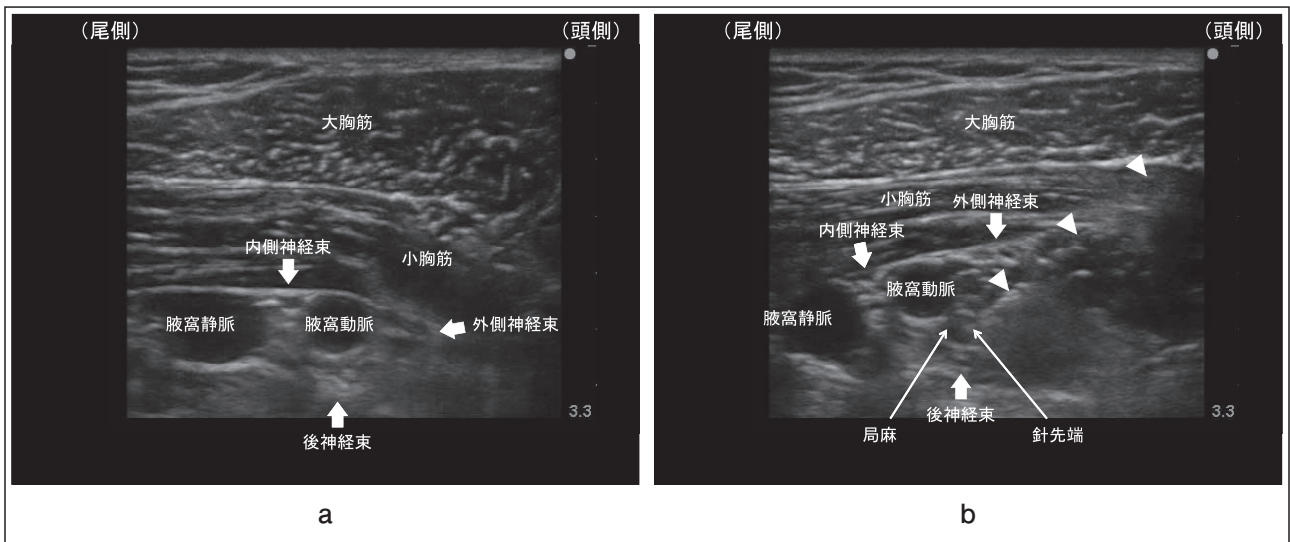


図4 鎖骨下アプローチで見られる超音波画像
ブロック施行前(a)と施行中(b).
三角印：ブロック針

5. 使用する局所麻酔薬

斜角筋間アプローチに準ずる。術後鎮痛目的にカテーテルから投与する場合は、0.1～0.25%ロピバカインを間欠的に10～15mlあるいは持続的に3～6ml/hr用いるとよい。

V 腋窩アプローチ

1. 適応：前腕，手関節，手指の手術，鎮痛

腋窩アプローチでは，終末枝が対象となる。

2. 神経描出法

仰臥位で上肢を体幹に対して垂直になるように外転し，前腕を回外する。肘関節を屈曲させる場合は，前腕の下にまくらを入れるとよい。

目標となる神経組織が表層にあるため，高周波(10～15MHz)リニアプローブを使用する。腋窩部のできるだけ体幹より上腕の長軸と垂直にプローブを当てる。

最初に円形の拍動する腋窩動脈を描出する。近傍に複数の腋窩静脈が走行する。神経組織は高エコー性陰影に囲まれた低エコー性陰影の集合体である。通常，正中，尺骨，橈骨神経は，腋窩動脈の外側，

内側，背側に認められる(図5a)。内側前腕皮神経は腋窩動脈に沿って正中と尺骨神経の間を走行する。筋皮神経は腋窩近位では腋窩動脈の近傍を走行するが，次第に外側に離れる。

1) 筋皮神経

腋窩部では，烏口筋内あるいは上腕二頭筋と烏口腕筋の間に位置する。プローブを体幹近位に平行移動させて，腋窩動脈に近づく神経を探す。

2) 正中神経

腋窩部から肘部まで腋窩(上腕)動脈に伴走するので視認しやすい。

3) 尺骨神経

常に腋窩動脈の尺側に存在する。腋窩部近位では腋窩動脈近くを走行しているが，次第に内側方向に位置を変え肘部では尺骨神経溝に入る。

4) 橈骨神経

橈骨神経は後神経束の終末枝である。したがって腋窩部近位では腋窩動脈のすぐ背側に位置する。大円筋以遠になると，上腕深動脈とともに上腕三頭筋間から上腕骨の外側に出るので，できる限り近位部でのブロックが有利である。

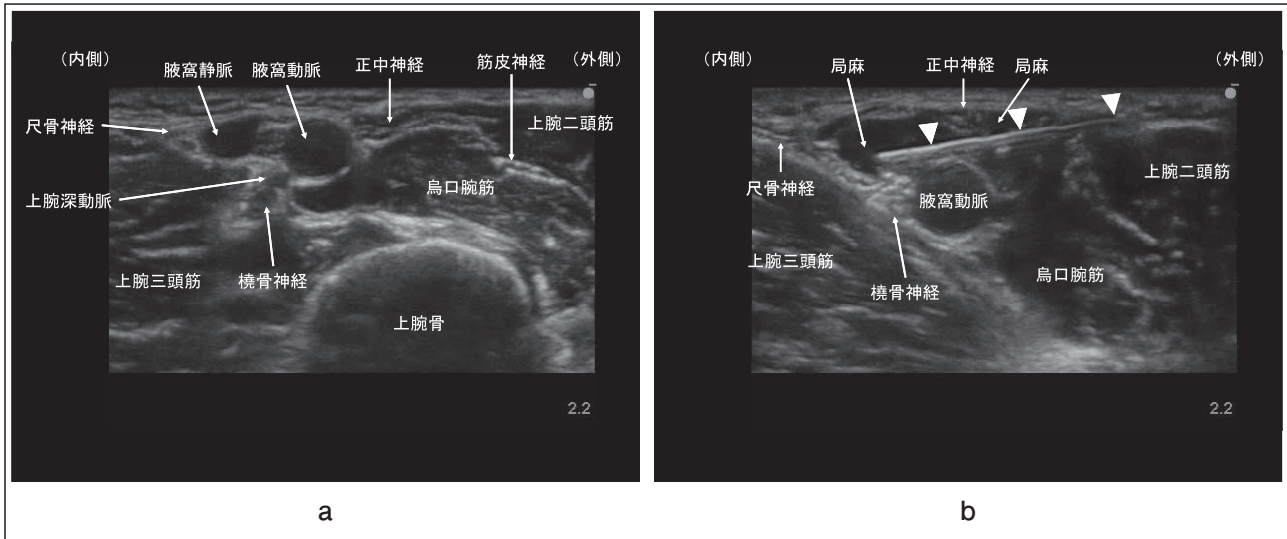


図5 腋窩アプローチで見られる超音波画像
ブロック施行前(a)と施行中(b).
三角印：ブロック針

3. 穿刺法

正中、尺骨、橈骨の3枝をそれぞれブロックする方法と腋窩動脈の周囲に薬液を注入する方法の2つがある。通常、ブロック針をプローブの上腕外側端から平行法で刺入する(図5b)。筋皮神経は腋窩動脈から離れている場合も多く、個別にブロック(異なる刺入位置から穿刺する場合も)する必要がある。

針先端が直接神経を圧迫するとパレステジアを生じやすく、かなりの確率で神経内注入になる⁹⁾。可能な限り神経周囲を目標とし、局所麻酔薬をゆっくり注入する。注入抵抗が高い場合や患者が疼痛を訴えた場合は神経内注入の可能性があるので、中止し針先の位置を調整する。吸引して血液の逆流がないこと、薬液が各神経周囲に広がる様子を確認する。

4. 使用する局所麻酔薬

使用する薬剤に関しては、斜角筋間アプローチに準ずる。各神経周囲に局所麻酔薬を注入する場合には、約5mlずつ注入する。一方、腋窩動脈周囲と筋皮神経に局所麻酔薬を注入する場合には、前者に全体の3/4(15ml程度)、後者に全体の1/4(5ml程度)を注入する。

腋窩アプローチは、腕神経叢の他のアプローチに比べゆっくり効果が現れる。筋皮神経ブロックは例外ですぐに完成するが、特に橈骨・尺骨神経はブロック効果が現れるまで30分以上かかることもある。

参考文献

- 1) Perlas A, Chan VW, Simons M : Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation : a volunteer study. *Anesthesiology* 99 : 429-435, 2003
- 2) Ilfeld BM, Vandenborne K, Duncan PW, et al. : Ambulatory continuous interscalene nerve blocks decrease the time to discharge readiness after total shoulder arthroplasty : a randomized, triple-masked, placebo-controlled study. *Anesthesiology* 105 : 999-1007, 2006
- 3) Antonakakis JG, Sites BD, Shiffrin J : Ultrasound-guided posterior approach for the placement of a continuous interscalene catheter. *Reg Anesth Pain Med* 34 : 64-68, 2009
- 4) Mariano ER, Loland VJ, Ilfeld BM : Interscalene perineural catheter placement using an ultrasound-guided posterior approach. *Reg Anesth Pain Med* 34 : 60-63, 2009
- 5) Benumof JL : Permanent loss of cervical spinal cord function associated with interscalene block performed

- under general anesthesia. *Anesthesiology* 93 : 1541-1544, 2000
- 6) Urmey WF, McDonald M : Hemidiaphragmatic paresis during interscalene brachial plexus block : effects on pulmonary function and chest wall mechanics. *Anesth Analg* 74 : 352-357, 1992
 - 7) Riaz S, Carmichael N, Awad I, et al. : Effect of local anaesthetic volume (20 vs 5 ml) on the efficacy and respiratory consequences of ultrasound-guided interscalene brachial plexus block. *Br J Anaesth* 101 : 549-556, 2008
 - 8) Renes SH, Rettig HC, Gielen MJ, et al. : Ultrasound-guided low-dose interscalene brachial plexus block reduces the incidence of hemidiaphragmatic paresis. *Reg Anesth Pain Med* 34 : 498-502, 2009
 - 9) Bigeleisen PE : Nerve puncture and apparent intraneural injection during ultrasound-guided axillary block does not invariably result in neurologic injury. *Anesthesiology* 105 : 779-783, 2006