

原 著

雑種成犬における腕神経叢ブロックが上肢血流量に
及ぼす影響について

獨協医科大学 麻酔科学

藤岡 照久 池田 知史 藤井 宏一 石川 和由

要 旨 雑種成犬の腕神経叢ブロック (BPB) モデルを作製し、ブロック後の上肢血流量の変化について調べた。【**方法**】雑種雄性成犬を対象とし、全身麻酔下に BPB モデルを作製し、生理食塩水 1 mL (生理食塩水群 : 8 例) と 1% メピバカイン 1 mL (局所麻酔薬群 : 8 例) 投与後の正中動脈血流量 (MABF) の変化を記録、比較検討した。BPB は、超音波下に 21 ゲージ針を腕神経叢内に進め、電気刺激装置にて刺激を確認しながら薬液を注入し、測定終了時に頸部を開創してインジゴカルミン含有の薬液の神経叢内に限局した広がり確認した。BPB による上肢血流量の変化は超音波血流計を用いて MABF を測定することにより評価した。【**結果**】局所麻酔薬群では、薬液注入 30 分後よりブロック側の MABF が有意に増加し、その増加は 60 分後に最大値 (136.7 ± 35.3%) に達し、有意な血流増加は 140 分後まで持続した。局所麻酔薬群のブロック反対側の MABF の変動は認められなかった。一方、生理食塩水群では、薬液注入後の MABF の変動は、ブロック側、反対側ともに認められなかった。【**結語**】雑種成犬の BPB を作製し、交感神経遮断によると考えられる上肢の動脈血流増加作用を確認した。

Key Words : 腕神経叢ブロック, 交感神経, 動脈血流量, 局所麻酔薬, 雑種成犬

緒 言

腕神経叢ブロックは上肢手術の麻酔管理のみならず、有痛性の頸髄疾患、肩関節疾患、上肢疾患、帯状疱疹関連痛、末梢血管疾患などの痛みの緩和に、星状神経節ブロックと共にしばしば用いられるブロックである^{1,2)}。

星状神経節ブロックの効果は、頸胸部の交感神経節を局所麻酔薬で遮断することで支配領域の血流を改善して、二次的に痛みの緩和をもたらすものである^{3,4)}。一方、腕神経叢ブロックは直接神経叢内に局所麻酔薬に浸潤させて直接知覚神経を遮断し、痛みの緩和をもたらす。そして、腕神経叢ブロックは、バージャー病、閉塞性動脈閉塞症、糖尿病性末梢神経障害などによる末梢血管疾患の痛みの治療として有用性も高く、頻繁に行われている^{1,2)}。臨床においては、それらの末梢血管疾患に対する腕神経叢ブロック施行時に、痛みが軽減する前に上肢

の温感を患者が訴えることがしばしば見受けられ、上肢血流が改善していると考えている。

しかし、これまでに腕神経叢ブロック後の上肢の血流増加作用についての報告はない。本研究では、腕神経叢ブロックが及ぼす上肢の動脈血流量の変化について調べるために、雑種成犬の腕神経叢ブロックモデルを作製し、腕神経叢ブロック後の正中動脈血流量の変化について調べたので報告する。

対象と方法

本研究は、獨協医科大学病動物実験委員会の承認を得た後に実施した。

(1) 対 象

体重 9~13 kg の 16 頭の雑種成犬を対象とし、無作為に以下の 2 群に分けた。

局所麻酔薬群 : 局所麻酔薬である 1% メピバカイン 1 ml にて腕神経叢ブロックを行った群 (n=8)

生理食塩水群 : 生理食塩水 1 ml にて腕神経叢偽ブロックを行った群 (n=8)

平成 25 年 11 月 11 日受付, 平成 25 年 11 月 22 日受理
別刷請求先 : 藤岡照久

〒 321-0293 栃木県下都賀郡壬生町北小林 880
獨協医科大学 麻酔科学



図1 正中動脈における超音波血流計プローベの設置

(2) 方法

全ての雑種成犬を、ペントバルビタール 25 mg/kg の静脈内投与により麻酔導入，気管挿管，人工呼吸器に接続，実験中 PaCO₂ の変動により血流量の変動を避けるために PaCO₂ を 35 から 40 mmHg に維持した。麻酔の維持は，ペンタゾシン 0.5 mg/kg，ジアゼパム 0.05 mg/kg の間欠投与により行った。

実験中は，左大腿動脈に留置したポリエチレンカテーテル（外径 0.8 mm）を用いて平均動脈を持続的に，PaCO₂ を間歇的に観察，記録した。また，胸壁に設置した心電計により心拍数を持続的に観察，記録した。そして，実験を通して，生理食塩水液を 4 ml/kg/時間 で点滴静注し，また室温を 24~25℃ に維持した。

また，腕神経叢ブロック後の動脈血流量の変化を観察するために，両側の正中動脈を露出，2.5 mm の超音波血流プローベ（Transonic System T402，AD instrument 社製，US）を装着し（図 1），実験中持続的に正中動脈血流量の変化を観察，記録した。

麻酔が安定したところで，腋窩アプローチ法にて超音波プローベ（SonoSite M-Turbo，富士フィルムソノサイト社製，US）により腕神経叢の位置を確認（図 2），21 ゲージのブロック針を進めた。そして，腕神経叢内に針先が到達した時点で，神経電気刺激装置（Stimuplex[®] HNS12，B Braun 社製，US）にて上肢の動きを確認，腕神経叢に 0.5 mA の電気刺激を加えながら各々の薬液を注入した。局所麻酔薬群では全例，薬液注入後に 0.5 mA の電気刺激による上肢の動きが消失したことを確認した。一方，生理食塩水群では全例，薬液注入後にも 0.5 mA の電気刺激による上肢の動きを確認した。実験終了時に，全例左腋窩部を開創し，薬液に予め添加



図2 腕神経叢の超音波図

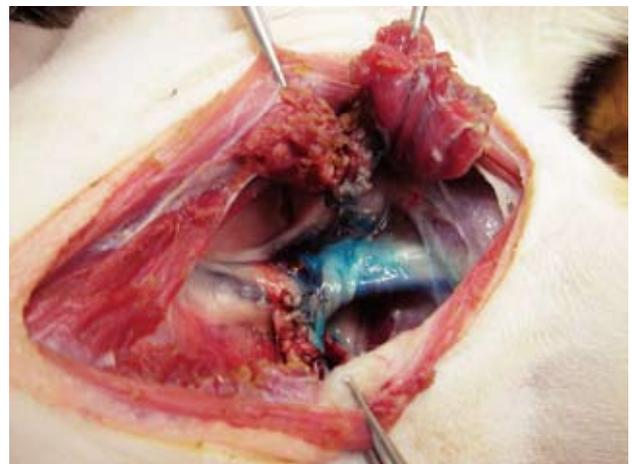


図3 実験終了時に観察した腕神経叢内のインジゴカルミン添加薬液の拡がり

しておいた染色剤としてのインジゴカルミンの拡がりを直視下に確認した（図 3）。尚，雑種成犬の腕神経叢の解剖は Done らのベテナリー・アトミー第 2 版を参考にした⁵⁾。

(3) 統計処理

正中動脈血流量の変動は，ブロック前の値を 100% とし，ブロック後の値を前値のパーセント変化率として表した。統計学的処理には，BPB 前の値と手術終了後各時点との比較には一元配置分散分析法および Bonfferoni test を用い， $p < 0.05$ を統計学的有意とした。尚，測定値は平均 ± 標準誤差で示した。

結果

平均動脈圧の変動を図 4 に示すが，ブロック前から正中動脈血流量の観察を行ったブロック 180 分間にわたって有意な変動は認められなかった。

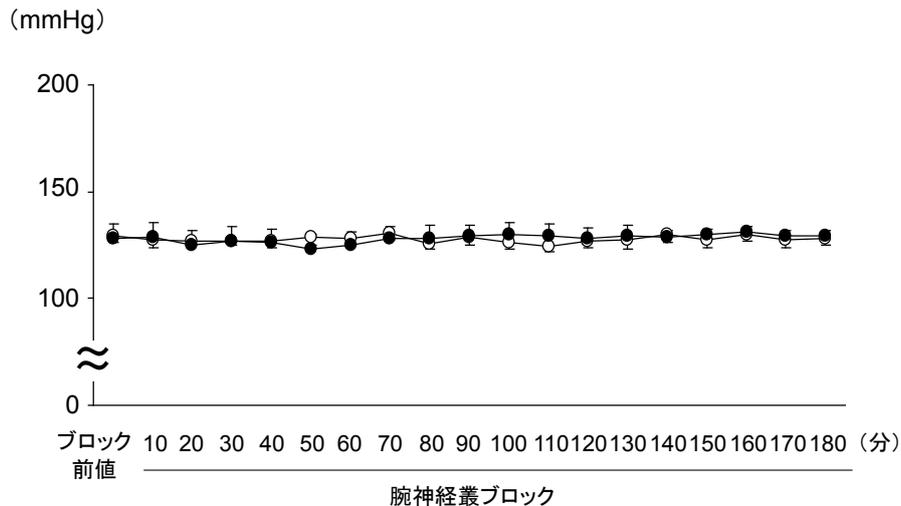


図4 腕神経叢ブロック後の平均動脈圧の変化

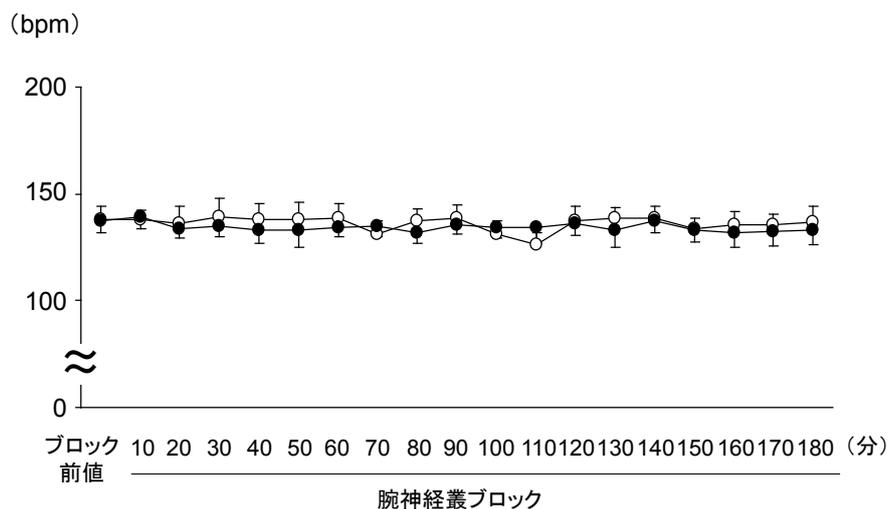


図5 腕神経叢ブロック後の心拍数の変化

また、心拍数の変動を図5に示すが、ブロック前から正中動脈血流量の観察を行ったブロック180分間にわたって有意な変動は認められなかった。

ブロック後の左正中動脈血流量を図6に示す。局所麻酔薬群ではブロック後正中動脈血流量は緩徐に上昇し、ブロック30分から120分後までの間、ブロック前値と比較して有意差を認めた。最も血流量が増加したのはブロック60分後で、増加率は $136.7 \pm 35\%$ に達した。一方、生理食塩水群ではブロック後の正中動脈血流量の変化は認められなかった。尚、ブロック後30分から140分までの間、両群の正中動脈血流量の変化率に有意な差を認めた。

ブロック後の右正中動脈血流量を図7に示す。両群ともブロック後に正中動脈血流量の変化は認められなかつ

た。また、両群間の正中動脈血流量の変化率は何れの時間においても有意な差は認めなかった。

尚、血流測定終了後に確認したインジゴカルミンの広がり、全例とも腕神経叢内に留まっていた。

考 察

上肢の血流障害の改善を目的とした治療として、星状神経節ブロックや胸部交感神経ブロックは頻用度の高いブロックである^{3,4)}。そのため、当施設では雑種成犬の頸胸部交感神経ブロックモデルを作製し、ブロックの有効性、工夫、問題点等について検討してきた^{6~12)}。雑種成犬の頸胸部交感神経ブロックモデルでは、手技、使用する局所麻酔薬の種類、濃度、添加する薬剤、ブロック後の患者の行動などによって上腕動脈血流量の増加効果

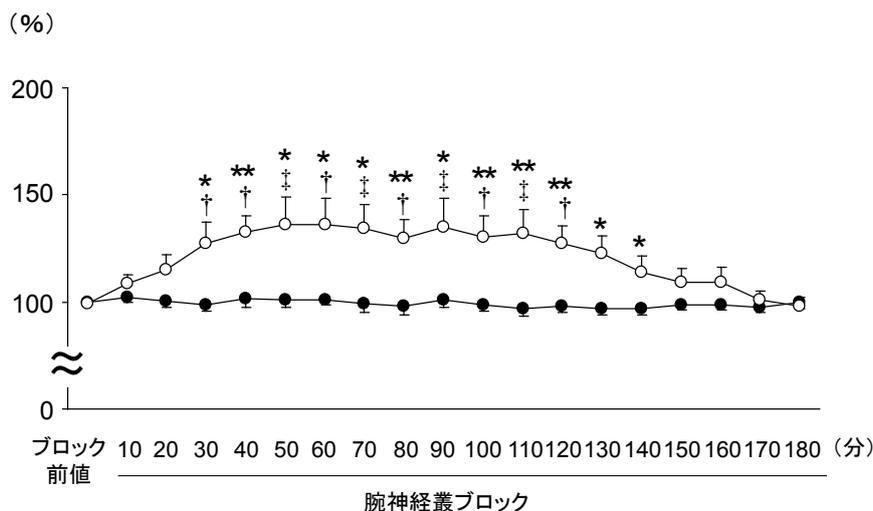


図6 腕神経叢ブロック後の左正中動脈血流量の変化

† : $p < 0.01$ vs ブロック前値 ‡ : $p < 0.05$ vs ブロック前値

* : $p < 0.01$ vs C group ** : $p < 0.05$ vs C group

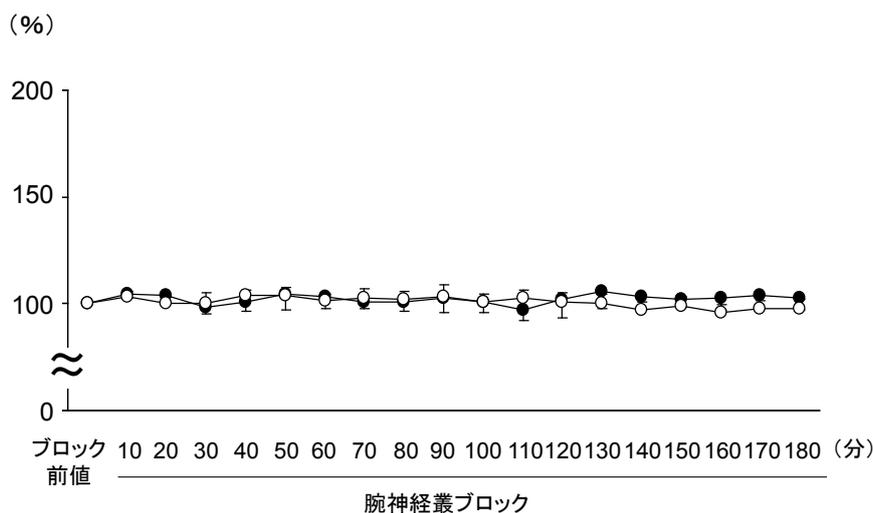


図7 腕神経叢ブロック後の右正中動脈血流量の変化

の程度、持続時間が左右されるが、概ね血流量はブロック前の値に対して150~200%に増加し、60から120分程度持続することが報告され、モデルの有効性は確立されてきた。

そして、臨床の場合においては星状神経節ブロックと同様に施行頻度の高いブロックが腕神経叢ブロックである。腕神経叢ブロックにおいても血流増加作用を自覚する患者は多い。さらに、腕神経叢ブロックの教科書として全世界で使用されている Winnie 著の「腕神経叢ブロック」においても腕神経叢に対する交感神経の関与が記載されている¹³⁾。しかし、これまでに腕神経叢ブロックによる交感神経系への影響や動脈血流量の変化について詳細に調べた報告はなかった。そこで、これまで当施設

で長年にわたって研究モデルとして使用してきた頸胸部交感神経ブロックモデルを参考に、雑種成犬の腋窩アプローチ法による腕神経叢ブロックモデルを作製、ブロックによる上肢の動脈血流量の影響について調べることとした。

従来の頸胸部交感神経ブロックモデルでは、頸胸部交感神経幹が胸腔内深部に位置しているため開胸下に翼状針を留置、薬液の投与を行った。しかし、腕神経叢は雑種成犬においても腋窩部の浅部筋層内に位置し、容易に超音波装置によって抽出できるため、本研究での腕神経叢ブロックは、超音波ガイド下に腕神経叢を抽出、針を神経叢内に誘導、神経刺激装置による確認を行った後に薬液の投与を行った。そのため、今回作製した腕神経叢ブ

ロックは、従来当施設で行ってきた頸胸部交感神経ブロックモデルと条件は異なるが、ブロック後に神経刺激装置による上肢運動の消失を確認し、正中動脈で測定した動脈血流量の上昇を確認することができたため、今後のさらなる研究のモデルとして使用できるものと考えている。尚、腕神経叢ブロックに使用した局所麻酔薬の投与量は、従来の頸胸部交感神経ブロックモデル⁶⁻¹²⁾を参考に決定したが、超音波あるいは直視下にて確認した結果、1 mLの局所麻酔薬あるいは生理食塩水は腕神経叢内に留まっており、投与量としては適切であると判断している。

腕神経叢ブロック後の血流増加は、従来の雑種成犬を用いた頸胸部交感神経ブロックモデルの効果とは若干異なるものであった。頸胸部交感神経ブロックモデルではブロック直後から血流増加が認められ、10分後には最高値に達し、メピバカイン単剤での持続時間は60分程度であった。頸胸部交感神経ブロックによる血流増加の程度は使用した局所麻酔薬の濃度にもよるが、200から300%とブロック前の値の2から3倍まで上昇が確認されている。しかし、本研究で作製した腕神経叢ブロックでは、有意な血量増加はブロック30分後より認められて60分後に最高値に達し、持続時間は120分であり、頸胸部交感神経ブロックと比べ血流増加作用の発現が緩徐で、効果持続時間が延長していた。そして、腕神経叢ブロックの血流増加の程度は136%程度で、頸胸部交感神経ブロックと比べ弱い傾向を示した。その理由は、腕神経叢ブロックが直接の交感神経ブロックではなく、神経叢内に侵入している交感神経節後線維へ局所麻酔薬が徐々に浸透し、交感神経遮断が緩徐に発現したことによるものと推測している。

腕神経叢内への交感神経節後線維の分布についてはWinnieが著した「腕神経叢ブロック」に詳しく記載されている¹³⁾。上肢への交感神経節後線維の分布には2つの独立した分布がある。一つは神経根レベルで腕神経叢に侵入して体性神経とともに神経根、神経幹、分岐、神経束、終末神経を経て上肢の末梢動脈網に分布するものである。もう一つは頸部の交感神経幹から出て直接鎖骨下動脈に入って血管外套に沿って叢状に広がり分布するものである。この交感神経節後線維の上肢への分布様式は人体解剖から得られた情報であるため、今回使用した雑種成犬において同様と考えるわけにはいかないが、本モデルで投与された局所麻酔薬が交感神経幹に浸潤することなく腕神経叢内に留まっていた状況下で正中動脈血流量の増加が確認されたことで、雑種成犬の腕神経叢内にも交感神経節後線維が侵入している可能性が示唆された。しかし、本モデルにおいて腕神経叢ブロックによる

動脈血流量増加の機序を明らかにするためには、今後は雑種成犬の腕神経叢内の交感神経節後線維の存在を確認する必要がある、今後さらなる研究を続けていく予定である。

結 語

従来の研究では開胸操作により頸胸部交感神経幹を露出して薬液を注入することによるブロックモデルであったが、本研究では超音波下ガイド下に薬液を注入することによるブロックモデルであったため、対象となった雑種成犬への侵襲を最小限に留め、より臨床的なモデルを作製することができた。そして、腕神経叢ブロック後の動脈血流増加を確認、腕神経叢内での交感神経節後線維の存在が推測された。

文 献

- 1) Salvaggio I, Adducci E, Dell'Aquila L, et al : Facial pain : a possible therapy with stellate ganglion block. *Pain Med* **9** : 958-962, 2008.
- 2) De Backer LJ, Kienzle WK, Keasling HH : A study of stellate ganglion block for pain relief. *Anesthesiology* **20** : 618-623, 1959.
- 3) Murphy DB, McCartney CJ, Chan VW : Novel analgesic adjuncts for brachial plexus block : a systematic review. *Anesth Analg* **90** : 1122-1128, 2000.
- 4) Brockway MS, Wildsmith JA : Axillary brachial plexus block : method of choice ? *Br J Anaesth* **64** : 224-231, 1990.
- 5) Done SH, Goody PC, Evans SA, et al : 犬と猫の解剖カラーアトラス. ベテナリー・アナトミー第2版. 浅利昌男 (監訳). インターズ/エルセビア・ジャパン, 東京, pp116-119, 2010.
- 6) Otani T, Shinozaki M, Takahashi Y, et al : Comparison of 2% mepivacaine, clipping, and radiofrequency thermocoagulation for duration and magnitude of action in peripheral arterial blood flow induced by sympathetic block in anesthetized dogs. *Reg Anesth Pain* **35** : 525-528, 2010.
- 7) Hashimoto T, Iwasaki T, Takahashi Y, et al : Comparison of bupivacaine, ropivacaine, and levobupivacaine in an equal dose and concentration for sympathetic block in dogs. *Reg Anesth Pain Med* **35** : 409-411, 2010.
- 8) Iwasaki T, Takahashi Y, Kimura Y, et al : Comparison of 0.25% levobupivacaine, 0.25% bupivacaine, and 0.125% bupivacaine for duration and magnitude of ac-

- tion in peripheral arterial blood flow induced by sympathetic block in dogs. *Reg Anesth Pain* **32** : 97-101, 2007.
- 9) Tezuka M, Kitajima T, Yamaguchi S, et al : Addition of dexmedetomidine prolongs duration of vasodilation induced by sympathetic block with mepivacaine in dogs. *Reg Anesth Pain Med* **29** : 323-327, 2004.
- 10) Kimura Y, Hamaguchi S, Okuda Y, et al : Addition of clonidine increases duration and magnitude of vasodilative effect induced by sympathetic block with mepivacaine in dogs. *Reg Anesth Pain Med* **26** : 329-323, 2001.
- 11) Kitajima T, Okuda Y, Mishio M, et al : Acute cigarette smoking reduces vasodilative effect induced by sympathetic block in dogs. *Reg Anesth Pain Med* **26** : 41-45, 2001.
- 12) Okuda Y, Kitajima T : The effects of combined sympathetic block and intravascular infusion of prostaglandin E1 on brachial arterial blood flow in dogs. *Anesth Analg* **89** : 1514-1516, 1999.
- 13) Winnie AP : 腕神経叢に対する交感神経の関与. 腕神経叢ブロック. 川島康男, 佐藤信博 (訳). 真興交易, 東京, pp42-45, 1988.

Changes in the Arterial Blood Flow after Brachial Plexus Nerve Block in Anesthetized Dogs

Teruhisa Fujioka, Tomohito Ikeda, Koichi Fujii, Kazuyoshi Ishikawa

Department of Anesthesiology, Dokkyo Medical University School of Medicine

The purpose of this study is to establish a model of brachial plexus block (BPB) in anesthetized dogs and evaluate changes in the arterial blood flow after BPB. Sixteen anesthetized dogs were enrolled into this study and divided into two groups as follows : M group (1 % mepivacaine 1 mL : n=8) and C group (physiological saline solution (PSS) 1 mL : n=8). For BPB, a block needle was inserted into the left brachial plexus under ultrasonic imaging, the brachial plexus was identified using a nerve stimulator and the spread of drug solutions was confirmed by indigo carmine under dissection after the study. Changes in the arterial blood flow were evaluated by the median arterial blood flow

(MABF) using the ultrasonic blood flowmeter. In group M, left MABF was significantly increased from 30 min to 120 min after BPB, and maximum increase in MABF was $136.7 \pm 35\%$ at 60 min after BPB. In group C, changes in left MABF were not observed during the study. In both groups, right MABF was not changed after BPB. Our results suggest that BPB may have a vasodilating effect induced by sympathetic block.

Key words : brachial plexus block, sympathetic nerve, arterial blood flow, local anesthetic, anesthetized dog