

脊 髓 麻 酔

土 肥 修 司*

緒 言

脊髄麻酔は局所麻酔薬を脊髄クモ膜下腔に投与し、脊髄神経の伝導を可逆的に遮断するものである。使用する局所麻酔薬は少量であるが、神経遮断の発現とその遮断が強力なため、急激な循環変動、血圧の低下、徐脈、希には心停止をきたす。麻酔手技が簡単であるため、しばしば麻酔専門医でない医師によって適切なモニターのない状態で施行されているため、一旦循環不全が生じると致命的な結果を招来する。

ヒトの脊髄麻酔でみられる循環系の変化は、脊髄クモ膜下腔に投与された局所麻酔薬が、脊髄レベルで感覚神経と運動神経を遮断するとともに、血管のトーンスを調節している交感神経節前線維を遮断することによる。しかも、交感神経節前線維の遮断は、感覚・運動神経線維の遮断に比べて、早く起き、且つその遮断範囲も感覚神経線維が遮断される2～3分節上まで及ぶため、脊髄麻酔による循環変動は、麻酔レベルが広がり交感神経遮断が広範囲になると著明となる¹⁾。

循環不全（血圧低下・徐脈）の原因

1) 定義

脊髄麻酔が原因で著明な血圧低下・徐脈、循環不全、循環抑制、循環虚脱といった状態を脊髄麻酔中の循環不全と定義すると、その原因にはさまざまな因子が関与する。

2) 交感神経遮断

主に、脊髄クモ膜下腔に投与された局所麻酔薬が交感神経節前線維を遮断することによって、末梢の動脈・細動脈の拡張及び静脈の拡張（細動脈

は末梢血管抵抗の60%を規定)による循環血液のプールによる血圧低下(末梢循環不全)と心臓交感神経節前線維(T₁₋₅)遮断による徐脈性循環不全とがある。これに呼吸の抑制や停止が加わると、低酸素血症、高二酸化炭素血症のため、一連の反応が著明となると推測される²⁾。

(1) 血圧低下(図1)

前述したように脊髄麻酔による交感神経の遮断範囲が血圧低下と関係する。通常T₇₋₈レベルの感覚神経遮断では著明な血圧低下が起きないとされる。また、乳幼児と小児、成人を比較した場合には、乳幼児そして小児4～5歳時までは、たとえ感覚神経遮断がT₃₋₅に及んでも血圧の低下は著明でないが、6歳を超えると著しい³⁾。血圧の低下は脊髄麻酔前の対照値の30%以上に及び、成人と同様に昇圧薬を必要とする³⁾。

乳幼児及び小児のこの特徴は、交感神経系の未発達と、麻酔前の交感神経の活動状態が低いため血管のトーンスが低下していることによると推測される⁴⁾。

(2) 徐脈

成人では交感神経遮断が高位(T₁₋₅)に及ぶと徐脈を呈する¹⁾が、乳幼児や小児では著明ではない。しかし時には著明な徐脈がみられる。高位の脊髄麻酔による心拍数の減少ないし徐脈は、交感神経遮断によって相対的に副交感神経活動が亢進したためではなさそうである。

(3) 心停止

一般的には、脊髄麻酔による交感神経遮断が広範囲に及んでも心拍停止をきたすことはない。Caplanら²⁾の脊髄麻酔後の心停止例によって訴訟の対象となった症例の分析では、呼吸の異常が第一の因子とされているが、逸話的な症例報告には、反射の関与、体位交換、呼吸停止などさまざまな

*岐阜大学医学部麻酔・蘇生学

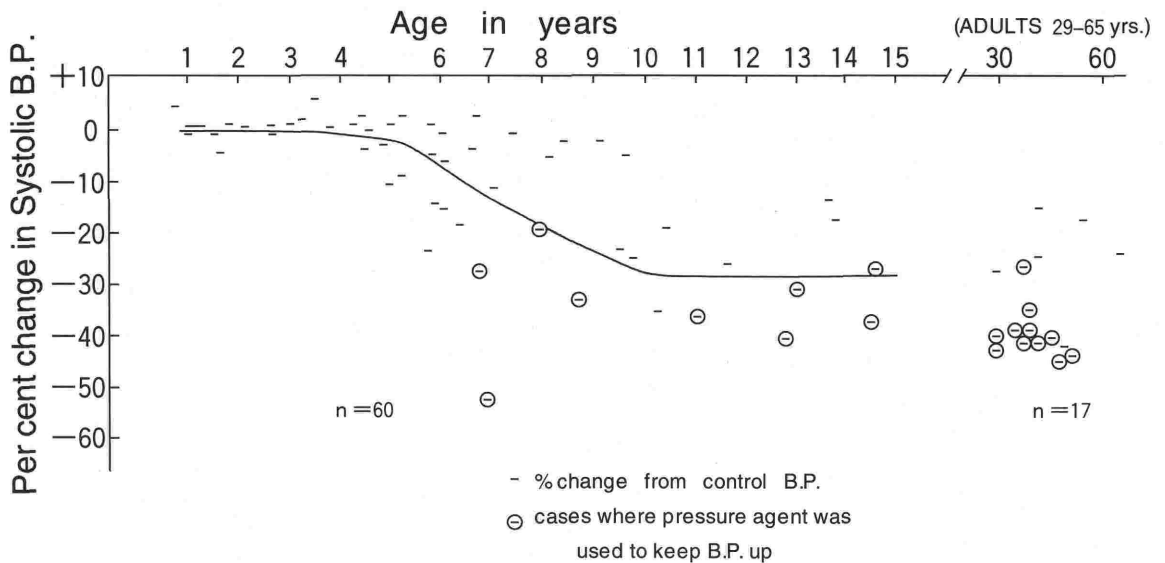


図1 Scattergram of percent changes in systolic blood pressure from control plotted against age in years.

- = maximal percentage change in systolic blood pressure following spinal anesthesia.

○ = a case in which a pressor agent was given to prevent further decrease in blood pressure. (文献3から引用)

因子が想定されている⁵⁻⁸⁾。

さらに意識の消失は、脊髄麻酔による血圧低下のため脳幹網様体賦活系の血流低下をきたしたことよると推測されている¹⁾が、動物実験の結果では、局所の脊髄血流量は個々の麻酔薬によって異なった影響を受けるものの、血圧が著明に低下しない限りは、脳血流量は影響されない^{9,10)}。

(4) 急性心不全・心筋虚血

心臓の機能異常のないヒトが脊髄麻酔によって急性心不全をきたすことは極めて希といえる。が、心不全患者では交感神経活動が亢進し、血中カテコラミン濃度が上昇しているため¹¹⁾、脊髄麻酔による交感神経遮断は心機能に著明に影響する可能性がある。一方、冠動脈疾患を有する患者では、交感神経遮断による反応性の、あるいは昇圧薬による冠動脈スパズムをきたしたとする報告もある¹²⁾。

3) 全脊髄麻酔

脊髄麻酔が広範囲におよび、遮断が全脊髄神経レベルに達した例では、一般に循環系の影響は少ないようである¹³⁾。息苦しさ、発声困難、そして麻酔が横隔膜神経に及べば呼吸停止をきたす。瞳

孔の散大などが見られる。呼吸抑制がなければ血圧の著明な低下や著明な徐脈をきたさない。この理由は、交感神経と副交感神経が同時に遮断されるためと説明されている。また二酸化炭素 (CO_2) は、中枢作用として交感神経刺激作用と血管収縮・血圧上昇作用があるが、交感神経遮断状態では末梢性の血管拡張作用が著明となり血圧低下をきたす。

4) 反射の関与

麻酔中には気道の操作、内臓の牽引などによってさまざまな反射性循環反応が生じる¹⁴⁾。交感神経遮断のため、相対的に副交感神経機能が亢進し、vasovagal reflex を介した反射が脊髄麻酔中の心停止の一原因として推測されている⁶⁾。心臓の交感神経遮断と心臓への静脈環流が減少に伴い心肺受容器反射 (Bezold-Jarisch reflex) を介するものが想定されている。

5) 交感神経と副交感神経活動のアンバランス

脊髄麻酔による予期せぬ心停止の例では、しばしば交感-副交感神経活動のアンバランスがその原因として想定されている¹⁵⁾。しかしながら、Cook ら¹⁶⁾は $\text{T}_5\text{-}_6$ レベルの脊髄麻酔では、血圧低

下と麻酔レベルは相関したが、副交感神経活動と血圧の低下には相関がなく、迷走神経活動は血圧低下の重要な因子ではないとしている。更に心拍変動解析を用いて脊髄麻酔中の交感-副交感神経活動のバランスを検討した研究も一定した結果が得られていない^{17,18)}。

6) 患者背景

脊髄麻酔中に徐脈を呈する患者は、9～13%に及ぶ¹⁹⁾が、多くは著明ではない。脱水状態、高齢、心筋伝導障害、高血圧、自律神経障害を持つ患者や極度に不安状態にある患者は、そして交感神経遮断ブロックが広範囲に及んだ(高位脊髄麻酔)患者はその傾向が強いと推測される。またPR間隔の延長している患者では特に徐脈に注意が必要である¹⁹⁾。

7) 他薬との相互作用

脊髄麻酔中の患者に鎮静目的あるいは麻酔の補助目的で静脈麻酔薬その他が投与される。各々の麻酔薬の循環抑制作用は、脊髄麻酔によって交感神経遮断が広範囲におよぶと、著明にかつ急激に生じる可能性がある。脊髄麻酔のために局所麻酔薬溶液に添加されたフェニレフリン、エピネフリンは全身の循環動態に著明な影響を与えない²⁰⁾が、クロニジンは血圧の低下を助長させるので注意が必要である²¹⁾。

8) 脊髄クモ膜下腔投与の局所麻酔薬の全身作用

脊髄クモ膜下腔に投与された局所麻酔薬も局所の血管から吸収されて全身的な作用をきたす可能性がある²²⁾。しかし硬膜外麻酔と比較して、投与される局所麻酔薬の絶対量が少ないため、全身症状を起こすことは希である。一般にリドカインもカルボカインも大量では中枢神経に抑制的に作用するが、ブピバカインは直接心抑制をきたす²²⁾。

予防と治療

1) 予防

脊髄麻酔中の循環不全の多くは瞬時的に起きるので、予防が重要である。起こしやすい患者や状態を予測し、予防を講じることが重要である。脱水状態、高齢、心筋伝導障害、高血圧、心不全、自律神経障害を持つ患者や極度に不安状態にある患者は、そして交感神経遮断ブロックが広範囲に及んだ(高位脊髄麻酔)患者は要注意で、心電図、

血圧のモニターを注視する。例え感覚神経遮断がT₁₀以下でも、肺の過膨張をきたすような動作(多分、体位変換、力みやbreath-holdingなど)によって副交感神経が刺激され反射性徐脈反応(時に心停止)が生じると推測される¹⁴⁾。

狭心症など冠動脈疾患患者では、遮断部位の血管拡張に対して反射性の冠動脈血管攣縮をきたす可能性もある。

脊髄麻酔中に収縮期血圧が80 mmHg以下、心拍数が50以下の時は、エフェドリン10-20 mgを静注する。アトロピン0.5 mgの静注も効果的である²³⁾。アトロピンの反応は患者の麻酔状態や安静時の交感神経の緊張状態によって変わる²⁴⁾。

過剰な反射性反応の抑制:

脊髄麻酔後の体位の変換はしばしば循環動態の変化をきたす²⁶⁾。ブロック範囲が定着し、循環動態の安定が得られるまで、体位変換や鎮静薬の投与、全身麻酔の導入をさける。あるいは輸液し、相対的な循環血液量の減少を補う²⁶⁾。またアトロピンを静注し、副交感神経を抑制し、交感神経・副交感神経の活動のバランスを維持する。

2) 治療

①収縮期血圧が80 mmHg以下、心拍数が40以下の時は、エフェドリン10-20 mgを静注する。脊髄麻酔後の血圧の変化は、膠質液の輸液よりは、 α_2 アゴニストの方が有効である²⁶⁾。アトロピン0.5 mgの静注も効果的である。

②酸素投与、急速輸液(500 ml/15分)をする。

③両下肢を挙上し静脈環流を増加させる。約700 mlの血液環流の増加が期待できる。

④心不全状態には、動脈ライン、CVPを確保し、モニター下に心機能の改善を図る。ドパミンなどを持続点滴で投与する。

参考文献

- 1) Green NM : Physiology of spinal anesthesia. 3rd ed. Williams: Wilkins, 1981
- 2) Caplan RA, Ward RJ, Posner K, et al : Unexpected cardiac arrest during spinal anesthesia : A closed claims analysis of predisposing factors. *Anesthesiology* 68 : 5-11, 1988
- 3) Dohi S, Naito H, Takahashi T : Age-related changes in blood pressure and duration of motor block in spinal anesthesia. *Anesthesiology* 50 : 319-232, 1979
- 4) Dohi S, Seino H : Spinal anesthesia in premature infants. - Dosage and effects of sympathectomy. *Anesthesiology* 66 : 559-560, 1986
- 5) Nishikawa T, Anzai Y, Namiki A : Asystole during spinal

- anaesthesia after changes from Trendenburt to horizontal position. *Can J Anaesth* 35 : 406-408, 1988
- 6) Mackey DV, Carpenter RL, Thompson GE, et al : Bradycardia and asystole during spinal anesthesia : A report of three cases without morbidity. *Anesthesiology* 70 : 866-868, 1989
 - 7) Weststone DL, Wong KC : Sinus bradycardia and asystole during spinal anesthesia. *Anesthesiology* 41 : 87-88, 1974
 - 8) Scull TJ, Carli F : Cardiac arrest after Caesarean section under subarachnoid block. *Br J Anaesth* 77 : 274-276, 1996
 - 9) Dohi S, Matsumiya N, Takeshima R, et al : The effects of subarachnoid lidocaine and phenylephrine on spinal and cerebral blood flow in dogs. *Anesthesiology* 61 : 238-244, 1984
 - 10) Dohi S, Takeshima R, Naito H : Spinal cord blood flow during spinal anesthesia in dogs : The effects of tetracaine, epinephrine, acute blood loss, and hypercapnia. *Anesth Analg* 66 : 599-606, 1987
 - 11) Cohen NJ, Levinne TB, Olivari MT, et al : Plasma norepinephrine as a guide to prognosis in patients with chronic heart failure. *New Engl J Med* 311 : 819-824, 1984
 - 12) Hirabayashi Y, Saitoh K, Fukuda H, et al : Coronary artery spasm after ephedrine in a patient with high spinal anesthesia. *Anesthesiology* 84 : 221-224, 1986
 - 13) 益田律子, 横山和子 : 脊椎麻酔, HBJ 出版局, 1991, p129
 - 14) 土肥修司 : 麻酔と呼吸・循環反射. *臨床麻酔* 14 : 1533-1544, 1990
 - 15) Malmqvist LA, Bengtsson M, Bjornsson G, et al : Sympathetic activity and hemodynamic variables during spinal analgesia in man. *Acta Anaesthesiol Scand* 31 : 467-473, 1987
 - 16) Cook PR, Malmqvist LA, Bengtsson M, et al : Vagal and sympathetic activity during spinal analgesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 34 : 271-275, 1990
 - 17) Kawamoto M, Tanaka N, Takasaki M : Power spectral analysis of heart rate variability after spinal anaesthesia. *Br J Anaesth* 71 : 523-527, 1991
 - 18) Introna R, Yodlowsky E, Pruett J et al : Sympathovagal effects of spinal anesthesia assessed by heart rate variability analysis. *Anesth Analg* 80 : 315-321, 1995
 - 19) Liu S, Paul GE, Carpeenter RL, et al : Prolonged PR interval is a risk factor for bradycardia during spinal anesthesia. *Reg Anesth* 20 : 41-44, 1995
 - 20) 土肥修司, 武島玲子, 内藤裕史 : 脊髄麻酔における血管収薬添加の意義. *麻酔* 34 : 132-143, 1985
 - 21) Fukuda T, Dohi S, Naito H : Comparisons of tetracaine spinal anesthesia with clonidine or phenylephrine in normotensive and hypertensive humans. *Anesth Analg* 78 : 106-111, 1994
 - 22) 土肥修司 : 局所麻酔薬の局所作用と全身作用. *医学のあゆみ* 167 : 113-117, 1993
 - 23) 西川俊昭, 土肥修司 : 脊椎麻酔中の少量アトロピンの効果. *麻酔* 39 : 833-838, 1990
 - 24) Yamaguchi H, Dohi S, Sato S, et al : Heart rate responses to atropine in humans anesthetized with five different techniques. *Cand J Anaesth* 35 : 451-459, 1988
 - 25) Critchley LAH, Conway F : Hypotension during subarachnoid anaesthesia : haemodynamic effects of colloid and metaraminol. *Br J Anaesth* 76 : 734-736, 1996
 - 26) Anzai Y, Nishikawa T : Heart rate responses to body tilt during spinal anesthesia. *Anesth Analg* 73 : 385-390, 1991
 - 27) 土肥修司 : 局所麻酔に関連した医療過誤の現状. *医学のあゆみ* 168 : 267-269, 1994
 - 28) Thurston CL, Randich A : Effects of vagal afferent stimulation on on and off cells in the rostral ventral medulla : Relationships to nociception and arterial blood pressure. *J Neurophysiol* 67 : 180-187, 1992