

平成 22 年 6 月 4 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008 ～ 2009

課題番号：20791097

研究課題名 (和文) 周辺組織を可視化できる穿刺針の開発

研究課題名 (英文) Development of the insertion needle which can visualize the surrounding tissue

研究代表者

苗村 潔 (NAEMURA KIYOSHI)

東京工科大学・応用生物学部・准教授

研究者番号：90302752

研究成果の概要 (和文)：硬膜外穿刺のように経験と熟練を要する穿刺針の安全性を高めることを目標に、針先端の体内での位置を客観的または定量的に示す針の開発に関する基礎を研究した。食用のブタ脊椎を用いて組織インピーダンス計測の結果、黄色靭帯と棘間靭帯は同様な値となり、組織の種類を特定するのは困難であった。内視鏡を内針の代わりに挿入すると、硬膜外腔に針先が達したことを確認可能であった。

研究成果の概要 (英文)：In order to improve safety of the epidural insertion needle, basic research for developing the needle tip to measure the location inside a patient's body was conducted. Tissue impedance of the porcine spines was measured. As a result, no difference in tissue impedance between the interspinal ligament and the ligamentum flavum was obtained. Endoscope was inserted inside the epidural needle. Epidural space could be visualized.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：医工学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・麻酔・蘇生学

キーワード：硬膜外麻酔、針、インピーダンス、内視鏡、ブタ

## 1. 研究開始当初の背景

局所麻酔の中で硬膜外穿刺は全手術症例の 40%以上で実施される。無痛分娩のための使用も増加している。硬膜穿刺を避けるために、超音波診断装置で皮膚から黄靭帯までの距離を測定してから穿刺する試みがおこなわれている。Kil<sup>1)</sup>の検討では、99.4%が 1 回で硬膜外穿刺できたと報告されている。

Grau<sup>2)</sup>は、妊婦では硬膜外腔がせまくなっているため超音波診断装置で穿刺前に画像を得ることが重要であるとしている。Willschke<sup>3)</sup>は 6 歳以下の小児に対して、硬膜外腔にカテーテル留置する際に超音波画像を併用し、骨との接触が従来法の 71%発生率から 17%発生率まで有意に減少させることができたとしている。以上のように、超

超音波診断装置を併用することが臨床上、有効であることは明らかにされてきている。一般的に普及していないのは、専用の装置が存在せず、超音波プローブをあてがう手が必要で一人では穿刺できず使用しにくい点と画像計測してから穿刺する手間がかかるためである。超音波探触子の直径を細くして、針の内針の代わりに挿入するのが解決策として考えられるが、企業との共同開発が必須となる。当初計画で協力を予定していた企業では、超音波探触子を細くする計画がなくなった。そこで、超音波以外の方法を検討する必要が生じた。

一方、Kalvøy ら<sup>4)</sup>は筋肉と脂肪のインピーダンスを計測して違いを報告している。しかし、硬膜外穿刺に関連する組織のインピーダンスについては検討されていない。

## 2. 研究の目的

硬膜外麻酔のための穿刺針の安全性を高めることが目標である。そのために、穿刺している周辺組織の情報を可視化する針開発の基礎研究を目的とした。

具体的には、電気特性計測、画像計測、針穿刺抵抗の分析をおこなった。

## 3. 研究の方法

電気特性計測の基礎実験として、インピーダンスアナライザ (6440B, Wayne Kerr Electronics 社製) を用いて、食用のブタ脊椎を対象に計測実験をおこなった。棘間韧带と黄色韧带をそれぞれ、神経ブロック用双極針 (八光社製) を用いて測定した。6本の脊椎について、各々3~7箇所合計29箇所を対象とした。周波数測定範囲を20~1 MHz、入力電圧を0.01, 0.1, 1, 10 Vとした。



棘間韧带 黄色韧带  
図1 ブタ脊椎のインピーダンス測定

全身麻酔下のブタ筋肉のインピーダンスを測定したが、印加電圧を大きくする必要があるので、*in vitro*実験との違いが見られた。

画像計測について、全身麻酔下のブタを対象に動物用の内視鏡 (AVS 社製) を挿入することを試みた。本実験は東京工科大学動物実験委員会の承認を得て実施した。

針穿刺抵抗の分析について、穿刺途中で組織をホルマリン固定することで、穿刺抵抗と

細胞の変形の分析をおこなった。また、穿刺対象のブタ黄色韧带の厚さと弾性係数を測定し、ヒトの文献値<sup>5)6)</sup>と比較した。

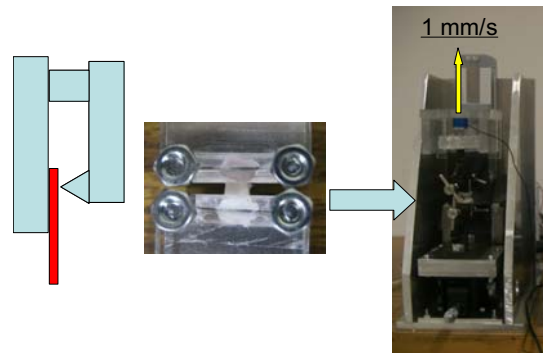


図2 黄色韧带の引張試験

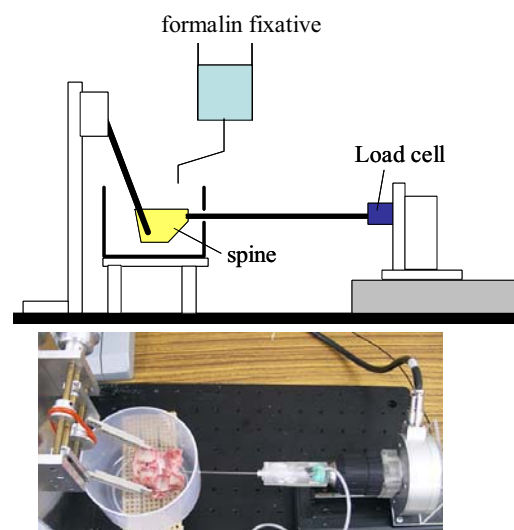


図3 針穿刺途中の組織固定

## 4. 研究成果

黄色韧带では1~10 kHzの間で5000 Ωとなったが、棘間韧带も同様な値となり、組織の種類を特定するのは困難であった。

内視鏡は図6の緑矢印の方向に挿入した時は、針先が硬膜外腔に達すると、光が硬膜に反射し画面が白くなった。一方、赤矢印の方向に挿入した時は、針先が抜ける先の硬膜外腔を観察しえた。

黄色韧带が針先で切開される前に変形している様子を明らかにし、針の穿刺抵抗を評価する上で、黄色韧带の変形を考慮する必要があることがわかった。

厚さは平均1.2 mmとヒトの半分程度、弾性係数が2 MPaとヒトの25分の1と小さい値であった。ブタによる評価はヒトに比べて結果が強調されることがわかった。

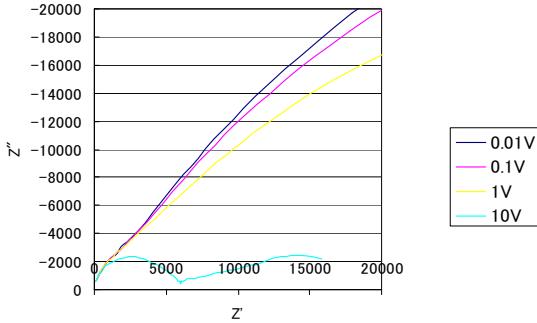
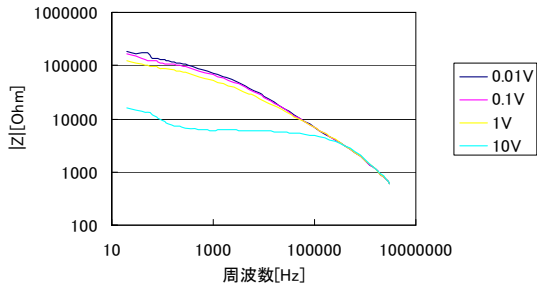


図4 黄色靱帯インピーダンス周波数特性(上)とナイキスト線図(下)の入力電圧による比較

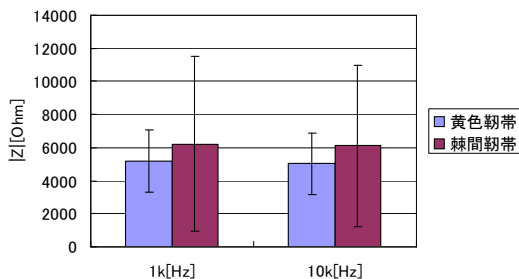


図5 インピーダンスの比較

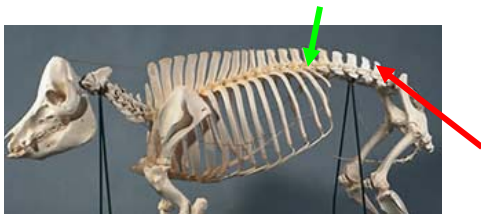


図6 内視鏡の挿入方向

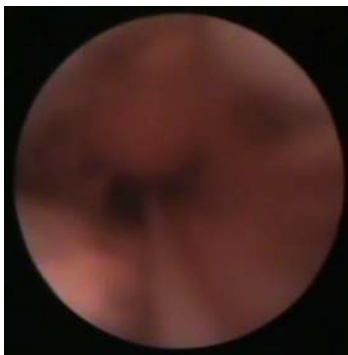


図7 脊椎と硬膜外腔の内視鏡像

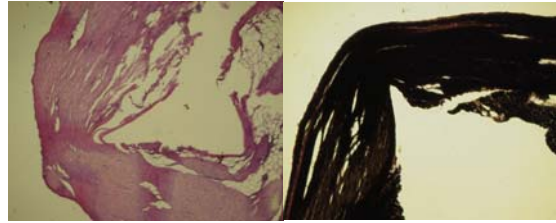


図8 針穿刺途中の黄色靱帯染色像(左:HE染色、右:エラスチカワンギーソン染色)

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

1 K. Naemura, H. Saito, Needle Insertion Test by Porcine Ligamentum Flavum, WC 2009, IFMBE Proceedings, 査読有, 25 / VI, 2009, 28~31

2 苗村潔, 齋藤英也, ブタ黄色靱帯を用いた硬膜外麻酔針の穿刺抵抗の分析, 生体医工学, 査読有, 46 (3), 2008, 377-382

〔学会発表〕(計7件)

1 苗村潔, 黄色靱帯への針による穿刺抵抗のモデリングに関する基礎研究, 日本機械学会第22回バイオエンジニアリング講演会, 2010年1月10日, 岡山

2 苗村潔, 針穿刺時の組織変形と破壊の可視化実験に関する基礎研究, 第7回生活支援工学系学会連合大会, 2009年9月24日, 高知

3 小橋大介, 苗村潔, 硬膜外麻酔穿刺シミュレータの設計, 日本機械学会関東支部関東学生会第48回学生員卒業研究発表講演会, 2009年3月6日, 水戸

4 苗村潔, 齋藤英也, 硬膜外穿刺針の黄色靱帯貫通特性の研究, 第17回日本コンピュータ外科学会大会, 2008年11月2日, 東京

5 K. Naemura, A. Sakai, T. Hayashi, H. Saito, Epidural Insertion Simulator of Higher Insertion Resistance & Drop Rate after Puncture, 30th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 2008年8月22日, カナダ・バンクーバー

6 苗村潔, 脳、大腸、針穿刺に関する精密手術テクノロジー, 日本機械学会 2008年度年次大会, 2008年8月4日, 横浜

7 苗村潔, 齋藤英也, 硬膜外穿刺時の黄靱帯の力学特性, 第47回日本生体医工学会, 2008年5月9日, 神戸

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

苗村 潔 (NAEMURA KIYOSHI)  
東京工科大学・応用生物学部・准教授  
研究者番号： 90302752

### (2) 研究分担者

### (3) 連携研究者

#### 参考文献

- 1) Kil HK, Cho JE, Kim WO, Koo BN, Han SW, Kim JY. Prepuncture ultrasound-measured distance: an accurate reflection of epidural depth in infants and small children. *Reg Anesth Pain Med.* 32(2):102-6, (2007)
- 2) Grau T, Leipold RW, Horter J, Conradi R, Martin E, Motsch J. The lumbar epidural space in pregnancy: visualization by ultrasonography. *Br J Anaesth* 86: 798-804, (2001)
- 3) Willschke H, Marhofer P, Bosenberg A, Johnston S, Wanzel O, Sitzwohl C, Kettner S, Kapral S. Epidural catheter placement in children: comparing a novel approach using ultrasound guidance and a standard loss-of-resistance technique. *Br J Anaesth* 97: 200-207, (2006)
- 4) Kalvøy H, Frich L, Grimnes S, Martinsen OG, Hol PK, Stubhaug A. Impedance-based tissue discrimination for needle guidance. *Physiol Meas.* 30(2):129-40, (2009)
- 5) Sakamaki T, Sairyō K., Sakai T., Tamura T., Okada Y., Mikami H. Measurements of ligamentum flavum thickening at lumbar spine using MRI, *Arch Orthop Trauma Surg*, 129(10): 1415-1419, (2009).
- 6) Cheung JTM, Zhang M, Chow DHK, Biomechanical response of the intervertebral joints to static and vibrational loading: a finite element study, *Clinical Biomechanics*, 18: 790-799, (2003).