ポーラログラフィ法による脊髄組織酸素 分圧の実験的測定

鹿児島大学整形外科

森 園 良 幸・酒 匂 崇
坂 上 譲 二・鈴 木 悠 史
室 屋 誠・米 和 徳

Spinal cord tissue oxygen measured by polarographical technique in rabbits

by

Y. Morizono, T. Sakou, J. Sakagami, Y. Suzuki,
M. Muroya and K. Yone.

Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine,
Kagoshima University.

Partial tissue oxygen pressure in the spinal cord was measured in the rabbits by polarographical method. The study was done in the thoracic cord after laminectomy of T6, T7 and T8 with a small size of needle electrodes being inserted. The average PO_2 showed 11.9 ± 0.9 mmHg in the white matter and 26.7 ± 3.3 mmHg in the gray matter. The blood pressure was maintained within the normal range, 80-120 mmHg during the determination. Then the blood pressure was made changed by venous administration of noradrenaline and trimetaphane. The PO_2 showed to increase or decrease parallel in proportion to that of blood pressure. In addition, PO_2 in the spinal cord showed a rapid increase when pure oxygen gas was inspired through intubation.

金属電極による組織酸素分圧の測定は、Montgomery 以来、多くの研究者により報告されているが、脊髄実質内組織 PO_2 に関する研究は少なく、前田 (1965)、Kelly (1970)、Ducker (1971)、らのものがある。しかし量的測定についての報告は不明な点が多く、また測定技術面における問題が多いようである。私達もポーラログラフィーを応用して、成熟家兎の脊髄実質内組織 PO_2 を測定し、検討を加えたので報告する。

方 法

測定装置は、ユニークメディカル社製 POG-200 A を用いた。実験動物は成熟家兎 20 羽 (平均体重 2 kg) を使用した。ソムノベンチール静脈麻酔下で、気管切開にて気管内挿管し、レスピレーターにより調節呼吸を行ない、動脈血 PO_2 、 PCO_2 、PH 値を正常範囲にコ

ントロールした。薬剤投与及び補液用に、片側耳静脈を確保、片側大腿動脈には血圧測定用カテーテルを挿入し、全身血圧を連続的に測定した。体温モニターとして、直腸温を記録した。家兎は動物固定器 (Suspension 式、自家製) に固定した。測定前、針電極は窒素ガスで飽和された $37^\circ C$ 生食内で 0 調節をした後、room air で飽和された $37^\circ C$ 生食水で 150 mmHg 調節を行なった。これを 2 回行い、誤差の少ない電極針のみを使用した。脊髄 PO_2 の測定には、胸椎 6, 7, 8 を椎弓切除後、顕微鏡下に硬膜、クモ膜を必要最小限、切開、開窓し、脊髄を露出した。径 180 μ の recessed type の針電極を背側より、脊髄実質内に刺入した。灰白質部 PO_2 測定には、中央部で 2 mm の深さ、白質部 PO_2 測定には、側方 1 mm の刺入とした。不関電極は、背側皮下に埋没した。このようにして測定した PO_2 値の、昇圧剤や降圧剤に

図1

よる全身血圧の変動や、純酸素吸入による大動脈 PO₂ 値の変動などの関連性についても観察を行った。また実験終了後、測定部の脊髄の組織学的検索を行った。

結 果

白質と思われる 1 mm 刺入群での PO₂ 値は計 11 回の刺入で、7 mmHg より 17 mmHg に及び、平均 11.9 ± 0.9 mmHg である。灰白質と思われる 2 mm 刺入群の PO₂ 値は、計 14 回の刺入で、8.75 mmHg より 45 mmHg に及び、平均 26.7 ± 3.3 mmHg である (図 1) ($P < 0.001$)。次に 0.002 % Noradrenaline 投与の血圧上昇による、脊髄 PO₂ と筋肉 PO₂ の変化を検討した。脊髄 PO₂ は、全身血圧の上昇にほぼ比例して上昇し、血圧下降に比例して下降を示し、血圧の正常化にほぼ比例して正常に復した。一方筋肉 PO₂ は Noradrenaline 投与 3 分後に、最高値を示し、以後しだいに下降、投与後約 20 分で最低値となり、その後しだいに上昇、投与後 50 分で、投与前に復した (図 2)。0.002 % Trimetaphane 投与の血圧下降による影響では、脊髄 PO₂ は、血圧の急激な下降に比例して、下降し、血圧の正常化にほぼ比例して、正常に復した。一方筋肉 PO₂ は、血圧に比

図2

血圧下降による体内 PO₂ と筋肉 PO₂ の変化

図3

例するが、緩徐であった (図 3)。血圧上昇、下降両群とも実験中、動脈血 PO₂、PCO₂ は正常範囲であった。次に純酸素吸入による組織 PO₂ は、脊髄、筋肉組織とも、吸入後、約 1 分で組織酸素分圧の上昇を認めた。脊髄 PO₂ は純酸素吸入解除と共に、急速に下降を示したが、筋肉 PO₂ は、緩徐であった。この操作の間、全身血液及び血中 PCO₂ はほとんど一定であった (図 4)。実験終了後、針電極刺入部の脊髄を摘出し、組織学的検索を行った。従来の電極針を刺入後の脊髄組織の H-E 染色では、刺入部の先端に大きな出血巣を認めたが、現在使用中の電極針では、刺入部の微少な出血巣を認めるのみであった。又実験終了後、麻痺状態を観察した家兎では、現在の使用電極針においては、1 例も麻痺を認めなかった。

図5

考 察

Polarography を応用し、正常家兎脊髄組織酸素分圧を連続的に、定量測定した。この Polarography は容存する酸素量に比例して、脱分極電流がおこる原因に基づいている。酸素電極の電流を左右する因子として、1) 電極の動揺、2) 酸素拡散係数の変化、3) 体循環における酸素濃度、4) 局所血流、5) 局所組織の酸素消費、6) 出血による赤血球の存在などが考えられている。我々は全身麻酔下、レスピレーターによる調節呼吸、体温の一定化、電極針の固定、suspension 式動物固定器の使用により、1) ~ 5) の因子を一定の条件に保った。また6) の因子を最小限におさえる為、微少電極の作製に努力した。これはまた脊髄組織内酸素分圧の測定においては、出血による影響のほかに、麻痺を生じないことが要求されるからである。また針自体の安定性因子としては、ノイズやドリフト、動揺影響、汚染に対する抵抗性、感度の酸素濃度に対する直線性、応答の早さ、残余電流の大小等が挙げられるが、膜付電極の使用や、実験前の綿密な針の check 等により、より安定した data が得られるものと考えている。

現在まで正常脊髄実質内組織酸素分圧の絶対値測定

は、Kelly, Ducker らのみにより報告されており、それぞれの測定値は Kelly: 15~30 mmHg (犬), Ducker: 39±3 と 36±2 mmHg (犬) である。しかし脊髄内の針の深さについては記載もなく、測定部位は不明である。我々は、脊髄内組織酸素分圧を絶対値で示し、全身血圧や、動脈血 PO_2 の変動による脊髄組織酸素分圧の影響について報告した。脊髄組織酸素分圧は、全身血圧の上昇、下降に対して、auto-regulation の範囲内でも、ほぼ血圧に比例して変動を示した。

文 献

- 1) 天野敬一: 日整会誌, 52, 59, 1978.
- 2) Ducker, T. B. et al: Surg. Neurol. 10, 60, 1978.
- 3) Ducker, T. B. et al.: Surg. Forum. 22, 413, 1971.
- 4) Hales, J. R. S. et al.: J. Neurosurg. 54, 620, 1981.
- 5) Kelly, D. L. et al.: J. Neurosurg. 36, 425, 1972.
- 6) Kelly, D. L. et al.: J. Neurosurg. 33, 554, 1970.
- 7) 前田信義: 奈良医学雑誌, 16, 429, 1965.
- 8) Robert, M. et al.: J. Neurosurg. 37, 706, 1972.
- 9) 八木舎西ほか: 岩手医学雑誌, 15, 193, 1963.

質 問

総合脊損センター 佐々木邦雄

脊髄組織酸素分圧には血流と同じ様な autoregulation system がありますか。

回 答

鹿児島大学整形外科 森園 良幸

脊髄組織 PO_2 は、血圧上昇、下降にほぼ平行して変動を示した。又純酸素吸入では、1分後に PO_2 値の上昇を示し、プラトーを形成、吸入中止を共に下降を示した。

回 答

鹿児島大学整形外科 森園 良幸

脊髄組織 PO_2 測定用の電極針は径 180 μm であり、血流測定用電極針は径 100 μm である。