

## フタコブラクダ (*Camelus bactrianus*) 脾臓の微細構造

阿部 光雄<sup>1)\*</sup>・額爾敦朝魯<sup>1,2)</sup>・小林 中<sup>1)</sup>・竹花 一成<sup>1)</sup>

### Fine Structure of the Bactrian Camel (*Camelus bactrianus*) Spleen

Mitsuo ABE<sup>1)\*</sup>, Eerdunchaolu<sup>1,2)</sup>, Ataru KOBAYASHI<sup>1)</sup> and Kazushige TAKEHANA<sup>1)</sup>  
(June 1999)

#### 緒 言

脾臓の微細構造の研究は多い。脾臓の組織学的構成要素として、被膜、脾柱、脾柱動脈、中心動脈、さや動脈、筆毛動脈、脾洞、脾髄静脈、白脾髄、辺縁帯および赤脾索などがある。さや動脈を有する動物はイヌ<sup>4,10,16,17)</sup>、ウマ<sup>16,18)</sup>、ウシ<sup>1,16,17)</sup>、ミンク<sup>2)</sup>、ブタ<sup>12,16,17)</sup>、ネコ<sup>5,16)</sup>、ヒト<sup>7,8)</sup>などで、持たないのはマウス<sup>19)</sup>、ラット<sup>15-17)</sup>などある。辺縁帯の発達程度は動物により異なるが、全ての動物に存在する。脾索に平滑筋がある動物とない動物がある。脾洞の内皮細胞の形態についても動物によって異なる。即ち、杆状形のもの、星形のものである。また動脈性毛細血管の末端が開放性か閉鎖性か又は両方が見られるかについては未だに未解決のまま残されているが、近年観察方法の開発進歩によって、多くの動物で開放性が報告されているが、一部で閉鎖性も報告されている<sup>11)</sup>。また赤脾髄の細網細胞と脾洞の内皮細胞が組織化学的方法によりその相似性が明らかにされている<sup>19)</sup>。このように動物によって脾臓の形態学的基本構造に違いがあることは明らかであるが、フタコブラクダではどの様になっているのかについての報告はない。

そこで本研究は光学顕微鏡、走査電子顕微鏡および透過電子顕微鏡を用いてフタコブラクダの脾臓の基本微細構造を明らかにするために行った。

#### 材料および方法

材料は中国内蒙古自治区より入手した健康なフタコブラクダ (*Camelus bactrianus*) 3頭 (雄3歳お

よび4歳、雌6歳)を全身麻酔のもとに放血殺し、脾動脈からヘパリン加リンゲル液にて脾臓を十分灌流して血液を追い出した後、直ちに光顕用には10%ホルマリンで固定、常法に従いパラフィン切片を作製、ヘマトキシリン・エオジン染色、ワンギーソン染色、アザン染色および鍍銀染色を施して観察した。透過電子顕微鏡のためには3%のグルタルアルデヒド・リン酸緩衝液 (pH 7.2) にて灌流固定し、常法に従って脱水後、Quetol 812 に包埋、超薄切片を作製し、酢酸ウランとクエン酸鉛の二重染色を施し透過型電子顕微鏡 (JEM-1220) にて加速電圧 80 kV で観察した。また、走査電子顕微鏡のためには、常法に従って脱水後、酢酸イソアミルにて置換し、凍結切断後、臨界点乾燥、白金パラジウムおよびカーボンを蒸着し走査電子顕微鏡 (JSM-6000F) にて加速電圧 5 kV で観察した。

#### 結果および考察

##### 肉眼的所見

脾臓は左側腹部で第一室<sup>14)</sup>の背後面に付着していた。形は三日月状で、前縁は凸状で、ここには浅い細かい切り込みが多数みられた。後縁は凹状であった。脾門は短く狭い背側端の臓側面と馬や豚のような凹縁に沿う浅く長い二部位から成り、脾動脈がここから脾臓内に侵入していた。脾臓は背側端から腹側端まで約 25 cm、最大幅約 15 cm、重量は約 800 g であった (Fig. 1)。

##### 組織学的所見

1) 被膜と脾柱：被膜の表面は漿膜上皮で被わ

<sup>1)</sup> 酪農学園大学獣医学部獣医解剖学教室

Department of Veterinary Anatomy, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

<sup>2)</sup> 内蒙古農業大学獣医学部獣医解剖学教室

Department of Veterinary Anatomy, Inner Mongolia Agriculture University, Hohhot, IM 010018, China

\* 酪農学園大学名誉教授

Emeritus Professor of Rakuno Gakuen University

れ、厚さ約  $395\text{ }\mu\text{m}$  で、ウシよりも厚く、外層は膠原線維と内層の弾性線維を含む平滑筋層からなっていた。被膜には動脈、静脈および神経線維がみられた。被膜の連続が脾柱となり実質内に侵入していた (Fig. 2)。

2) 白脾髄：白脾髄は散在するリンパ小節とリンパ性動脈周囲鞘 (PALS) から成っていた。リンパ小節には胚中心がみられるものもあった (Fig. 3)。

3) 辺縁帯：辺縁帯は灌流固定が不十分な標本では赤血球が残っており白脾髄と赤脾髄の間の領域ではっきり同定できた (Fig. 3)。しかし灌流固定が十分な標本では辺縁帯はその外側に位置する赤脾髄の細網細胞の網工との区別は困難であったが、このような状態のものでも脾索にリンパ球がやや多く残っているので区別することができた。又内側の白脾髄は密なリンパ球の集塊であるので容易に区別できた。フタコブラクダの辺縁帯の幅は約  $30\text{ }\mu\text{m}$  であった。ウシの辺縁帯の幅は約  $100\text{ }\mu\text{m}$  と報告<sup>17)</sup> されているが、それよりかなり狭く、発達が悪かった。辺縁帯にはリンパ球、細網細胞および大食細胞がみられた。しかしラット、ウサギ、モルモットで報告<sup>3)</sup> されている辺縁洞は見られなかった。

4) 赤脾髄：赤脾髄は脾索とその間に散在する脾洞、さや動脈および動脈性毛細血管などで構成されていた。

(1) 脾索：細網組織の立体的な網眼で、その迷路様のすき間である脾索腔は複雑な血液通路になっていた。細網組織の網目には SEM 観察で、多数の血球やリンパ球と接するパチ状突起を有するマクロファージが存在した (Fig. 4)。時には赤血球を貪食しているマクロファージもみられた。このようなマクロファージはすでにヒト<sup>8)</sup> やウサギ<sup>13)</sup> の脾臓でも報告されている。脾索域には処々に筆毛動脈の分枝、さや動脈および動脈性毛細血管とその末端が存在した。脾索にはウシ<sup>1)</sup> よりは多くの平滑筋線維が分布していた。この平滑筋線維は脾索細網細胞によって包まれ、細網細胞の突起によって保持されていた (Fig. 5)。

(2) さや動脈：さや動脈はさや毛細血管を同心円状に取り巻く 3 ないし 4 層の細網細胞がさや毛細血管から連続する基底膜上に載った「毛細血管性基底膜性細網組織」<sup>12)</sup> からなり、この組織の狭い立体的網眼にはさや毛細血管の内皮細胞間の孔を通過した特徴的な紡錐形の赤血球と血小板が分布していた。しかし、その他の血球およびマクロファージはみられなかった (Fig. 6)。Blue and Weiss はネコのさや組織中にはマクロファージが存在し、それを動

脈周囲マクロファージ鞘 (Periarterial macrophage sheaths; PAMS) と報告した<sup>5)</sup>。しかしフタコブラクダではさや組織にマクロファージが存在しないので PAMS は存在しなかった。さや毛細血管の内皮細胞は縦走する杆状形で、横断面では高内皮でその核は不正形、細胞質全体に中間径フィラメントが豊富に存在し、細胞膜直下と隣接細胞接合部にアクチンフィラメントが存在していた。また内皮細胞の外側には不連続な基底膜が存在し、さらに内皮細胞間には孔もみられた (Fig. 7)。さや動脈の直径は約  $37\text{ }\mu\text{m}$  でこれまで報告されているウシ<sup>1,17)</sup> の  $40\text{ }\mu\text{m}$  とほぼ同じで、ブタ<sup>12)</sup> の  $195\text{ }\mu\text{m}$  よりはるかに小さかった。従って、これまで観察されているさや動脈のうちでも発達の悪い動物であると考えられる。

(3) 動脈性毛細血管とその末端：さや毛細血管に続く末梢の毛細血管にはさや毛細血管と同じような直径  $2\text{ }\mu\text{m}$  以下の小孔が散在性に認められた。この小孔はその大きさから、主に脾索腔への血漿の流出を可能にしていると思われる。また内皮細胞の管腔側には微絨毛が密生していた。毛細血管の末端部は、漏斗状になってそのまま脾索に開くものや囊状に丸く膨れこの囊の壁に血球が自由に流出できる孔があるものなどが認められた (Fig. 8)。このような毛細血管の末端の開放像はこれまで報告されているものと同様であった<sup>1,2,6,9,10,17)</sup>。今回の観察では閉鎖像は見られなかった。

(4) 脾洞：脾洞を SEM で観察したところ、星形の内皮細胞から成るものと杆状形の内皮細胞を有するものの 2 種類の脾洞が見られた (Figs. 9, 10)。両者の移行形も見られた。脾洞壁には小孔が見られたが、前者の脾洞の孔は大きさも様々、配列も不規則であったが、後者の脾洞では孔の配列は比較的規則的で、孔の大きさも一定なものが多かった。孔の大きさは径が  $2\sim 6\text{ }\mu\text{m}$  の円形又は楕円形で、この孔を通過中の赤血球が見られた (Fig. 8)。脾臓内の血管の始まりである静脈の吻合により Snook<sup>17)</sup> は脾洞を有するものと (脾洞型)、もたないもの (無脾洞型) に区別した。その後、Seki and Abe<sup>16)</sup> は吻合状態に関係なく電子顕微鏡の観察結果をもとに内皮細胞間に血球が通過出来る孔がある静脈を全て脾洞と報告した。フタコブラクダの脾洞を観察したところ、阿部<sup>1)</sup> がウシで観察していると同様、細い脾洞では星形の、太くなると杆状形の内皮細胞から成る両型の脾洞がみられ、両型間には移行型も認められた。

(5) 脾髄静脈：脾洞が集合した脾髄静脈は紡錐形の内皮細胞から成り、核は内腔に突出していた (Fig. 11)。壁の一部が平滑筋で覆われながら、脾柱

に沿って走行し、やがて被膜下を被膜に沿って走行する太い静脈となって被膜を貫通し、被膜静脈となった。脾柱静脈は殆ど見られなかった。このような脾髄静脈の顕著な発達他動物ではこれまで報告がみられないもので、フタコブラクダの特徴と考えられる。

## 要 約

フタコブラクダの脾臓の基本的微細構造を明らかにするために肉眼的、光学顕微鏡、走査および透過電子顕微鏡を用いて観察した。脾臓は三日月形で脾門は背側端の臓側面に限局した部位と背側端から腹側端にかけて臓側面をながく走る二つの部位から成っていた。被膜は厚く外側の結合組織層と内側の平滑筋と弾性線維層の二層からなり、外層には神経線維や動脈が見られた。赤脾髄と白脾髄との間に発達の悪い辺縁帯があったが、辺縁洞は欠いていた。赤脾髄には細網細胞に保持された多くの平滑筋が見られた。さや動脈は存在し、それに続く動脈性毛細血管の末端は開放性であったので、開放循環であると考えられた。脾索が広いので、狭く吻合の少ない脾洞が見られ、脾洞の内皮細胞の形態は細いものでは星形、太くなるとほぼ紡錘形に近い杆状形で壁には血球が通過出来る小孔があいていた。脾髄静脈はよく発達し脾柱や被膜に沿うように走行していた。脾柱静脈は殆ど見られなかった。

## 文 献

- 1) 阿部光雄, 岸 基史, 竹花一成, 岩佐憲二, 平賀武夫, 1987. ウシ脾臓の走査および透過電子顕微鏡による観察, 酪農学園大学紀要, 12: 245-256.
- 2) Abe, M., Takehana, K., Iwasa, K. and Hiraga, T. 1989. Scanning electron microscopic studies on the red pulp of the mink spleen. *Jpn. J. Vet. Sci.* 51: 775-781.
- 3) Altschul, R. and Hummason, F.A. 1947. Minimal vascular injection of the spleen. *Anat. Rec.* 97: 259-264.
- 4) Blue, J. and Weiss, L. 1981. Electron microscopy of the red pulp of the dog spleen including vascular arrangement, periarterial macrophage sheaths (ellipsoids), and the contractile, innervated, reticular meshwork. *Am. J. Anat.* 161: 189-218.
- 5) Blue, J. and Weiss, L. 1981. Periarterial macrophage sheaths (ellipsoids) in cat spleen — An electron microscope study. *Am. J. Anat.* 161: 115-134.
- 6) Blue, J. and Weiss, L. 1981. Vascular pathways in nonsinusoidal red pulp — An electron microscope study. *Am. J. Anat.* 161: 135-168.
- 7) Fujita, T. 1974. A scanning electron microscope study of the human spleen. *Arch. Histol. Jap.* 37: 187-216.
- 8) Fujita, T. and Kashimura, M. 1983. Scanning electron microscope studies of human spleen. *Surv. Immunol.* 2: 375-384.
- 9) Hataba, Y., Kirino and Suzuki, T. 1981. Scanning electron microscopic study of the red pulp of mouse spleen. *J. Electron Microsc.* 30: 46-56.
- 10) 菊池成幸, 坂本光弘, 三国紀朗, 1984. イヌの赤脾髄の形態学的観察, 酪農学園大学修士論文, 1-56.
- 11) Miyamoto, H., Seguchi, H. and Ogawa, K. 1980. Electron microscopic studies of the Schweigger-seidel sheath in hen spleen with special reference to the existenc of “closed” microcirculation. *J. Electron Microsc.* 29: 158-172.
- 12) Miyata, H., Abe, M., Takehana, K., Iwasa, K. and Hiraga, T. 1993. Electron microscopic studies on reticular fibers in the pig sheathed artery and splenic cords. *J. Vet. Med. Sci.* 55: 821-827.
- 13) Miyoshi, M., Fujita, T. and Tokunaga, J. 1970. The red pulp of the rabbit spleen studied under the scanning electron microscope. *Arch. Histol. Jpn.* 32: 289-306.
- 14) Eerdunchaolu, Takehana, K., Kobayashi, A., Baiuin, Cao GF., Iwasa, K. and Abe, M. 1999. Morphological characterization of gland cells of the glandular sac area in the complex stomach of the bactrian camel (*Camelus Bactrianus*). *Anat. Histol. Embryol.* 28: 183-191.
- 15) Satou, S., Satodate, R. and Suzuki, A. 1980. A scanning electron microscopic study of the perifollicular region of the rat spleen. *J. Reticuloendothel. Soc.* 27: 461-469.
- 16) Seki, A. and Abe, M. 1985. Scanning electron microscopic studies on the microvas-

- cular system of the spleen in the rat, cat, dog, pig, horse and cow. *Jpn. J. Vet. Sci.* 47: 237-249.
- 17) Snook, T. 1950. A comparative study of the vascular arrangements in mammalian spleens. *Am. J. Anat.* 87: 31-78.
- 18) Tablin, F. and Weiss, L. 1983. The equine spleen: an electron microscopic analysis. *Am. J. Anat.* 166: 393-416.
- 19) Ueda, H. and Fujimori, O. 1998. Cytochemical studies on carbohydrates in the reticular of the rat splenic cord. *Acta Histochem. Cytochem.* 31: 77-79.
- 18) Tablin, F. and Weiss, L. 1983. The equine

### Summary

To document the fine basic structure of spleen in the adult bactrian camel, this study was made by light, transmission and scanning electron microscopy. Examination by gross anatomy showed the spleen to be crescent-shaped. The hilus was found on two parts of the visceral aspect of the dorsal extremity and running from the dorsal extremity to the ventral extremity. The capsule was thick, consisting of two layers, one of outer collagen fiber and the other of inner elastic fiber and smooth muscles. The capsule contained the large arteries, veins and nerves. A less developed marginal zone was observed between the white pulp and red pulp, but no marginal sinuses were apparent. The red pulp displayed an abundance of smooth muscles supported by the reticular cell processes. Terminal portions of the arterial capillaries opening into the reticular meshwork were sac-like and funnel-shaped. As the splenic cord extended, the region of splenic sinuses was narrowed. Endothelial cells in the thin splenic sinuses were stellate-shaped, but those of the thick splenic sinuses were rod-shaped. The sinus wall had many slits through which the blood cell could pass. The pulp veins were well developed and running along the trabecula and capsule. The spleen was not endowed with trabecular veins.

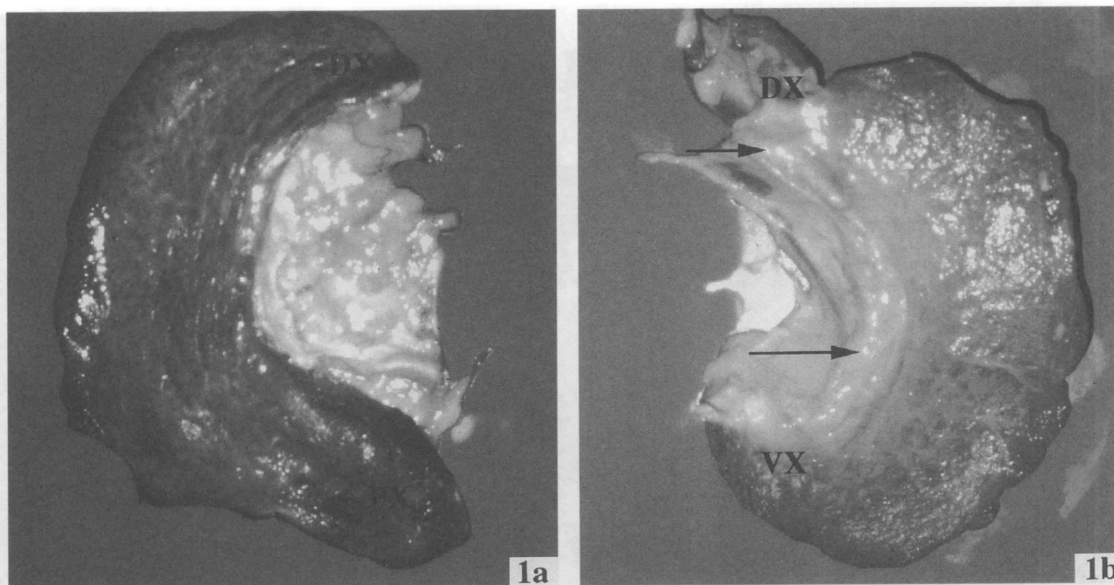


Fig. 1 A gross anatomy view of the bactrian camel spleen. The spleen (1a, visceral surface and 1b, parietal surface) is approximately crescent-shaped. The dorsal extremity is more rounded than the ventral one. DX: dorsal extremity. VX: ventral extremity. Arrows (↑) indicate hills.

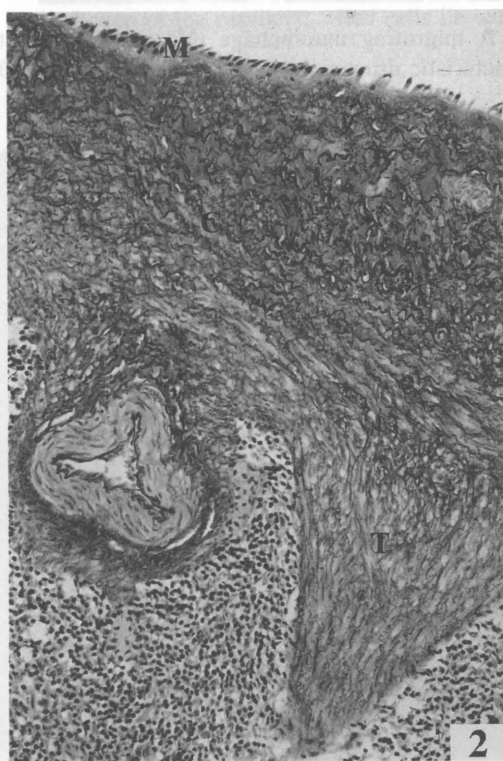


Fig. 2 Light micrograph of the capsule and trabecula. Mesothelium (M) covers capsule of connective tissue (C) which extends into the trabecula (T). The capsule has two layers of connective tissue and smooth muscle, and contains nerves. Van Gieson  $\times 80$ .

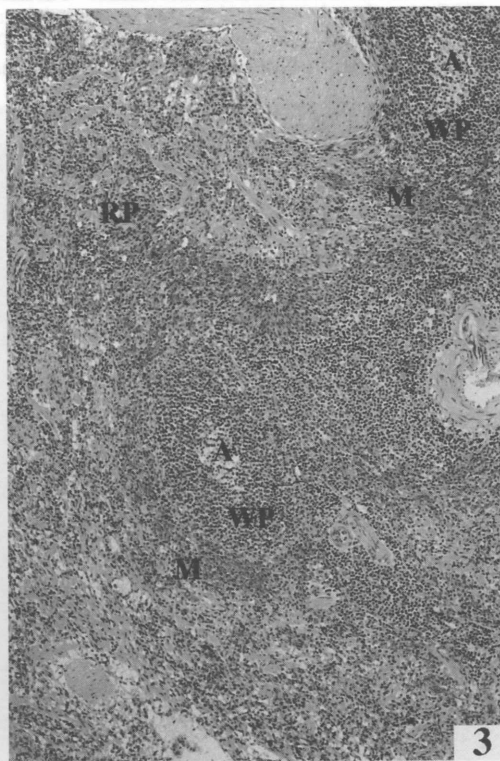


Fig. 3 Light micrograph of white pulp (WP) with germinal center (A) surrounded by marginal zone (M) and red pulp (RP). The marginal zone contains many red cells. H-E  $\times 40$ .

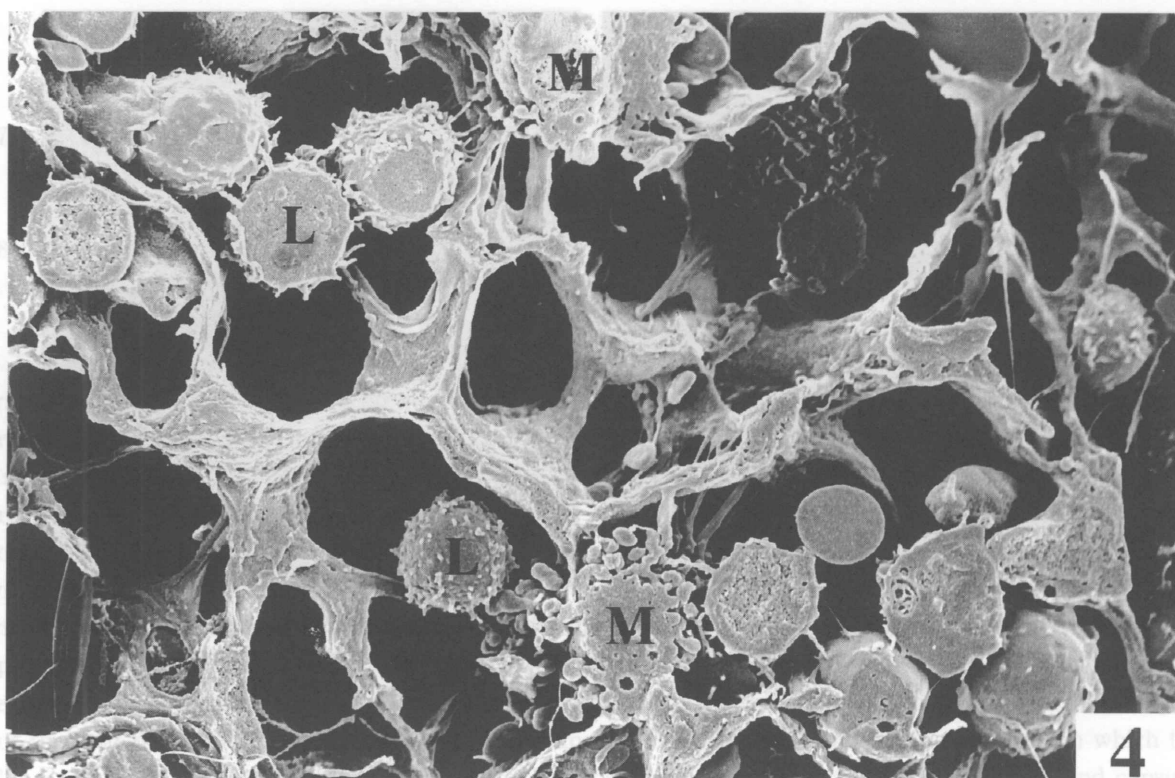


Fig. 4 A scanning electron micrograph of red pulp. A migrating macrophage (M) conjugates with two lymphocytes (L). Note a macrophage with characteristic drumstick-shaped projections.  $\times 8,000$ .

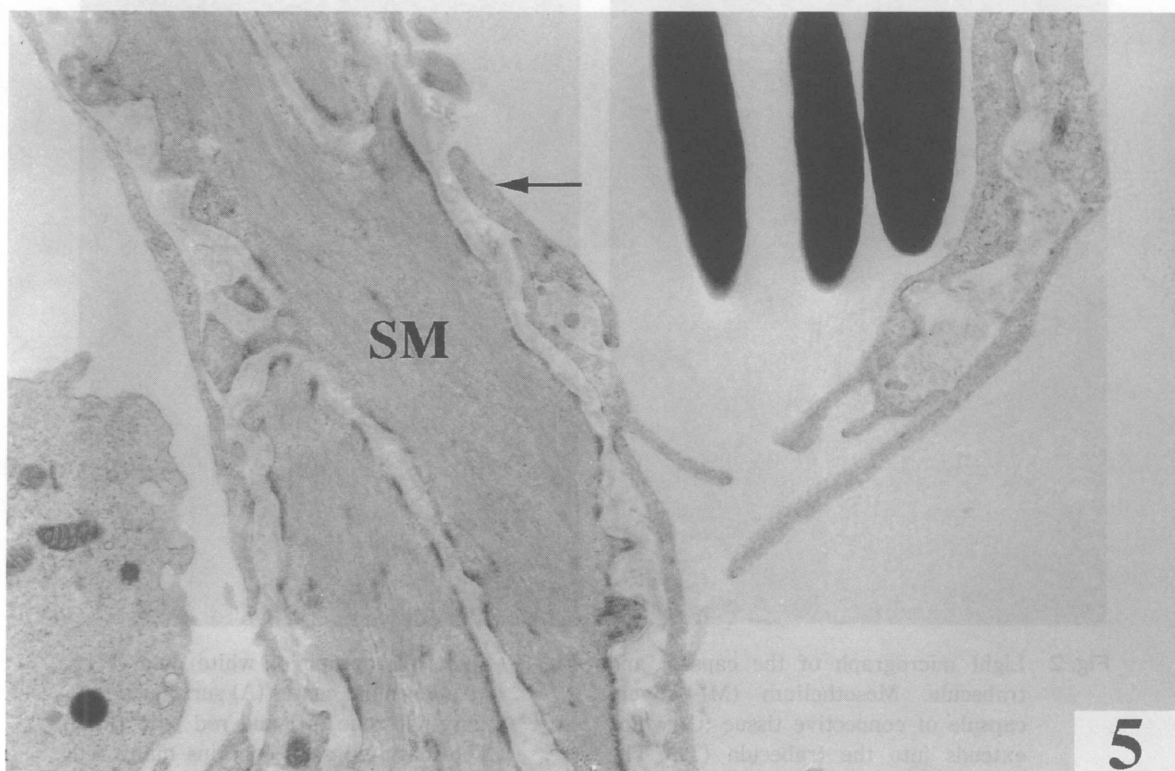


Fig. 5 A transmission electron micrograph showing the smooth muscle cell (SM) supported by the processes of reticular cells ( $\uparrow$ ).  $\times 14,000$ .



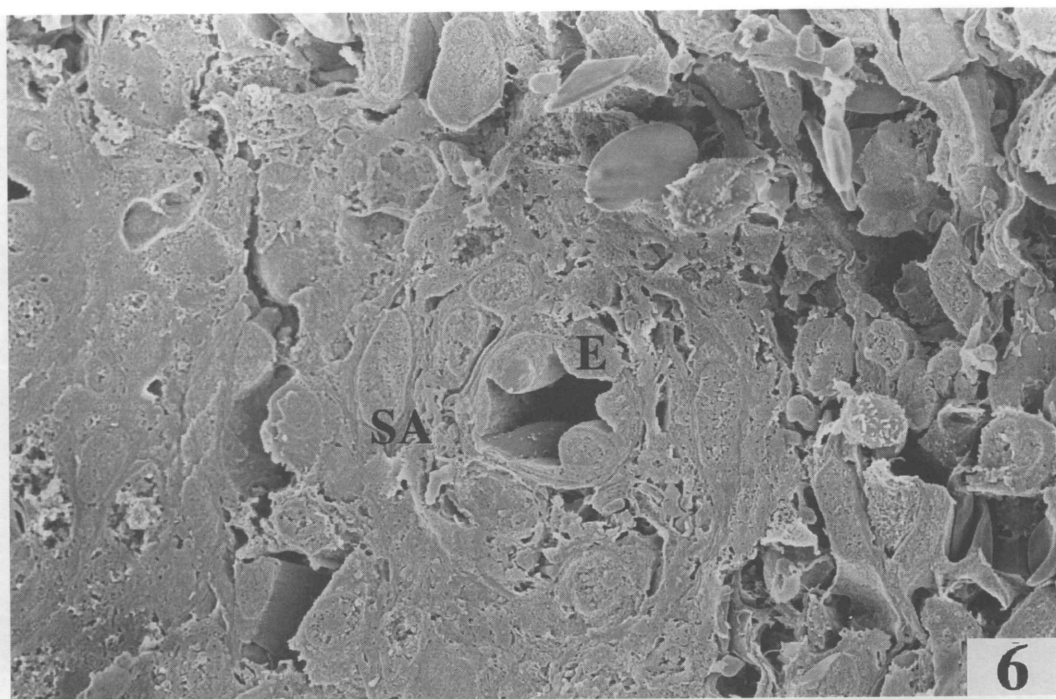


Fig. 6 A scanning electron micrograph showing the transverse section of Endothelial cells (E) of the sheathed artery (SA). Endothelial cells are rod-shaped and tall, and always project into the lumen of the capillary. Red cells lie within the narrow network of the sheath.  $\times 5,000$ .

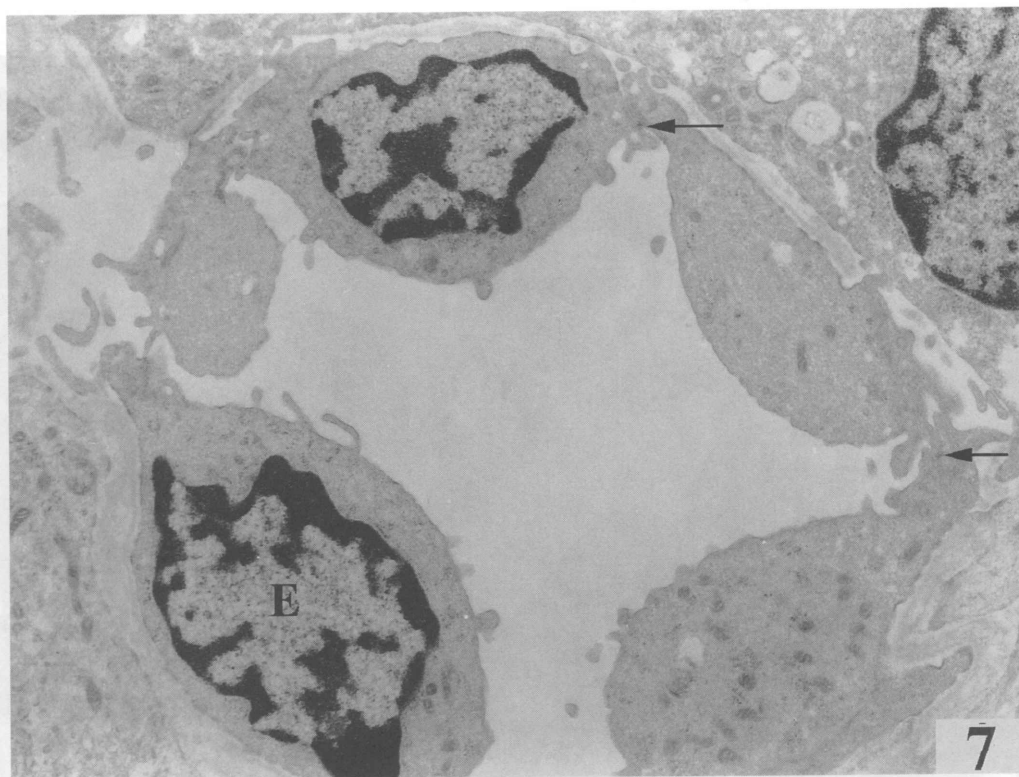


Fig. 7 A transmission electron micrograph of the sheathed artery. The endothelial cell count is high and packed with intermediate filaments. In endothelial cells, microfilaments are concentrated near the intercellular junction and at the subplasmalemma ( $\uparrow$ ).  $\times 15,000$ .

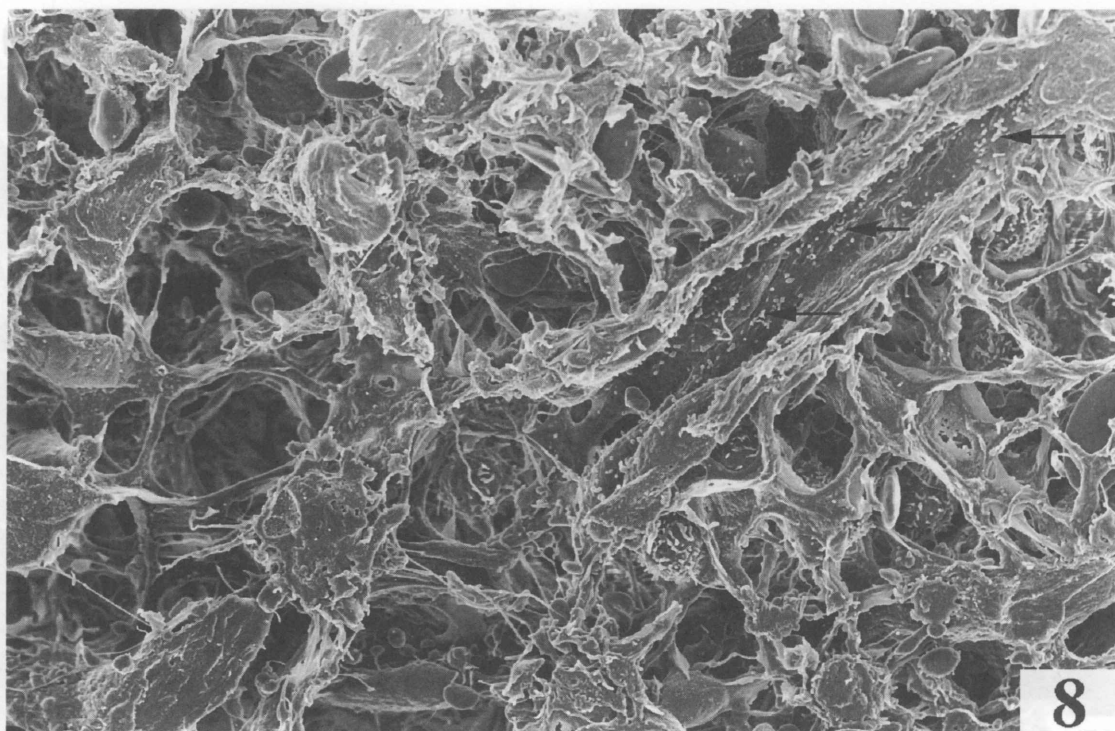


Fig. 8 A scanning electron micrograph of the ampulla-shaped open terminal of a cordal capillary. Note that the wall of the capillary continues to the meshwork of the cordal reticular tissue. Arrows (↑) show microvilli of endothelial cell. A fenestration through which the capillary lumen communicates with the cordal space.  $\times 5,000$ .

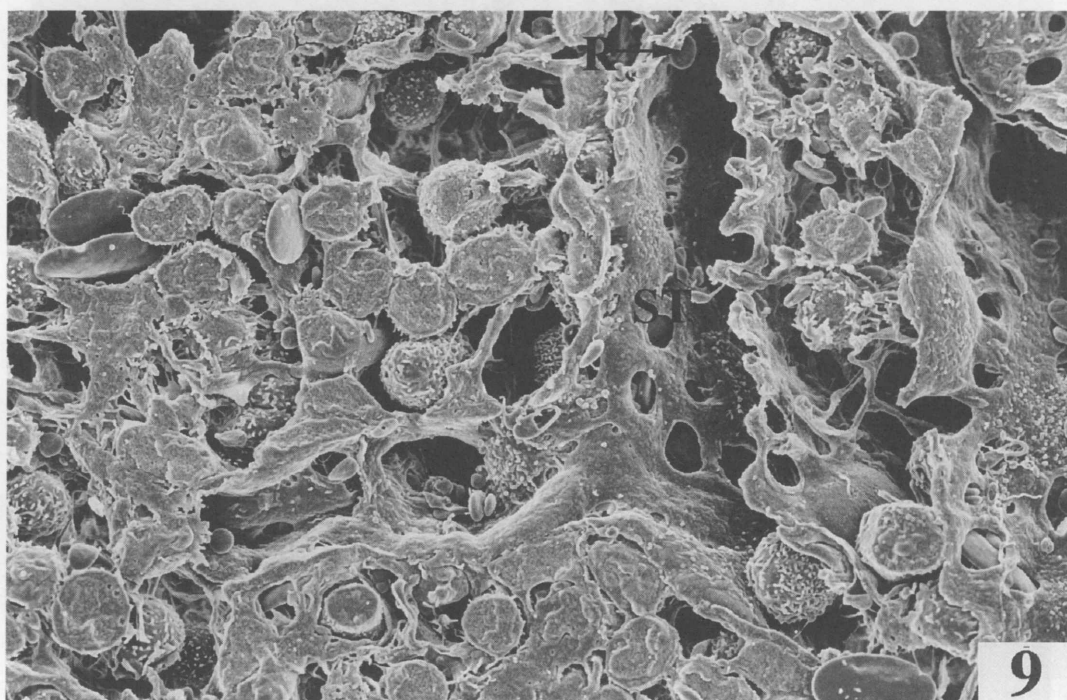


Fig. 9 A scanning electron micrograph of a sinus. Inner and outer aspect of a sinus with stellate-shaped endothelial cells. Note that distribution of the stroma (ST) is also irregular. A red blood cell (R) is passing through a stomata of the sinus wall.  $\times 6,000$ .



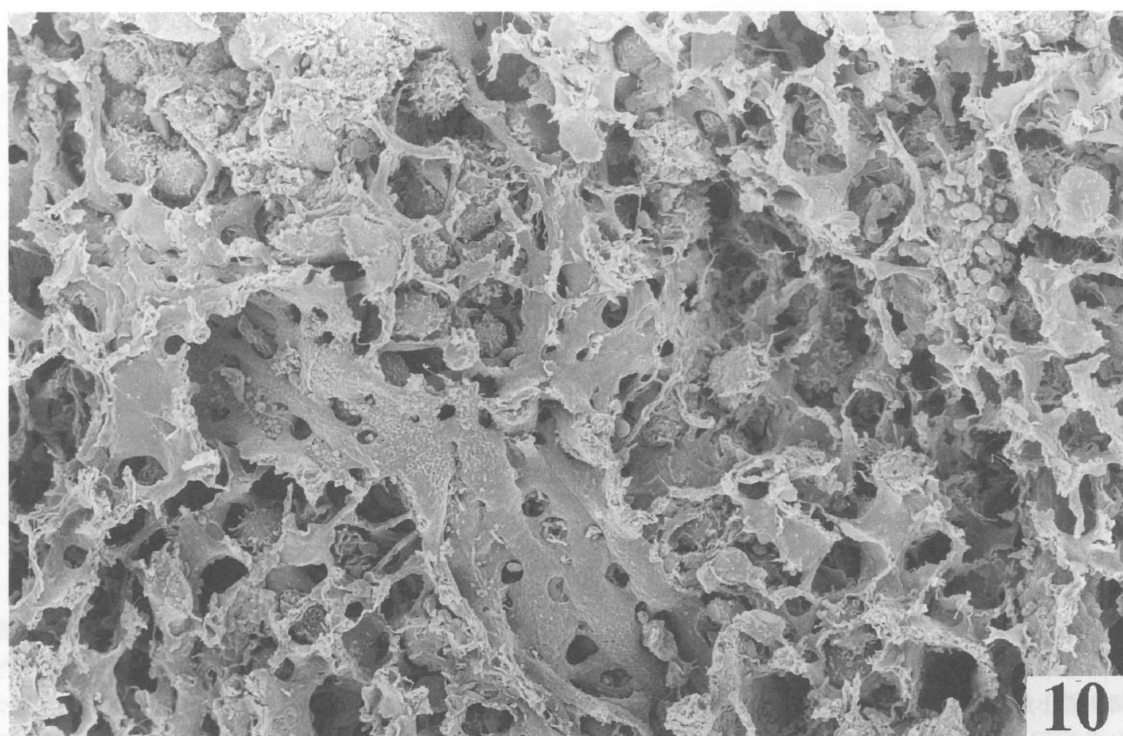


Fig. 10 A scanning electron micrograph showing inner view of the large sinus with rod-shaped endothelial cells. M: macrophage. L: lymphocyte. N: nuclear protuberances of lining cells.  $\times 2,500$ .

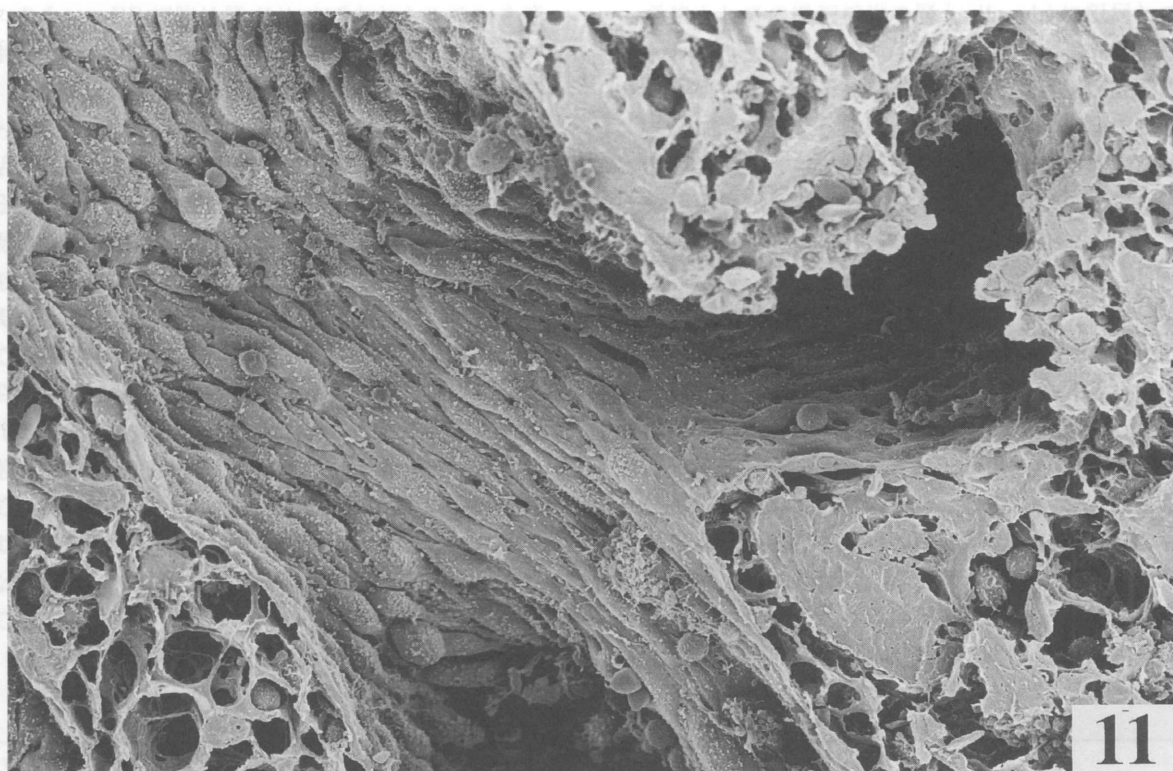


Fig. 11 A scanning electron micrograph showing the inner aspect of a pulp vein with spindle-shaped endothelial cells. Slits through which red cells can pass are not seen.  $\times 2,000$ .