

## 硬膜下腔とクモ膜下腔およびクモ膜の形態学的研究

山嶋 哲盛・Reinhard L Friede\*

### *Light and Electron Microscopic Studies on the Subdural Space, the Subarachnoid Space and the Arachnoid Membrane*

Tetsumori YAMASHIMA and Reinhard L FRIEDE\*

*Department of Neurosurgery, University of Kanazawa, Kanazawa; \*Department of Neuropathology, University of Göttingen, Göttingen, FRG*

#### Abstract

Cranial meninges of humans were studied by electron microscopy after fixation *in situ* and histochemical demonstration of nicotinamide-adenine dinucleotide diaphorase within mitochondria.

There was an intimate fusion between the innermost portion of the dura mater (dural border cells) and the outermost portion of the arachnoid (arachnoid barrier layer). Cranial meninges did not contain a true subdural space, when specimens were well prepared with spatial relationships preserved. If cleavage had occurred during preparation, the subdural space was artificially formed by the separation of dural border cells, because the latter showed a paucity of intercellular contacts and weak collagenous reinforcements.

The arachnoid barrier layer was a squamous layer of elongated cells with numerous tonofilaments, desmosomes and tight junctions. There was a lining of junctional devices between the innermost two cell layers. There was a number of extracellular lacunae, being separated by interdigitations and containing collagen fibrils, elastins, granular material and matrix vesicles with or without psammoma bodies. The mitochondrial enzymes of this layer showed negative activity in intact specimens, but a positive one in cleaved dural border cells and arachnoid trabecular cells. An incomplete basement membrane covered the innermost aspect of this layer.

The arachnoid trabecular cells generally had electron-lucent cytoplasm with a few tonofilaments. The cells beneath the arachnoid barrier layer had oval nuclei and wide cytoplasm containing numerous mitochondria. This layer was anchored by flattened or button-shaped pedicles, otherwise these cells formed an epithelial cluster. The cells lying within the subarachnoid space had elongated nuclei and cytoplasmic projections. The arachnoid trabeculae consisted of both a network of arachnoid trabecular cells and interwoven collagen fibrils. Alternating with these cells were numerous resting macrophages.

**Key words:** dural border cells, subdural space, arachnoid barrier layer, subarachnoid space, arachnoid trabecular cells

#### I はじめに

*In situ* の固定法により採取された髄膜を電顕で観察する

と、硬膜とクモ膜とは密着しており硬膜下腔に相当するスペースは存在しないという報告<sup>5,8,10,13,14)</sup>がある。開頭手術に際し硬膜下腔を直視下に確認し、硬膜下血(水)腫の症例

金沢大学脳神経外科 \*ゲッティンゲン大学神経病理

Address reprint requests to: T. Yamashima, M.D., Department of Neurosurgery, University of Kanazawa, 13-1 Takara-machi, Kanazawa 920.

受稿 1983年12月15日 受理 1984年7月3日

を頻繁に経験する我々脳外科医にはまったく意外である。しかし、手術は人為的な、血(水)腫は病的な状態であることを考慮すると、生体内ではいったい硬膜下腔はどうなっているのかという疑問が残る。一方、クモ膜下腔は脳脊髄液を貯え、クモ膜下出血や髄膜炎、腫瘍の播種などが生じる真のスペースであることには異論がない。

硬膜下腔とクモ膜下腔は脳外科領域ではきわめて重要なスペースである。しかし、ヒトを対象として両者の関係や介在するクモ膜の役割について調べた研究はきわめて少ない<sup>3,10,13)</sup>。我々は、本論文において Schachenmayr ら<sup>13)</sup>の *in situ* の固定法により採取したヒト剖検例の髄膜を用いて、硬膜下腔とクモ膜下腔、および両者を隔てるクモ膜などについて形態学的な検索を行ったので報告する。

## II 対象および方法

西独ゲッチンゲン大学神経病理学教室において、死後5時間以内に解剖がなされた頭蓋内疾患のない成人例を対象とした。内訳は、53才男性(肝疾患)、54才男性(直腸癌)、77才男性(心不全)、77才女性(老衰)、および85才女性(腹部腫瘍)の5症例である。

経鼻的に lamina cribrosa を貫通して前頭葉内側面のクモ膜下腔を穿刺した。脳脊髄液の存在を確認した上で用手的に3.5%のグルタルアルデヒドを約20 ml 注入した。30分間待機したのち、上矢状静脈洞をはさんで左右6 cm 前後8 cm の大きさに頭蓋骨と髄膜および脳に同時に割を入れた。この部分を軽く圧排しつつ残りの頭蓋冠を輪切りにして翻転したのち、硬膜とクモ膜が剝離しないよう慎重に標本塊を大脳より切り離した。標本塊は2.5%グルタルアルデヒド中に入れ、ピンセットにてクモ膜と脳の間を丁寧に剝離しつつ脳を取り外した。硬膜とクモ膜のみを頭蓋骨の内側に残した状態の標本の一部を組織化学的検索に供した。次に、残りの標本をグルタルアルデヒドでさらに1時間固定し、電顕的検索に供した。

**組織化学的検索：**Nachlas ら<sup>6)</sup>の方法を改変し、mitochondria 内に含まれる nicotinamide-adenine dinucleotide (NAD) diaphorase を組織化学的に同定した。浸漬液は、nitro-blue-tetrazolium (Nitro-BT) 30 mg と還元型 NAD (NADH) 12 mg を Gomori トリス・塩酸緩衝液(pH 7.4) 30 ml 中に溶解し作製した。上述の髄膜標本をこの浸漬液中で37°C、2時間 incubate した。終了後、蒸留水で洗滌し30-60-90-60-30%のアセトン系列で固定した。一部には、counter stain として Elastica-van Gieson 染色を施した。Incubation 後に薄切を行うことにより、浸漬液が浸透しえた細胞内の mitochondria のみが diformazan の青色色素として同定された。

**電顕的検索：**上述の髄膜標本より大きさが1~2 mm の細切標本を切り出し、1%オスミウムで1時間後固定をした。型通り脱水した上でアラールダイトに包埋し LKB ウルトラマイクロトームで薄切後、酢酸ウラニルと鉛の2重染色を行った。電子顕微鏡は Zeiss 9S-2 型を使用した。

髄膜系の細胞に対する用語は幾種類もみられるが、本論文では Nabeshima ら<sup>5)</sup>の用語に統一した。引用文献中の用語については、混乱を避けるため同義語に置換して用いた。

## III 結 果

### 1. 硬膜下腔

**電顕的検索：**硬膜は多数の collagen fibril と少数の elastin から成り、その間隙には多数の fibrocyte が交錯していた。硬膜の底面では fibrocyte に似た細胞(以下 dural border cell と称す)が硬膜の長軸方向に2~数層配列し、dural border layer を形成していた。dural border cell はきわめて細長い細胞で、紡錘形の核を中心に流線状の細胞突起が伸びていた。胞体には長軸方向に走る tonofilament と直線状の rough ER がみられ、mitochondria が散在していた。dural border cell は少数の desmosome で相互に接合しており、比較的広い細胞間隙には無定形物質と少数の collagen fibril がみられた。

標本の固定と細切が的確になされ硬膜とクモ膜との解剖学的関係を保持しえた場合(Fig. 1)、両者は密に接しており、いわゆる硬膜下腔に相当するスペースはみられなかった。しかし、標本の細切操作により硬膜とクモ膜とが人為的に剝離した場合(Fig. 2)には、硬膜下腔は容易に同定された。すなわち、硬膜とクモ膜との間には、電顕的にまったく無構造で時に骨細片を混ざる人為的なスペースが形成されていた。この場合、硬膜とクモ膜との剝離は両者の厳密な境界面ではなく dural border layer 内で生じることが多かった(Fig. 2)。dural border cell は人為的に断裂しており、その一部は arachnoid barrier layer の表層に付着し軽く彎曲していた。また、硬膜とクモ膜とが密着している場合でも、basement membrane などの特別な構造はないが、両者を識別することは比較的容易であった(Fig. 1)。すなわち、dural border layer と比べるとクモ膜の上皮(以下 arachnoid barrier layer と称す)には desmosome などの細胞間接合が多く、細胞間隙には多数の lacuna がみられた。dural border cell と arachnoid barrier layer との間にはまれに desmosome がみられたが、一般に細胞間接合は非常に少なく少数の collagen fibril を含む無定形物質があった。

### 2. Arachnoid barrier layer

**組織化学的検索：**硬膜とクモ膜との人為的な剝離が起き

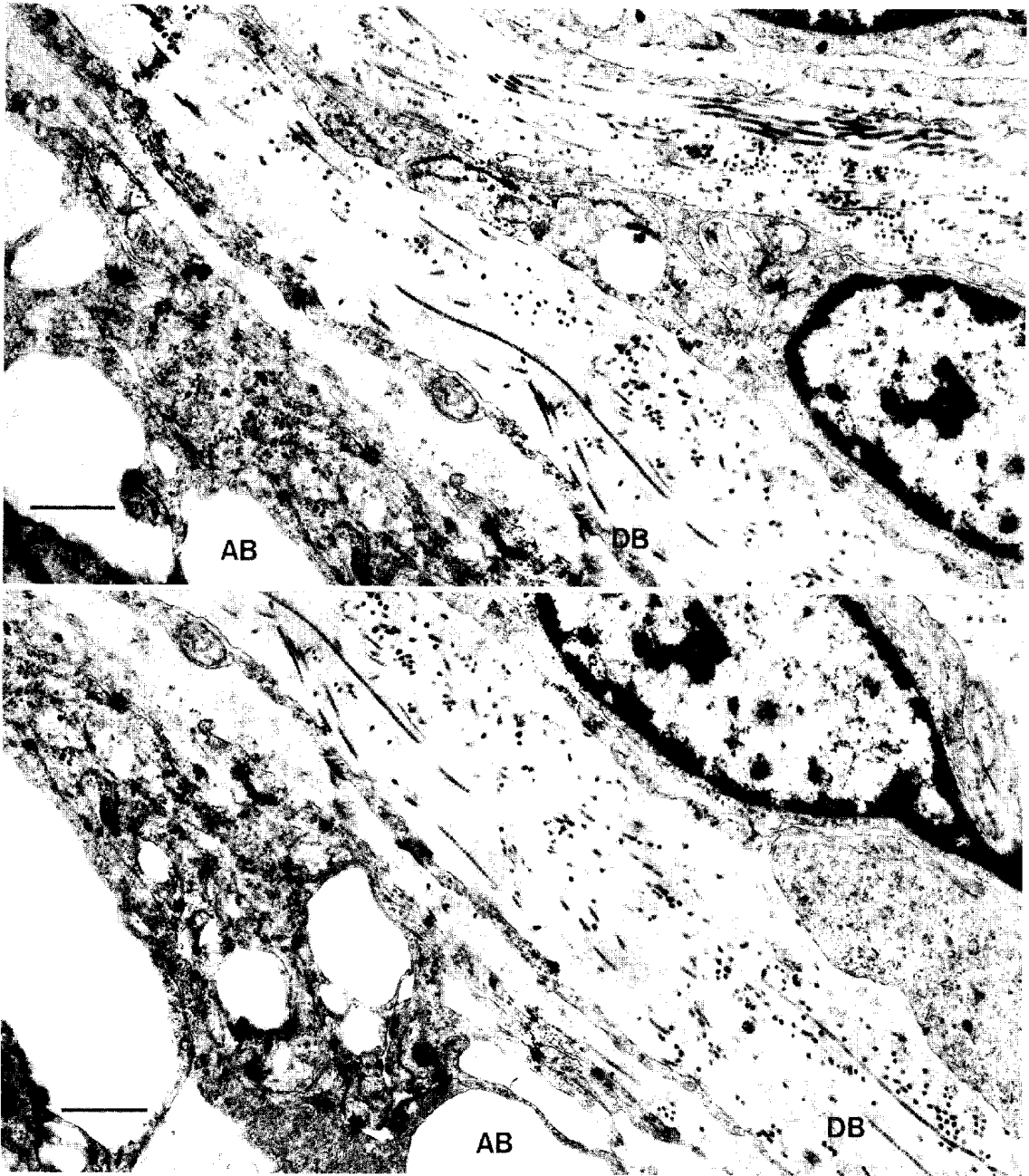


Fig. 1 Typical organization of the dura-arachnoid interface. *upper*: There is an intimate fusion between the innermost portion of the dura mater (dural border cells: DB) and the outermost portion of the arachnoid (arachnoid barrier layer: AB).  $\times 12,250$ , Bar=1  $\mu\text{m}$ . *lower*: No subdural space exists anywhere between the dura and arachnoid. Instead, there are two tightly apposed cell layers; DB and AB.  $\times 12,250$ , Bar=1  $\mu\text{m}$ .

ず両者が密着している部位では、浸漬液が浸透しえないために dural border cell の mitochondrial assay は陰性であった。しかし、硬膜とクモ膜とが剝離した部分では浸漬液が硬膜下腔へ入り込むために、dural border cell は硬膜底層と arachnoid barrier layer 表層のものが両者とも陽性を示

した(Fig. 8A)。一方、クモ膜下腔内では浸漬液は完全に浸透するため、クモ膜細胞(以下 arachnoid trabecular cell と称す)は arachnoid barrier layer の底面に付着するものをも含めて mitochondrial assay が陽性であった。注目すべきは、arachnoid barrier cell の mitochondria には青色色素

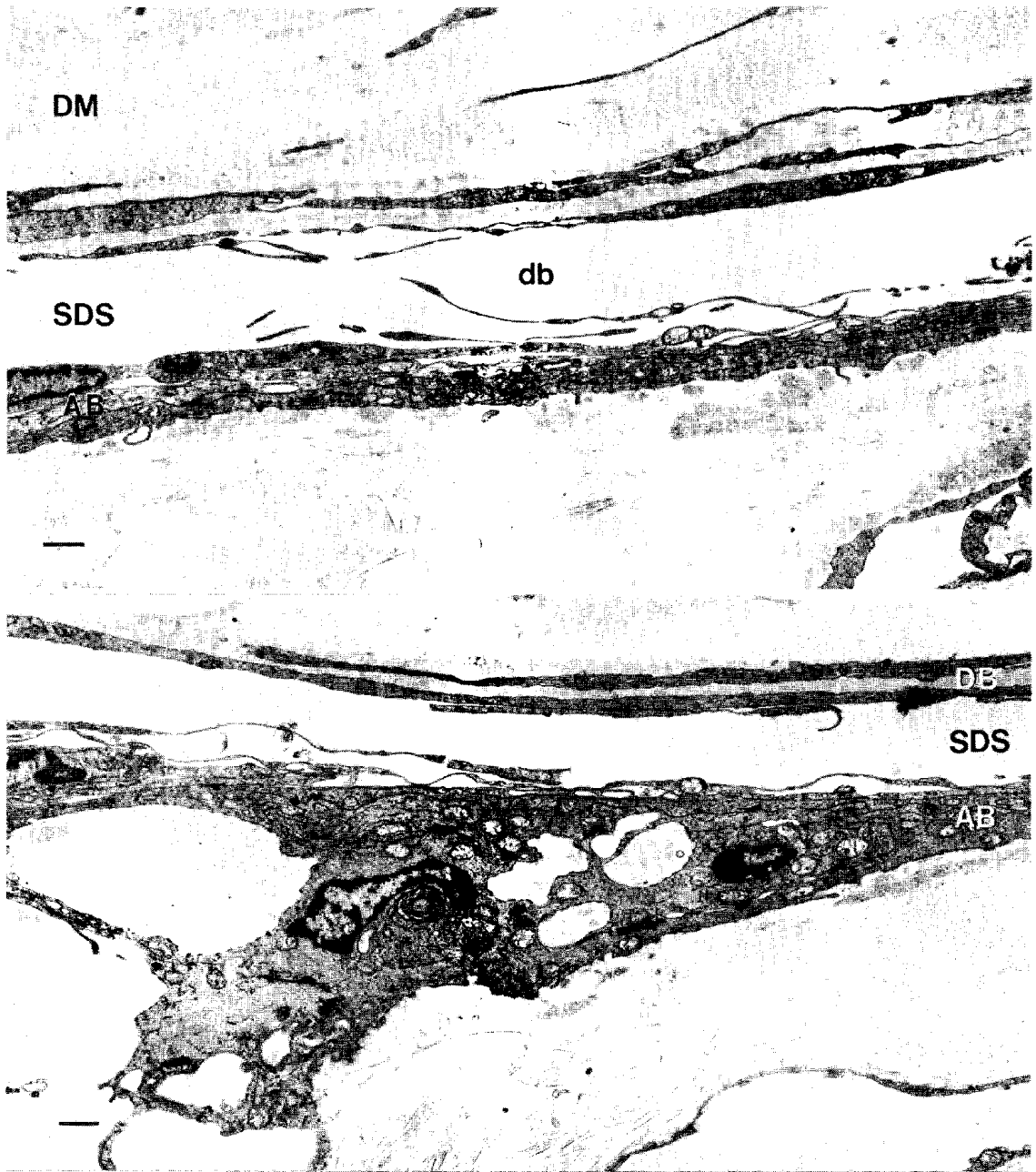


Fig. 2 Formation of the subdural space (SDS), early stage. *upper*: Splitting occurred during preparation of the tissue, creating the subdural space. There are cleaved dural border cells (db) at the surface of the arachnoid barrier layer (AB). DM indicates dura mater.  $\times 5,700$ , Bar=1  $\mu\text{m}$ . *lower*: SDS formed by splitting within dural border cells (DB), rather than between the latter and AB.  $\times 5,700$ , Bar=1  $\mu\text{m}$ .

の沈着が皆無であったことで、この事実は硬膜下腔あるいはクモ膜下腔のいずれからも浸漬液が arachnoid barrier layer 内へ浸透しえないことを示した。

**電顕的検索**：arachnoid barrier layer は 2～10 層の扁平上皮で、厚さは 1  $\mu\text{m}$  より 50  $\mu\text{m}$  近くまでと多岐にわたっ

た。arachnoid barrier cell の核は不整な楕円形または紡錘形で切れ込みが多く、クロマチンは辺縁部においてことに濃厚であった。胞体は tonofilament の集束から成り、中等数の mitochondria を持っていた。また、polysome や rough ER, Golgi 装置なども目立った。細胞間接合は

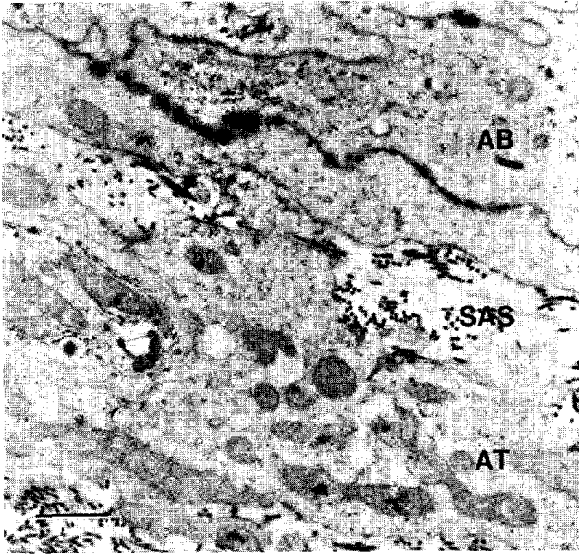


Fig. 3 Border between the innermost portion of the arachnoid barrier layer (AB) and the subarachnoid space (SAS). An arachnoid trabecular cell (AT) with a number of mitochondria is buttoned to an innermost cell of the arachnoid barrier layer. There are numerous junctional devices consisting of desmosomes and intermediate junctions between the innermost two cell layers.  $\times 9,600$ , Bar=1  $\mu\text{m}$ .

desmosome が圧倒的に多いが、tight junction も多数みられた。底層の2つの arachnoid barrier cellの間では、ことに desmosome や intermediate junction が発達しており、細胞膜の肥厚が1列に連なる像がしばしば観察された (Fig. 3)。一方、interdigitation は発達しているが細胞間接合はむしろ少ない部分もみられた (Fig. 4)。細胞間には多数の lacuna が形成されており、これらは空虚であるか (Fig. 1)、または collagen fibril を初め elastin, granular material, および matrix vesicle などを含んでいた (Fig. 4, 5)。Lacuna の大きなものの中には psammoma body の形成をみた (Fig. 6)。もっとも底層の arachnoid barrier cell のクモ膜下腔に面する部分には pinocytotic vesicle が多く、arachnoid trabecular cell が少数の desmosome で接着していた (Fig. 3)。一方、arachnoid trabecular cell が接着しない部分では、arachnoid barrier layer の底面は basement membrane で被われ、その下には少数の elastin と多数の collagen fibril が密に分布していた (Fig. 3, 5)。

### 3. Arachnoid trabecular cell

**組織化学的検索：**arachnoid trabecular cell の mitochondrial assay は常に陽性であった。なかでも、arachnoid barrier layer の直下にある細胞群は強い染色性を示した (Fig. 7)。

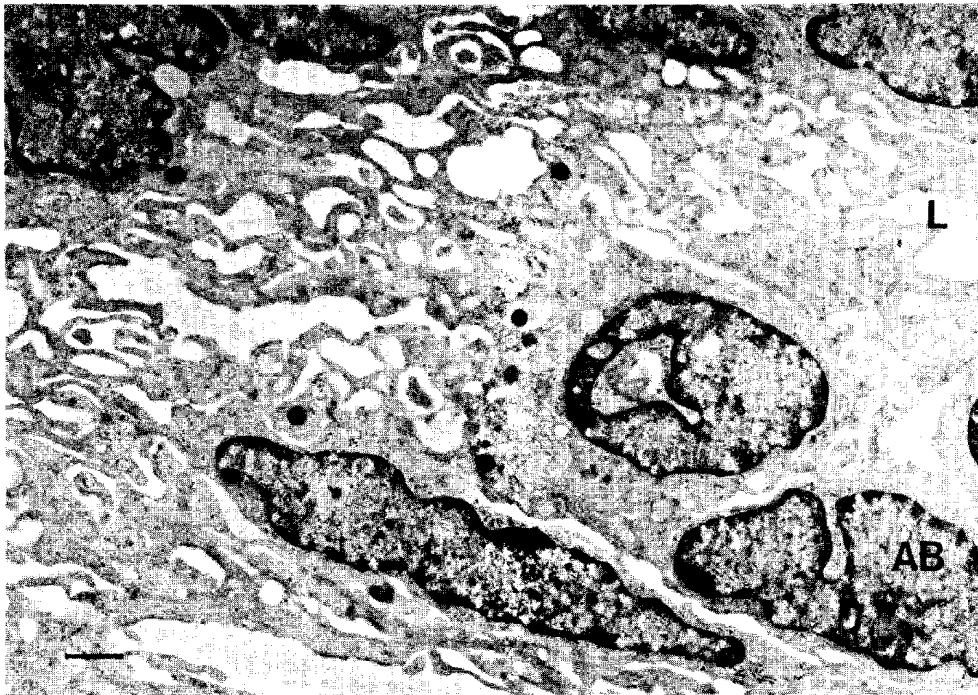


Fig. 4 Intermediate zone of the arachnoid barrier layer. There are numerous extracellular lacunae (L) of irregular size, which contain a small number of collagen fibrils. The interdigitating processes of the arachnoid barrier cells (AB) are connected to each other by a few junctions in this portion.  $\times 7,600$ , Bar=1  $\mu\text{m}$ .

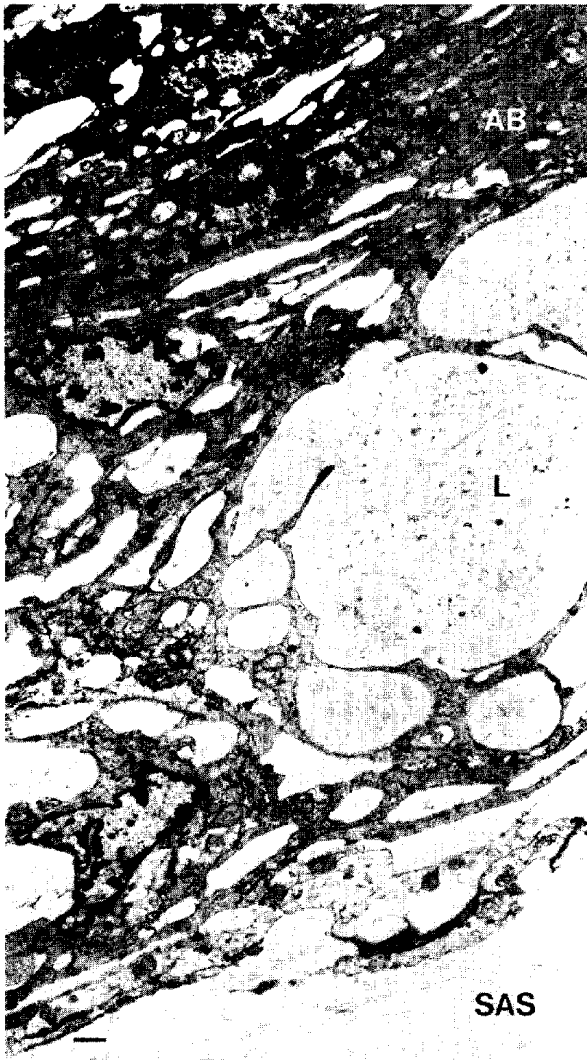


Fig. 5 Arachnoid barrier layer (AB) and the underlying subarachnoid space (SAS). The electron-dense cytoplasm of the arachnoid barrier cells contains numerous tonofilaments. There are many irregularly enlarged extracellular lacunae (L), which contain collagen fibrils, elastin, granular material and matrix vesicles. The latter represent centers of calcification in the early psammoma body formation.  $\times 4,320$ , Bar=1  $\mu\text{m}$ .

**電顕的検索：**arachnoid trabecular cell は胞体の tonofilament が少ないために、arachnoid barrier cell よりも明色調を呈し容易に識別しえた。また、核は切れ込みが少なく、核の辺縁のみならず中央にもクロマチンの小凝集が数個みられるのが特徴的であった。arachnoid trabecular cell は、arachnoid barrier layer 直下のものとクモ膜下腔の深層にあるものとは対照的な性状を示した。すなわち、



Fig. 6 Arachnoid barrier layer (AB) including a mature psammoma body (P). The largest lacuna contains a psammoma body of extremely electron-dense material measuring 13  $\mu\text{m}$  in diameter, which is surrounded by dense masses of collagen fibrils, elastins and matrix vesicles.  $\times 4,275$ , Bar=1  $\mu\text{m}$ .

arachnoid barrier layer の直下にある arachnoid trabecular cell は卵円形の核を持ち、胞体は広くきわめて多数の mitochondria がみられた。これらの細胞は、単独で arachnoid barrier layer に接着している場合と、多数の細胞が上皮性に配列し arachnoid barrier layer と同様に厚い層を成している場合とがあった。細胞の間隙あるいは周囲には多数の collagen fibril が集積し、部分的に arachnoid barrier layer よりも厚い層を成していた (Fig. 8B)。一方、クモ膜下腔の深層にある arachnoid trabecular cell は、核が錐体形もしくは紡錘形のものも多く、胞体には少数の mitochondria がみられた。arachnoid trabecular cell 相互の細胞間結合は、主に desmosome であった (Fig. 9)。索状を成す2つの細胞突起にはさまれて、多数の collagen fibril と少数の elastin が存在し arachnoid trabecula を形成していた。arachnoid trabecular cell の間隙のクモ膜下腔には lysosome と vacuole に富む macrophage が多数みられたが、これらは一般に pseudopod が少なく丸い形を呈していた (Fig. 10)。





Fig. 7 Histochemical demonstration of nicotinamide-adenine dinucleotide (NAD) diaphorase within mitochondria. All of the arachnoid trabecular cells showed a positive enzymal reaction (blue), especially in the perinuclear cytoplasm. The cells beneath the arachnoid barrier layer stain darker.  $\times 210$ .



Fig. 9 Arachnoid trabecular cells (AT) underlying the arachnoid barrier layer. The cells just beneath the arachnoid barrier layer have oval, vesicular nuclei and wide cytoplasm containing numerous mitochondria. They are surrounded by numerous collagen fibrils in the subarachnoid space (SAS).  $\times 4,800$ , Bar=1  $\mu\text{m}$ .

#### IV 考 察

##### 1. 硬膜下腔の形成機序

1924年, Penfield<sup>9)</sup> はイヌの頭部凍結切斷標本を觀察し, 硬膜とクモ膜との間には黄色透明液を含む厚さが0.5~1 mmの硬膜下腔があると報告した. それ以来, 生体内においては硬膜とクモ膜との間に少量の液成分を含む真のスペースがあるという考え方が定着している. しかし, 実験動物の髄膜を電顕で検索した研究者の多くは, 生体内における硬膜下腔の存在に疑問を投げかけた<sup>5,8,10,13,14)</sup>. すなわち, Peaseら<sup>8)</sup>およびWaggengerら<sup>14)</sup>は, 硬膜とクモ膜との間には高電子密度の顆粒状物質を含む厚さわずか200Å程度の細胞間隙があるにすぎないとした. また, Nabeshimaら<sup>5)</sup>およびRascolら<sup>10)</sup>は, 硬膜とクモ膜とは連続した超微構造を示し, 両者の間にはスペースはまったくみられないとした. 近年, Schachenmayrら<sup>13)</sup>は, ヒト剖検例において *in situ* の固定法により硬膜とクモ膜とを一体にしたまま電顕で觀察した. 彼らによれば, dural border layer と arachnoid barrier layer とは密着しており, 両者の間にはスペースは存在せず, 間質の collagen fibril や細胞間接合が少ない dural border layer が人工的もしくは病的に剥れて形成されたスペースがいわゆる硬膜下腔である.

今回の検索からも生体内においては硬膜下腔は存在しな



Fig. 8 Histochemical demonstration of NAD diaphorase within mitochondria and counter Elastica-van Gieson stain. A: Cleaved dural border cells showed a positive enzymal reaction (blue), whereas none of the arachnoid barrier cells did.  $\times 210$ . B: All of the arachnoid trabecular cells showed a positive enzymal reaction (blue), whereas none of the arachnoid barrier cells did.  $\times 210$ .

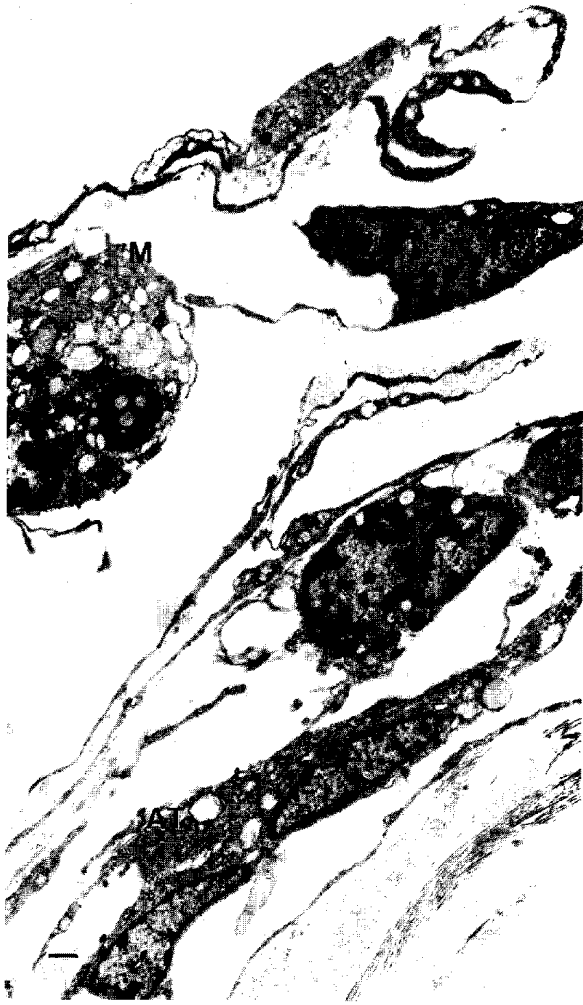


Fig. 10 Arachnoid trabecular cells (AT) lying within the subarachnoid space. These cells have elongated nuclei and long cytoplasmic projections. The arachnoid trabeculae consist of a network of arachnoid trabecular cells, which is reinforced by halos of collagen fibrils. Numerous resting macrophages (M) are observed within the arachnoid trabeculae.  $\times 4,180$ , Bar = 1  $\mu\text{m}$ .

いことは明らかであり、硬膜とクモ膜とが人為的に剝離した場合にのみその存在を確認した。髄膜を電顕でみると、硬膜とクモ膜は collagen fibril がきわめて多く堅固な構造を示す。したがって、硬膜やクモ膜自身の内部で剝離が生ずるとは考え難い。髄膜の中で剝離が生ずるとすれば、硬膜とクモ膜の移行部であろう。ところが、arachnoid barrier layer は細胞が上皮性に配列し、細胞間接合が多数の desmosome や tight junction で成されるため比較的丈夫である。一方、dural border layer は細胞間隙が広い上に間質の collagen fibril が少なく、細胞間接合が

少数の desmosome のみで tight junction はない。したがって、硬膜とクモ膜の中でもっとも脆弱な構造を示すのは dural border layer であり、このために硬膜とクモ膜との剝離は dural border layer 内で生ずるものと推定された。

Waggener<sup>14)</sup>および Nabeshima<sup>15)</sup>は、実験動物においては、硬膜下腔は細胞間接合がきわめて少ない dural border layer と arachnoid barrier layer との接着面ではなく、dural border layer 内での剝離により生ずるとした。ヒトについての我々の検索結果も同様であり、おそらく dural border layer と arachnoid barrier layer との接触面積が広いため、底層の dural border cell は arachnoid barrier layer に付着した状態で剝離が生ずるものと推定された。硬膜下腔は硬膜とクモ膜の真の接着面ではなく dural border layer 内で剝離が生じて形成されるということは、このスペースは実は硬膜下ではなく硬膜内にできたものであることを示す。したがって、硬膜下腔とクモ膜下腔の間にあって両者の実質上の境界を成すのは、dural border layer ではなく arachnoid barrier layer ということになる。

## 2. Arachnoid barrier layer の役割

電顕で観察すると、髄膜系の細胞には多数の mitochondria がみられた。なかでも arachnoid barrier layer 直下の arachnoid trabecular cell に豊富で、ついで arachnoid barrier cell に多く、さらにクモ膜下腔深層の arachnoid trabecular cell や dural border cell にも少数の mitochondria がみられた。我々が行った髄膜の mitochondrial assay は、間接的にはあるが arachnoid barrier layer の役割をよく示した。すなわち、mitochondria はすべての arachnoid trabecular cell 内や硬膜とクモ膜との剝離が生じた部分の dural border cell 内では酵素活性を示すが、arachnoid barrier layer 内ではまったく酵素活性を示さなかった。この事実は、浸漬液が arachnoid barrier layer 内にはまったく浸透せず、少なくとも正常な状態では arachnoid barrier layer は液成分に対して完璧な barrier となっていることを示唆した。Lopes<sup>16)</sup>は、arachnoid barrier layer を介し脳脊髄液が硬膜下腔へと流出することはないとした。底層の 2 つの arachnoid barrier cell の間で細胞間接合がことによく発達しているのは、脳脊髄液の流出を防ぐためであろう。黄疸のある患者を剖検すると、硬膜はビリルビン色素に染まってもクモ膜下腔はきれいである。したがって、硬膜内血管中の血液成分が arachnoid barrier layer を介してクモ膜下腔に流入することもありえないと思われる。このように、arachnoid barrier layer が言えば blood-CSF barrier の働きを成すのは、desmosome や tight junction などの細胞間接合が豊富であると同時に、interdigitation が発達しているためと推定される。しかし、この点に



については今後 tracer などを用いてさらに詳しく検索する必要があるであろう。

Rascol ら<sup>10)</sup>は, arachnoid barrier layer は 2~8 層から成る重層扁平上皮で, desmosome や tonofilament などの上皮の性格を有するが, lacuna には結合組織線維はないとした。一方, 明石<sup>1)</sup>は, arachnoid barrier layer の細胞間隙には細胞突起相互の連続により形成される lacuna が存在し, この中には酸性ムコ多糖と思われる granular material や collagen fibril などがみられるとした。我々の検索でも, lacuna にはまったく空虚なものがある一方, collagen fibril を初め elastin や granular material および matrix vesicle などを含むものも多数みられ, これらは psammoma body 形成の前段階を示すものと推定された。事実, 傍矢状静脈洞部では大きな lacuna の中に多数の collagen fibril や elastin に囲まれた psammoma body の形成がよくみられた。さらに, arachnoid barrier layer 内には psammoma body 以外にも tonofilament や desmosome, interdigitation などの髄膜腫の基本的構造<sup>7)</sup>が集約されているのが特徴的であった。

### 3. Arachnoid trabecular cell の役割

arachnoid trabecular cell はクモ膜下腔にクモの巣状に配列し, クモ膜の支持組織となっていることは明らかである。Anderson<sup>2)</sup>は視神経鞘を検索し, arachnoid trabecula は collagen と microfibril から成る core を 1~2 層の arachnoid trabecular cell がとりまく丈夫な構造を成すとした。また Rhodin<sup>11)</sup>は, arachnoid trabecular cell の基本的性状は fibroblast であるとした。今回の検索では, クモ膜下腔には多数の collagen fibril がみられたが, 典型的な fibroblast は皆無であった。McLone ら<sup>4)</sup>は, collagen や microfibril を細胞間に有する arachnoid trabecular cell は rough ER や polysome に富むとした。以上より, arachnoid trabecular cell はクモ膜下腔に分布する collagen fibril の産生に関与している可能性が高い。

Shabo ら<sup>12)</sup>は, イヌのクモ膜下腔に horseradish peroxidase を注入すると, その一部は arachnoid trabecular cell に取り込まれることより, これらの細胞には貪食能があると推定した。我々の検索対象は頭蓋内疾患のない症例であるため, この知見を確認することはできなかったが, arachnoid trabecula の中には lysosome と vacuole に富む resting macrophage が多数観察された。おそらく, これらの細胞はクモ膜下出血や髄膜炎などの際に, 異物処理に重要な働きを成すのであろう。

arachnoid trabecular cell のうち, arachnoid barrier layer の直下にあるものは胞体が大きく mitochondria が豊富であった。arachnoid trabecular cell の生化学的な性状についての研究は少ないが, おそらくその代謝能はきわめて旺盛

でクモ膜下腔の恒常性を維持することに関与しているであろう。

## V 結 語

1. Schachenmayr らが示したごとく, ヒトの生体内では硬膜下腔に相当するスペースはない。硬膜下腔は人為的あるいは病的に形成されるスペースである。

2. arachnoid barrier layer は硬膜下腔(正確には硬膜)とクモ膜下腔との間の barrier を成す。正常の状態では, arachnoid barrier layer を介して両者の間で脳脊髄液や血液成分などの交換がなされている可能性は少ない。

3. arachnoid barrier layer 内には, 空虚なものから collagen fibril や elastin, granular material および matrix vesicle などを含むものまでさまざまな lacuna があり, その一部は中心に psammoma body を形成する。

4. arachnoid barrier layer 直下の arachnoid trabecular cell は, 胞体が大きく mitochondria に富むことより代謝能力が高いと推定される。

5. arachnoid trabecular cell は, 多数の collagen と少数の elastin とともに arachnoid trabecula を形成し, その間隙には多数の resting macrophage がみられる。

## 文 献

- 1) 明石芳信: イエウサギ脳底部脳膜 —とくにクモ膜についての電子顕微鏡的研究—。解剖誌 47: 285-297, 1972
- 2) Anderson DR: Ultrastructure of meningeal sheaths. Normal human and monkey optic nerves. *Arch Ophthalmol (Chicago)* 82: 659-674, 1969
- 3) Lopes CAS, Mair WGP: Ultrastructure of the arachnoid membrane in man. *Acta Neuropathol (Berl)* 28: 167-173, 1974
- 4) McLone DG, Bondareff W: Developmental morphology of the subarachnoid space and contiguous structures in the mouse. *Am J Anat* 142: 273-294, 1975
- 5) Nabeshima S, Reese TS, Landis DMD, Brightman MW: Junctions in the meninges and marginal glia. *J Comp Neurol* 164: 127-170, 1975
- 6) Nachlas MM, Walker DG, Seligman AM: A histochemical method for the demonstration of diaphosphopyridine nucleotide diaphorase. *J Biophys Biochem Cytol* 4: 29-43, 1958
- 7) Napolitano L, Kyle R, Fisher ER: Ultrastructure of meningiomas and their derivation and nature of their cellular components. *Cancer* 17: 233-241, 1963
- 8) Pease DC, Schultz RL: Electron microscopy of rat cranial meninges. *Am J Anat* 102: 301-321, 1958
- 9) Penfield WG: The cranial subdural space. *Anat Rec* 28: 173-175, 1924
- 10) Rascol MM, Izard JY: The subdural neurothelium of the cranial meninges in man. *Anat Rec* 186: 429-436, 1976

- 11) Rhodin JAG: *Histology*. New York, Oxford University, 1974, 324 pp
- 12) Shabo AL, Maxwell DS: The subarachnoid space following the introduction of a foreign protein. An electron microscopic study with peroxidase. *J Neuropath Exp Neurol* 30: 506-524, 1971
- 13) Schachenmayr W, Friede RL: The origin of subdural neomembranes. I. Fine structure of the dura-arachnoid interface in man. *Am J Pathol* 92: 53-68, 1978
- 14) Waggener JD, Beggs J: The membranous coverings of neural tissues. An electron microscopy study. *J Neuropath Exp Neurol* 26: 412-426, 1967

[別刷請求先：〒920 金沢市宝町13-1, 金沢大学脳神経外科, 山嶋哲盛]