慶応義塾大学医学部, 耳鼻咽喉科教室 (主任: 鈴木教授).
Dept. of Oto-Rhino-Laryngol., School of Med., Keio Univ., Shinjuku-ku, Tokyo
(Director: Prof. Y. SUZUKI).

ドジョウの腸呼吸に関する細胞学的並びに 電子顕微鏡的研究.

Cytologic and Electron Microscopic Studies on the Intestinal
Respiration of the Loach (*Misgurnus anguillicaudatus*).

鈴木安恒, 長田光博, 渡辺 昭
Yasunobu SUZUKI, Mitsuhiro OSADA and Akira WATANABE.

(Received May 25, 1963.)

諸種脊椎動物の呼吸器は主として肺臓であり, 魚類では鰓である. この他極めて特殊な呼吸型としてドジョウの所謂腸呼吸がある. これは全体の呼吸量の約 $\frac{1}{3}$ に相当するという (末広 1951 参照). ドジョウの腸呼吸に関する実験的, 生理学的研究は多いが (末広 1933, Koyama 1958), 詳細な形態学的研究は見当らない. 一方, 電子顕微鏡によって毛細血管と肺上皮 (Low 1952, Bargmann と Knoop 1956, Karrer 1956 a, b, Groniowski と Djaczenko 1961, 山田 1961 等) 及び鰓上皮 (Hayek 1960, 水平, 小沢, 内田等 1962) との関係が解明されつつある. 我々はドジョウの腸上皮について, 細胞学的並びに電子顕微鏡的観察を行ない, 前記の呼吸上皮と比較検討し, 更に腸呼吸を形態学的に証明しようとするものである.

I. 材料と方法.

成熟ドジョウ (*Misgurnus anguillicaudatus*) を絶食 1 日後に次の如き状態を経て開腹し, 上部腸管 (螺旋部, coiled intestine), 下部腸管 (直線部, straight intestine) を可及的速かに摘出し固定液に投入した. 実験は 11 月に行ない, 室温 16°C であった. 1. 大量の水を入れた容器中に約 24 時間放置したもの 5 例, 2. ごく少量の水を入れた容器 (投入時は横たわった体の下面約 $\frac{1}{3}$ をおおう程度) に約 12 時間放置したもの 5 例. 固定には Levi 氏液, Zenker-formol, 10% formalin を用いた. 染色には Levi 氏液固定切片に Heidenhain 氏鉄ヘマトキシリン染色及び azan 染色を用い, その他 Zenker-formol 及び 10% formalin 固定切片にヘマトキシリン (Hansen 氏)-エオジン染色を用いた. なお過沃度酸 Schiff (PAS) 反応も使用した. 固定組織片は総べて型の如く水洗後にアルコールで脱水し, キシロールを経てパラフィンに包埋し, 3—4 μ の連続切片とした.

電子顕微鏡観察の材料は開腹後直ちに腸管部に veronal-acetate buffer により

pH を 7.4 に調整した 1% OsO_4 溶液を滴下し, 上部及び下部腸管をそれぞれ切除細切しながら, $2-4^\circ\text{C}$ で 2 時間固定した. 固定後水洗することなく 50% アルコールで数回洗滌し, 70, 90, 100% アルコールで脱水した. 包埋に際しては styrene-n-butyl methacrylate 樹脂包埋法, epoxy 樹脂包埋法及び epok 533 樹脂包埋法を用いた (Kushida 1959, 1961, 1963). 超薄切片の作製に際しては Porter-Blum 型 ultramicrotome にガラスナイフを使用した.

Epoxy 樹脂に包埋した切片はシリカを真空蒸着したシートメッシュに直接のせて uranyl-acetate 飽和溶液 (50% アルコール) で 4 時間染色ののち電顕にて検鏡した (Kushida 1961). 日立製 HU-10 型及び日本電子製 JEMT-6 型電子顕微鏡を用い, 直接倍率 1,000—10,000 倍にて撮影した.

II. 光学顕微鏡所見.

上部腸管 (螺旋部腸管) では絨毛が発達し, 1 層の腸上皮細胞は主として主細胞 (有縁細胞) よりなり, その間に少数の杯細胞が散在性に認められる (図 1). 主細胞は細長い円柱形であって, 小皮縁を有し, 核は円形乃至楕円形で, 細胞中央部より基底部側にある. 糸粒体は細い短い糸状であって核上部, 特に細胞先端部に

Fig. 1. Coiled intestine. The goblet cell (dark) in the epithelium. Lm intestinal lumen. Zenker-formol, PAS (after salivary digestion). $\times 150$

集まっているが, その他核下部にも認められる. この上皮細胞層下には粘膜固有層があって, 小血管及び毛細血管が認められるが, 腸上皮細胞間に嵌入しているような像は全く認められない (図 2).

下部腸管 (直線部腸管) においては絨毛は殆んど認められず, 主細胞は上部腸管と異なり後述の如き著明な変形をおこす. 杯細胞はやや増加し, 2—数ケ (時に 5 ケ以上) が群在していることが多い (図 3). 粘膜固有層より毛細血管が粘膜上皮細胞間に侵入し, 細胞間隙を開大する. 周囲の主細胞は強く圧

排されて, 細長い細胞体は毛細血管の膨みに相当して色々に彎曲する. また毛細血管の腸内腔側を被う部分の細胞質は薄層化する. 核は楕円形であって基底部に近く認められ, 小皮縁は不明瞭になる. 更にこの毛細血管が腸内腔に膨隆し, 恰も毛細血管壁が直接に腸内腔と接触しているような像を示す (図 4). 毛細血管内

Fig. 2. Coiled intestine. *N* columnar cell with striated border (*S*) and a nucleus. *G* goblet cell with a stoma, *Cap* capillary in the lamina propria. Material and method same as in Fig. 1. $\times 600$

腔には多数の有核赤血球が認められる。この現象は上部腸管に近接する部分を除き大部分の下部腸管に認められ、特に肛門側では高度となる傾向を示す。かかる所見は肺上皮及び鰓上皮と毛細血管との関係に類似し、諸種脊椎動物の腸では認められず、ドジョウ特有の構造である。一方、杯細胞はこのような毛細血管の侵入による影響を殆んど受けない。杯細胞の形態は細胞体の上部、いわゆる杯の部分形成する粘液顆粒の多寡によって異なり、粘液顆粒の多いものは肥満して大きい、少ないものは細長い。粘液顆粒は Zenker-formol 固定、PAS 標本では紅紫色に強染し(図 3, 4)、Levi 固定、鉄ヘマトキシリン染色標本では顆粒が染まらないので細胞質は蜂窩状構造を示し、azan 染色では顆粒は淡青色に染まる。杯細胞は小皮縁を有せず、主細胞の小皮縁の下面の高さで、主細胞の小皮縁が不明な時は主細胞の自由表面と同じ高さで小孔をもって、腸内腔に開口する。従って主細胞と異なり、毛細血管の腸内腔側の表面を被うことはない。Koyama (1958)によれば胃及び螺旋部腸管では律動的な蠕動運動を行なっているが、直線部腸管には全くこの様な運動は認められず、嚥下された空気によって直線部腸管内の食物の残査は肛門より排出されるという。更に直線部腸管の内腔は殆んど常に嚥下された空気のみで満されていることより、この部分で酸素の吸収が行なわれると想像しているが、我々の形態学的所見と一致していることが興味深い。

なお、主細胞、杯細胞以外には Paneth 氏細胞及び腸クローム親和細胞は見当たらなかった。

腸の筋層は内輪、外縦の2層よりなり、その厚さは上部腸管に比較して下部腸管ではともにやや減ずる。

Fig. 3. Straight intestine. Illustrating the blood capillary (*Cap*) from the lamina propria inserting into the intercellular space between the columnar cells and swelling toward the intestinal lumen. $\uparrow$ indicates a capillary in the lamina propria. *G* goblet cell (dark). Zenker-formol, PAS (after salivary digestion). $\times 600$

Fig. 4. Erythrocyte (*Er*) with a nucleus in the capillary swelling toward the intestinal lumen (*Lm*). *N* deformed columnar cell with a nucleus, *G* goblet cells which is not deformed through the insertion of capillaries. Capillary ($\uparrow$) in the lamina propria (*Lp*). Material and method same as in Fig. 3. $\times 1,400$

III. 電子顕微鏡所見.

下部腸管では毛細血管は腸上皮細胞下の基底膜を伴なって腸上皮細胞間に、主として主細胞の間に認められる(光顕の項参照). 主細胞は著しく変形し、細胞先端部は薄層化して毛細血管の腸内腔側の部分を被う(図5, 6). 併し、何れの場合でも隣接する主細胞の先端の薄層部間には *terminal bar* があって、その間隙が拡大することはない(図7, 8). この関係は毛細血管が腸内腔に著しく近接した場合

Fig. 5. Epithelium of the straight intestine. Illustrating columnar cells with microvilli (*Mv*), goblet cell (*GC*), and erythrocyte (*Er*) in the capillary (*Cap*). *T* terminal bar between columnar cells, *M* mitochondria, *G* GOLGI apparatus in the columnar cell. *Lm* intestinal lumen. $\times 12,000$

Fig. 6. Straight intestine. Illustrating the blood capillary inserted into the intercellular space between the columnar cells. *Er* erythrocyte with a nucleus (*N*), *GC* goblet cell, *N'* nucleus of columnar cell, *Lm* intestinal lumen. $\times 12,000$

も同じであって、毛細血管壁が直接に腸内腔に露出すること、既ち嚥下された空気と接触することはない(図7, 8, 9)。腸内腔と毛細管腔との間には次の3層が介在する。腸内腔側より、1. 主細胞の細胞質、毛細血管の膨隆部では薄層となる。2. 腸上皮細胞下の基底膜と毛細血管内皮細胞を包む基底膜、屢々融着して1枚化する。3. 毛細血管内皮細胞である。上部腸管ではこのような所見は全くみられない(光顕の項参照)。

主細胞の自由表面には多数の microvilli が認められるが、毛細血管によって腸内腔へ膨隆する部分では細胞質の薄層化に伴ない microvilli は消失する。

Fig. 7. Illustrating two blood capillaries (*Cap*) inserted into the intercellular space between the columnar cells (*CC*). The cytoplasm of the left columnar cell (*CC*) is flattened by the pressure of the capillary. Microvilli (*Mv*) are not so well developed. Two light layers are seen: 1. between the cell membrane of the columnar cell and the basement membrane (*BM*), 2. between the basement membrane and the endothelial cell (*En*) of the capillary. *T* terminal bar of the endothelial cells and of the columnar cells, *M* mitochondria in the columnar cell (*CC*), *Lm* intestinal lumen, $\times 20,000$

Fig. 8. Same as in Fig. 7. ↑ large vacuoles in the endothelial cell which are analogic to the 'Kammerung im Endothel'. *Lm* intestinal lumen, *Lm'* capillary lumen, $\times 20,000$

Fig. 9. Same as in Fig. 7 and 8. Pinocytotic vesicles both in the endothelial cell (*En*) and columnar cell (*CC*). Note the attenuated cytoplasm of the columnar cell which looks like alveolar cell and gill epithelium,

上部腸管の主細胞は常に microvilli を有するが、その他に屢々繊毛様構造が認められた(図10). 糸粒体は上部腸管に見るとほぼ同様に主として桿状であって、*cristae mitochondriales* は明瞭に認められ(図7), 細胞中央部より先端部に集まってみられることが多い. 併し高度に薄層化した主細胞の先端部では認められない. 屢々 multivesicular body が認められるが(図11a), そのほかに球形で限界膜を有し、内部の電子密度は一般に高いが均質ではなく、時には層状をなす inclusion body (包含体) がみられる(図11b, c). 両構造物と糸粒体との移行を思わせる像も認められたが、肺胞の上皮細胞で問題にされている糸粒体の変化、即ち冬眠時 (Schulz 1957), 窒息時 (Hayek 1960) の変化、出産直後における変化 (Groniowski と Djaczenko 1961) と必ずしも一致しない. 而も、この所見は上部腸管においても認められ、下部腸管に特有のものではないので、ドジョウの腸呼吸に於いては特に意義あるものとは考えられない. 主細胞には多数の microsomes, vesicles, 時には大きな vacuoles, rough surfaced endoplasmic reticulum, 主として lamella と vesicle よりなる Golgi 装置が認められるが、これ等相互の関係については佐々 (1962) が上部腸管を用いて詳細に報告している.

一方、Low (1952) はラットの肺の電子顕微鏡観察によって、光学顕微鏡では論争的となっていた無核板の存在 (Bargmann 1936 参照) を初めて否定し、1種類の呼吸上皮細胞によって毛細血管は被われていることを明らかにした. 次いで Karrer (1956 a) はマウスで核の部分が肺胞内に突出し、自由表面に microvilli を有せず、糸粒体、包含体に乏しい細胞と、核の部分が肺胞壁の凹みに位置し、多数の糸粒体と包含体を有する細胞との2種類を記載している. 鰓については Rhodin (1960) が鰓類で、水平等 (1962) はサンショウウオ幼生の外鰓で鰓上皮を4種類の細胞に別けている. 併しドジョウの腸呼吸においては呼吸に直接に関係するのは主細胞であって、杯細胞は諸種脊椎動物と同様に食物残渣を滑らかに通過させるための粘液作成という全く間接的な役割を演ずるに過ぎない.

次に基底膜を観察する. 毛細血管が腸内腔に近接する部分では主細胞と毛細血管内皮細胞との間にはほぼ均質な1層の基底膜が存在し(図7, 8, 9), 主細胞と内皮細胞とは明調層(間隙)でへだてられる. 間隙(明調層)は一般に主細胞との間

Fig. 10. Cilium-like formation (C) of the columnar cell (CC). T terminal bar. $\times 30,000$

の方がやや広い. 1層の基底膜は1部に於いて2枚から成るように見えるが, これは恐らく主細胞に属する基底膜と内皮細胞に属するそれとが融着したことを示す所見であろう. この基底膜と主細胞及び内皮細胞との間に見られる明調な間隙が主細胞及び内皮細胞間の terminal bar に達する細胞間隙と連絡している像を得た (図7, 8). Karrer (1956 b) はマウスの肺では呼吸上皮細胞と毛細血管内皮細胞間には無構造で薄い1層の基底膜があり, 所々で厚さを増しその部分では膠原線維があるという. ドジョウには膠原線維の存在は認められない. Schulz (1957) は

ヤマネの肺で基底膜は均質で線維構造はなく, 時に分岐してその間に Septumzellen と膠原線維があるのを認めた. 基底膜の両側にオスミウム好性の細胞膜 (肺胞上皮細胞と内皮細胞の) があり, 冬眠期にはこの細胞膜に彎入があるという. 山田 (1961) は犬の肺で基底膜は均等質の微細網構造よりなるとし, 肺胞上皮細胞では vesicle が細胞膜に接着して, 所謂 caveolae intracellulares の像を呈すると記載しているが, これは冬眠期のヤマネの細胞膜の彎入の所見と類似するものと思われる.

主細胞の薄層部には多数の vesicle が散在性に, 時に集まってみられるが, 細胞

Fig. 11, a. Suggesting the transformation of mitochondria (*M*) to multivesicular bodies (*MB*). $\times 18,000$

Fig. 11, b. Pigment granule (*P*) containing dark particles, lamellae and vesicles. $\times 18,000$

Fig. 11, c. Concentric lamellar formation (↑) in a columnar cell.
×18,000

質の他の部分にも又多数の vesicle が認められる。主細胞が毛細血管に接するのは薄層部のみでなく、他の広い部分で接することに注目すべきである。又この vesicle が主細胞の毛細血管に臨む細胞膜に接するのが見られるが(図9)、殆んど認められない例もあった。内皮細胞には多数の所謂 pinocy-

totic vesicle が認められる(図7, 9)。肺上皮細胞と内皮細胞に於ける pinocytotic vesicle がガス代謝に密接な関連をもつとの説(山田 1961)があるが、本研究に於いてもこの説に反する如き所見は得られていない。内皮細胞には上述の vesicle よりはるかに大きい空胞を屢々認めたが(図8)、これは Bargmann と Knoop (1956) がラットで記載した 'Kammerung im Endothel' に相当する。Vesicle が融合して生じた空胞で、空気を内皮細胞へ1時貯蔵すると考えることもできる。

水平等 (1962) によればサンショウウオ幼生の外鰓には1層の薄い基底膜と膠原線維の層があり、 KMnO_4 固定でこの部分及び血管内、上皮細胞間、稀に細胞内に $300\text{--}500\text{ \AA}$ の電子密度の高い顆粒が多数認められ、これが呼吸作用に関係あるとしている。即ち酸化によって生じた Mn の化合物と考えており、水中におけるガス交換にはガス分圧による外に遊離酸素が上皮細胞間隙を通過し、内皮細胞を経て血漿中に入りヘモグロビンと結合する可能性を挙げている。また上皮細胞間の結合は頂部を除いてはゆるやかで広い細胞間隙があり、ガス交換の通路と考えている。我々は前記の如く terminal bar の下方につづく主細胞間隙が基底膜と主細胞との間にある明調な細隙と連絡している像を認め(図7, 8)、極めて稀にはこの細隙の一部がやや開大している所見も得られたが、terminal bar の離開を全然認めていない。従ってガス交換の通路をここに求めることは無理と思われる。

なお、水中群及び水の極めて少ない群において上記の毛細血管の嵌入像は共に認められ、程度の差はない。最近、柴崎 (1962, ラットの十二指腸上皮) は腸管の吸収問題で鉄顆粒が細胞内に一度とりこまれ、次いで開大した細胞間隙に放出されることより細胞間隙の役割を強調している。また細胞間隙の重要性について既に我々 (1962) はモルモットの諸臓器及び腸間膜の血管系の内皮細胞について詳

細に報告している.

ドジョウの下部腸管機能から水分吸収の問題を除外することは出来ないので, 以上の細胞学的並びに電顕的所見が全く呼吸にのみ関係があるものと断定することは早計であると思う.

IV. 総 括.

成熟ドジョウの腸管を光学顕微鏡並びに電子顕微鏡によって観察し, 腸呼吸は下部腸管に於いて行われることを形態学的に証明し, 肺及び鰓上皮と比較検討した. 得られた結果を総括すれば次の如くである.

1. 腸管粘膜上皮は1層の腸上皮細胞よりなる. 上部腸管(螺旋部)では絨毛が発達し, 主細胞が大部分を占め, 杯細胞は散在性に認められる. 主細胞は細い円柱形で小皮縁を有し, 核は円形乃至楕円形で細胞基底側にある. 糸粒体は短い糸状と短桿状で, 主として細胞の先端部に集まっている. 上皮下の粘膜固有層には小血管, 毛細血管が認められる.

2. 下部腸管(直線部)では絨毛は認められず, 杯細胞がやや多い. 上部腸管と異なり, 粘膜固有層から毛細血管が出て上皮細胞間に侵入し, 細胞間隙を開大し, 更に腸内腔面に膨隆する. そのため周囲の主細胞は強く圧排され, 著しく変形し, 特に毛細血管の腸内腔側を被う細胞質が薄層化して, 小皮縁が消失する. この所見は上部腸管に近接する部位を除いて大部分の下部腸管に認められ, 特に肛門側では高度となる傾向がある. 併し杯細胞は上部腸管でのように, 粘液顆粒の多寡によって細胞形が違い, 上記の毛細血管の侵入による影響は殆んど受けない. また小孔をもって腸内腔に開口し, そして毛細血管の腸内腔側を被うことはない. Paneth 氏細胞, 腸クローム親和細胞は認められない. 腸の筋層は内輪, 外縦の2層よりなるが, 上部腸管に比較して下部腸管ではともにややその厚さを減ずる.

3. 下部腸管を電子顕微鏡で観察すると, 腸内腔と毛細血管との間には次の3層が介在する.

a) 主細胞の細胞質.

毛細血管の膨隆によって薄層化することがある. 自由表面には多数の微絨毛(microvilli)が認められるが, 薄層化が高度になるにしたがって消失し, 糸粒体も認められなくなる. 併し, 隣接する主細胞の先端の薄層部間の細胞間隙は終柵(terminal bar)で閉ざされ, 稀れにこの間隙の一部がやや開大することもあるが, 終柵が離開することはない. 下部腸管主細胞の細胞質には多数の小胞(vesicle)が散在性に, 時に集まって存在し, 毛細血管をおおう薄層化した細胞質にも認められるが, 他の部分と比較して特に多いことはない. この小胞が毛細血管に臨む主細胞の細胞膜に接し, 主細胞と基底膜との間にある明調な間隙(後述)に開口することもある.

b) 腸上皮細胞下の基底膜と毛細血管内皮細胞を被う基底膜.

一般に融着してほぼ均質な1層の基底膜として認められるが、部位によって2枚に分かれることがある。基底膜と主細胞および内皮細胞との間に明調層或は間隙が見られるが、一般に前者との間に於いてやや広い。これ等の間隙は主細胞間及び内皮細胞間の終細胞に達する細隙と連絡している。

c) 毛細血管内皮細胞.

所謂飲入小胞 (pinocytotic vesicle) を多数認める。Bargmann と Knoop (1956, ラットの肺) が記載している内皮内室 'Kammerung im Endothel' に類似した大きな空胞も認められた。

4. 主細胞.

上部並びに下部腸管ともに主細胞の糸粒体は桿状で、糸粒体櫛 (cristae mitochondriales) は明瞭に認められ、細胞先端部に集まる傾向がある。多小胞体 (multivesicular body) 等の包含体 (inclusion body) が認められ、これ等と糸粒体との移行を思わせる所見もある。その他、多数のミクロゾーム、小胞、時には大きな空胞、粗面小胞体、主として小板と小胞よりなる Golgi 装置がある。上部腸管では微絨毛のほかに纖毛様構造が認められることもある。

5. 大量の水を入れた容器中に24時間放置した群と極めて少量の水を入れた容器中に12時間放置した群との間には形態学上の差異は殆んど認められない。

稿を終わるに臨み、終始御援助と御校閲を戴いた群馬大学医学部解剖学の伊東俊夫教授に深く感謝の意を表します。なお、本研究に際して東京電力病院医長内藤厚徳博士に、また電子顕微鏡撮影に際して慶応義塾大学医学部電顕室の申田弘博士、藤原達司氏、齊藤明次氏、なお光学顕微鏡写真作成に際して群馬大学医学部解剖学教室の高橋嘉幸氏の御協力を戴き、感謝致します。

Authors' Abstract.

In addition to lung and gill respirations, there is a specific type of respiration in the *Misgurnus anguillicaudatus* which is generally called 'Loach's intestinal respiration' and is considered to be of as large as one third of the total respiration volume.

Many experimental and physiological studies about the intestinal respiration have been made (SUYEHIRO 1933, KOYAMA 1958 etc.), yet no one has made any morphological study up to the present.

After our cytological and electronmicroscopical studies of matured loach's intestines it has been confirmed that the respiration is carried out by straight intestine (lower intestine) and especially that columnar cells each are to play an active part in it. Furthermore comparative studies have been made between lung epithelium (LOW 1952, BARGMANN and KNOOP 1956, KARRER 1956 and GRONIEWSKI and DJACZENKO 1961) as well as gill epithelium (HAYEK 1960, MIZUHIRA et al. 1962) and loach's lower intestine epithelium from the respiratory functional view point.

The results obtained are summarized as follows;

Material and methods: Matured loachs (*Misgurnus anguillicaudatus*) were sacrificed after one day's starvation, and upper intestine (coiled intestine) and lower intestine (straight intestine) were extracted and fixed in LEVI's solution, ZENKER-formol and 10% formalin. For the electron microscopy, small pieces of both intestines were fixed in 1% osmium tetroxide adjusted to pH 7.4 with phosphate buffer, dehydrated through a series of alcohol, and then embedded in styrene and n-butyl methacrylate (1:1), epon, and new epoxy resin 'epok 533' recommended by KUSHIDA's method. Thin sections were cut on a PORTER-BLUM microtome with glass knives, stained with uranyl acetate, and examined in a HITACHI's HU-10 electron microscope and a NIPPON DENSHI's JEMT-6 electron microscope at magnification of 1,000—10,000.

1. The epithelium of the intestinal mucous membrane is composed of one layer of columnar cells. Villi are well developed in the upper intestine where columnar cells form a great majority of the intestinal epithelial cells, and goblet cells are recognized scatteringly. These columnar cells take slender columnar form and have striated border. The nuclei are round or oval in shape and are found at the basal part of the cell. Mitochondria are of a short thread shape or a short bacilli-form and mostly gather at the apical portion of the cell. Small arteries and capillaries are observed in the lamina propria of the mucous membrane.

2. In the lower intestine (straight intestine), no villi are observed and yet goblet cells are found in comparatively great numbers. What especially differs from the upper intestine (coiled intestine) is the fact that blood capillaries get into intercellular spaces of the columnar cells from the lamina propria, and widen their space and swell toward the intestinal lumen. As a result the surrounding columnar cells remarkably transform themselves because of the pressure of the capillaries, turn into a thin layer and lose their striated border.

These phenomena are recognized in almost all parts of the lower intestine and are particularly remarkable about the anus.

However, as far as goblet cells are concerned, their form differs according to the mass of the mucous contents as in the upper intestine, and the above said insertion of the capillaries has practically no deforming effect upon their form. Furthermore, they open into the intestinal lumen with a small stoma, and do not cover the intestinal side of capillaries.

Consequently it is the columnar cells that perform the respiration, while goblet cells only assume charge of producing mucus for the smooth discharge of feces through the intestinal cavity.

No PANETH's cells and no chromaffin cells are found.

The intestinal muscle layers consist of inner circular and outer longitudinal layers, and those in the lower intestine are thinner than those in the upper intestine.

3. The electron microscopical observation reveals the following three layers between the capillary wall and the intestinal lumen of the lower intestine.

a) The cytoplasm of the columnar cell. The columnar cell is occasionally flattened in consequence of the swelling of blood capillaries. Although many microvilli are seen on the free surface of the columnar cell, yet they disappear as the cell is flattened and becomes thinner, and at the same time mitochondria become unrecognizable. The intervening space between the free surfaces of the columnar cells is closed

with the terminal bar and occasions scarcely arise when one part of the intercellular space becomes wider. The terminal bar itself however never aparts.

In the cytoplasm of the columnar cell, many vesicles are observed scatteringly and sometimes gatheringly. Those vesicles in addition are also in contact with the columnar cell membrane attached to blood capillary wall and sometimes open into low electrondense space between the columnar cell and the basement membrane.

There has been an opinion that pinocytotic vesicles produced in lung epithelium and capillary endothelium have much to do with the gas methabolism (YAMADA 1961). No finding which would go against this has been found in our study.

b) The basement membrane of the intestinal epithelium and that of the capillary wall as a rule adhere to each other and are regarded as one homogeneous membrane, but they split into two membranes in some places. The clear layer between the columnar cell and the basement membrane communicates with the slit which extends to the terminal bar between columnar cells; and the clear layer between the basement membrane and the blood capillary endothelial cell is in communication with the slit reaching the terminal bar which exists between the endothelial cells. It is however quite unrealistic, in our judgement, to conclude that the intercellular slit is the route of gas exchange. Moreover, collagen fibers and septal cell which have been reported by SCHULZ (1957) are not observed.

c) Endothelial cells of capillary. The so-called pinocytotic vesicles have been observed numerous, and large ones which resemble 'Kammerung im Endothel' of BARGMANN and KNOOP in the rat's lung capillary have also been observed.

Concerning the endothelial cells of the vascular systems of various organs and mesenterial artery of the guinea-pig a detailed report has been made by us (1962) emphasizing the importance of the intercellular space, and another contribution concerning the same question can be found in the paper of SHIBASAKI (1962) on the duodenal epithelium of the rat.

4. Columnar cells. The mitochondria of the columnar epithelial cell of both the coiled and straight intestines are bacilli-form in shape and are provided with distinct cristae mitochondriales. They have an inclination to gather on the apical portion of the cell body. Multivesicular bodies, i. e. certain inclusions, are observed, and there are several transition forms from the mitochondria to these inclusions. This finding does not precisely agree, however, with the transformation of the mitochondria seen by SCHULZ (1957), HAYEK (1960), GRONIOWSKI and DJACZENKO (1961) in the lung epithelium.

The above-said is true both in the coiled and straight intestines. Therefore, these structures are perhaps of no special use in the intestinal respiration. The GOLGI apparatus which is mainly composed of lamellae and vesicles, and microsomes, vesicles, large vacuoles and further rough surfaced endoplasmic reticula are also observed. In the coiled intestine, cilium-like formations are occasionally recognized.

5. Morphological differences are scarcely observed between the group of animals left in a vessel with a great quantity of water and that kept 12 hours in the vessel with a scanty supply of water.

文 献.

- Bargmann, W.**: Die Lungenalveole. Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen. Bd. 5, Tl. 3. 1936. — **Bargmann, W.** und **A. Knoop**: Vergleichende elektronenmikroskopische Untersuchungen der Lungenkapillaren. Z. Zellforsch. 44 (1956). S. 263-281. — **Groniowski, J.** und **W. Djaczenko**: Die Feinstruktur des Lungengewebes nach dem Beginn der Atmung. Z. Zellforsch. 53 (1961). S. 639-644. — **Hayek, H.**: Electronmicroscopic research on the alveoli of the lung. Anat. Rec. 136 (1960). P. 208-209. — **Karrer, H. E.**: The ultrastructure of mouse lung. General architecture of capillary and alveolar walls. J. biophys. biochem. Cytol. 2 (1956). P. 241-252. — The ultrastructure of mouse lung. Fine structure of the capillary endothelium. Exptl. Cell Res. 11 (1956). P. 542-547. — **Koyama, T.**: A study on the role of the so-called intestinal respiration of the loach in defecation. Jap. J. Ichthyol. 7 (1958). P. 99-101. — **串田 弘**: エポキシ樹脂包埋法について. 電子顕微鏡. 8 (1959). 頁72-75. — **Kushida, H.**: A styrene-methacrylate resin embedding method for ultrathin sectioning. J. Electronmicrosc. (Jap.) 10 (1961). P. 16-19. — **Low, F. N.**: Electron microscopy of the rat lung. Anat. Rec. 113 (1952). P. 437-449. — **水平敏知, 小沢英浩, 内田和子, 黒滝光明, 山官克己**: 呼吸上皮の機能と構造. I. サンショウウオ幼生の鰓の超構造と機能について. 25. 日本解剖学会, 関東地方会. (抄) 1962. — **Rhodin, J. A. G.**: Fine structure of the gills of the fresh water catfish (*Ameiurus nebulosus*). Anat. Rec. 136 (1960). P. 265. — **佐々昭三**: 腸管上皮構造(ドジョウ)の電顕的観察. 解剖誌. 37 (1962). 頁50-51. — **Schulz, H.**: Elektronenmikroskopische Untersuchungen der Lunge des Siebenschläfers nach Hibernation. Z. Zellforsch. 46 (1957). S. 583-597. — **Shibasaki, S.**: The fine structure of the rat duodenal absorptive cell with special reference to the intercellular interdigitation. Archiv. histol. jap. 23 (1962). P. 123-142. — **末広恭雄**: 魚類学. 東京, 1951. — 泥鰌の腸呼吸を簡単に証明する実験. 動物学誌. 1933. 頁494-496. — **Suzuki, Y., M. Osada and A. Watanabe**: Cytological and electron microscopical observations on the vascular system of the various organs and mesentery of guinea pigs, with special reference to the endothelial cells. Archiv. histol. jap. 22 (1962). P. 477-514. — **山田英智**: 電子顕微鏡による組織学図譜. 東京, 1961.