

CONTRIBUTIONS À LA MORPHOLOGIE DE L'APPAREIL RESPIRATOIRE

de *Spalax leucodon* Nordm. (1839)

I-ère note. Les structures broncho-pulmonaires

par ALEX. ESKENASY, ST. TORCEA et EMILIA SIMA

Laboratoire d'anatomie pathologique et d'immuno-morphologie de l'Institut de la Tuberculose
et Musée d'histoire naturelle « Gr. Antipa » de Bucarest

Les corrélations morpho-fonctionnelles de l'appareil respiratoire avec le milieu aérien imposent l'étude des structures respiratoires surtout chez les espèces de mammifères qui vivent dans des conditions spéciales de milieu. Une de ces espèces est *Spalax leucodon*, qui vit strictement dans des galeries souterraines, sans communication directe avec la surface. Dosages préliminaires de l'air de ces galeries montrent une pression partielle de l'oxygène plus petite que celle normale (16%) et une pression partielle augmentée du bioxyde de carbone (1.62%). On ne connaît pas encore l'écologie bactériologique et immunologique de l'air des galeries souterraines de *Spalax*.

À l'exception de quelques systèmes et appareils (v. bibliographie), la morphologie et spécialement l'histologie des structures internes des spalacides n'ont pas été encore étudiées.

Dans cette première note, nous présentons des observations macroscopiques et surtout microscopiques concernant les structures broncho-pulmonaires de *Spalax leucodon* Nordm.

Matériel et méthodes

Les recherches ont été effectuées sur 20 animaux, capturés dans la région nordique de la Dobrogea (Isaccoa) en différentes saisons.

Après avoir pesé et mesuré les corps, les animaux ont été tués par saignée totale et les poumons ont été prélevés et pesés aussi (tableaux I et II); après, ils ont été fixés dans le mélange subtri-méthanolé d'Eskenasy; les fragments prélevés après fixation ont été inclus en dioxane-paraffine. Les coupes à 5 microns ont été colorées au trichrome de Masson, selon Hornovski pour fibres élastiques, selon Hotchkiss-Mc-Manus-Hale pour mucopolysaccharides neutres et acides, selon Brachet pour acides nucléiques et imprégnées au nitrate d'argent selon Gomori pour fibres réticuliniques.

Tableau nr. 1

Nr.	Moment de prise - sexe	longueur du corp en mm	poids du corp en g	poids des deux poumons en g	Raport
					poids des poumons / poids du corps
1	III - 1969 ♀	205	214	1,5	0,7
2	III - 1969 ♂	210	207	1,6	0,7
3	VII - 1969 ♂	195	119	0,9	0,7
4	VII - 1969 ♂	182	121,7	1	0,8
5	VII - 1969 ♀	185	136,5	1,1	0,8
6	VII - 1969 ♀	205	239,5	1,5	0,62
7	VII - 1969 ♀	197	177,5	1,2	0,67
8	VII - 1969 ♂	185	160	1,35	0,8
9	X - 1968 ♂	215	210	1,65	0,7
10	X - 1968 ♂	195	177	1,65	0,9

Tableau nr. 2

Nr.	Poids des poumons en g		Poids des lobes pulmonaires en g				Raport en %					
	droit	gauche	apical	moyen	apical	apical	poumon droit poids total des poum.	poumon gauche poids total des poumons	poumon droit			
									lobe apical	lobe moyen	lobe argeol	lobe diaphrag.
1	0,76	0,45	0,19	0,12	0,11	0,4	62,80	37,20	11,74	15,15	14,47	12,64
2	1,01	0,64	0,19	0,16	0,16	0,56	67,73	39,87	16,75	11,73	15,73	15,33
3	0,98	0,45	0,15	0,14	0,14	0,49	58,60	41,40	16,20	15,24	15,24	12,28
4	0,83	0,50	0,13	0,14	0,17	0,45	61,90	38,70	15,30	16,47	15,30	12,95
5	0,77	0,60	0,11	0,11	0,09	0,46	56,3	43,79	16,28	14,75	11,70	19,70
6	0,85	0,65	0,14	0,4	0,13	0,44	56,66	43,34	16,47	16,47	16,28	11,78
7	0,90	0,70	0,08	0,14	0,09	0,39	56,75	43,75	16	15,55	16	14,75
8	1,00	0,65	0,17	0,18	0,15	0,50	60,60	39,40	17	18	18	16
9	0,98	0,47	0,19	0,18	0,17	0,44	57,58	32,41	18,30	18,34	19,35	14,7
10	1,00	0,70	0,10	0,18	0,14	0,50	58,83	41,17	18	18	18	16

Résultats

1. Observations macroscopiques

Les poumons de *Spalax* présentent une asymétrie évidente exprimée non seulement par des différences de volume et poids, mais aussi par la modalité de se diviser en lobes. Si le poids des deux poumons représente en moyenne 0.7% de celle du corps entier (0.62—0.9%, le tableau 1), le poumon droit pèse 56—67% du poids total des poumons et le gauche 33—44% (fig. 1).

Le poumon gauche n'est pas lobé et présente une face externe convexe et une face interne, cardiale, concave (fig. 1).

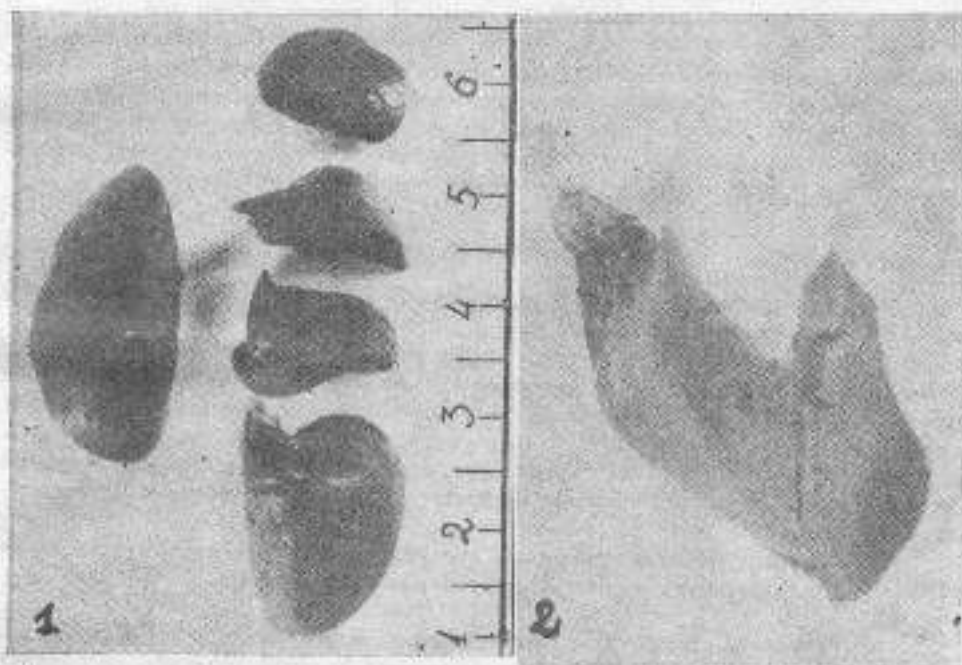


Fig. 1. — Les grandeurs proportionnelles des poumons du *Spalax*, et des lobes du poumon droit.

Fig. 2. — Le lobe caudal du poumon droit agrandi, vu par sa face interne avec sa pyramide cardiale.

Le poumon droit (fig. 1) est formé de 4 lobes bien distincts.

Fronto-caudal, ce sont:

a) Le lobe antérieur (cephalique) (fig. 1) qui représente 14—20% du poids du poumon droit, étant le deuxième comme grandeur. Il présente trois faces: l'une externe, délimitée par la scissure interlobulaire, l'une interne en relation avec les éléments du médiastin supérieur et contenant les composants anatomique du hyle lobaire et la face scissurale qui vient en contact dans sa portion ventrale avec le lobe moyen et dans sa portion dorsale avec le lobe diaphragmatique.

b) *Le lobe moyen (cardiaque)* (fig. 1) est le troisième comme grandeur, représente 14—18% du poids du poumon droit et paraît un coin introduit sur le plan ventro-dorsal entre le lobe antérieur et le lobe diaphragmatique. Il présente une face externe, une face interne-médiastinale et deux faces scissurales antéro-ventrale et postéro-dorsale.

c) *Le lobe azygos* (fig. 1) est le plus petit, il ne représente que 10—17% du poids total du poumon droit. Ce lobe occupe une position exclusivement interne et caudale et vient en contact avec le lobe diaphragmatique et la face interne du poumon gauche. Sa base est diaphragmatique.

d) *Le lobe caudal (diaphragmatique)* (fig. 1, 2) est le plus développé et pèse en moyenne un peu plus de la moitié du poumon droit (45—59%). Il présente une face externe convexe sans scissures, et une face interne, concave qui présente une petite scissure qui sépare incomplètement une formation pyramidale. (Celle-ci existe aussi chez les autres petits rongeurs, mais n'a pas fait encore l'objet d'une étude spéciale). Cette formation pyramidale présente une large base d'insertion et une face scissurale en contact, ventralement avec le lobe moyen et dorsalement avec le lobe antérieur (fig. 2).

2. Observations microscopiques

a) *Les bronches* peuvent être observées sur toute leur extension, du hyle à la bronchiole intralobulaire.

Au niveau de hyle, la bronche à un diamètre variant entre 1—2 mm mais la paroi bien que cartilagineuse est assez mince. On peut distinguer une muqueuse à épithélium cylindrique et mucipare, un chorion extrêmement pauci-cellulaire, une sous-muqueuse un peu plus cellularisée, une couche cartilagineuse plus ou moins interrompue par des glandes bronchiques, la couche musculaire et l'atmosphère pérbronchique, riche en vaisseaux et lymphatiques et en nerfs.

L'épithélium de la muqueuse est composé d'éléments cylindriques ciliés et de cellules mucipares; les dernières ne dépassent pas 1/10—1/15 des cellules (fig. 13).

Au dessous de ces éléments cylindriques ciliés et mucipares, on observe, de place en place, des cellules basales, à noyaux hyperchromiques, en contact direct avec la membrane mucopolysaccharidique (fig. 11). Parfois par contraction ou plus probablement par régénération corrélée à l'holoocrinie des cellules mucipares, le nombre des noyaux des cellules cylindriques paraît bien plus grand que l'espace correspondant de la basale (fig. 11). Le chorion de ces bronches est extrêmement pauvre en cellules (fig. 10, 13). Le plus souvent il est extrêmement difficile de préciser si les cellules rencontrées entre la basale épithéliale et la couche cartilagineuse appartiennent au chorion ou à sous-muqueuse (fig. 14). Il nous semble plus probable l'appartenance de ces cellules à sous-muqueuse. Dans les zones papillaires de la muqueuse, parmi les éléments mésenchymateux, on trouve des fibres élastiques sectionnées en diverses incidences et parfois superposées à la basale mucopolysaccharidique.

Au fur à mesure qu'on s'éloigne du hyle, la continuité de la couche cartilagineuse s'interrompt (fig. 5) entre les nodules cartilagineux apparaissent des groupes de glandes bronchiques à structure séro-muqueuse. Les

couches musculaires longitudinales (fig. 10) et circulaires (fig. 6) deviennent dominantes. A ce niveau, les papilles épithélio-mésenchymateuses deviennent plus fréquentes, mais les éléments mésenchymateux et vasculaires sont assez rares. De même, la couche chorionique est très mince, très pauvre en cellules. Parfois la sous-muqueuse est plus riche ici, mais telles images sont relativement rares (fig. 12—14).

Dans les territoires interlobulaires, les bronches sont très fréquemment surprises sur les coupes accompagnées par des artères et des veines (fig. 3). Entre eux, le plus souvent on peut observer une accumulation d'éléments lymphoïdes; quelquefois groupés dans des nodules juxtabronchiaux ou interbronchovasculaires, la structure de ces nodules est caractérisée par de petites cellules lymphoïdes, leurs cytoplasmes n'étant jamais pyroninophiles (fig. 4).

La bronche musculaire (fig. 6) possède une structure classique, avec épithélium cylindrique cilié, extrêmement pauvre en cellules mucipares; les noyaux sont volumineux et en position basale, le chorion et la sous-muqueuse sont pauci-cellulaires, les couches musculaires circulaires et longitudinales bien développées, l'atmosphère péribronchique est laxa, fréquemment accompagnée d'une artère musculaire et d'une veinule.

A la bifurcation des bronches, l'éperon présente le plus souvent des fibres musculaires liesses communes, allant d'une branche à l'autre. L'infiltration lymphoïde de ces zones est bien fréquente (fig. 9).

La bronchiole extralobulaire (fig. 3, 4) s'amincit progressivement, son épithélium cylindrique se tasse au fur et à mesure que la bronchiole pénètre dans le lobule, ou il devient cubique. Les papilles épithéliales sont plus petites à ce niveau, les deux couches cellulaires étant séparées par une mince membrane mucopolysaccharidique (fig. 7). Le cytoplasme épithéliale est finement granulée, les cils persistent jusqu'à la pénétration dans le lobule respiratoire.

La basale bronchiolaire est formée par quelques fibrilles mucopolysaccharidiques anastomosées, parmi lesquelles on trouve quelques cellules mésenchymateuses, des rares fibres élastiques, des granulocytes neutrophiles. L'atmosphère péribronchiolaire est caractérisée le plus souvent par l'accolement de quelques capillaires sanguins entourés par des cellules mésenchymateuses.

La bronchiole intralobulaire est plus mince, l'épithélium est cubique et tend parfois s'aplatir (fig. 8). De place en place entre les cellules épithéliales, apparaissent des espaces où la basale n'est pas couverte par des cellules. La paroi bronchiolaire est musculaire, mince.

b) Les vaisseaux du poumon présentent les structures classiques des mammifères. Les artères et surtout les artérioles sont entoncées par des espaces pluricavitaires, contenant de rares éléments sanguins; sur les limites cellulaires de ces espaces — vrais tampons pendant l'inspiration et l'expiration — s'insèrent les parois lobulaires et alvéolaires (fig. 15).

L'artériole juxtabronchique présente un diamètre variant entre 140—170 microns, en tout les cas plus petit que celui de la bronche musculaire adjacente. La paroi artériolaire possède une structure élastique en plusieurs couches. Entre les limitantes élastiques artériolaires, on observe des éléments allongés simulant le fibroblaste, mais plus probablement des fibres musculaires

lisses, étant donnée l'absence des mucopolysaccharides intracytoplasmiques (fig. 15).

La *métartériole* (fig. 17) fait le passage vers le capillaire pariéto-alvéolaire, à un diamètre moyen de 50—70 microns. Les endothéliums sont deux fois plus rares à ce niveau que les éléments adventiciaux (fig. 4).

La *veinule* (fig. 16, 18, 19) présente des diamètres très variables; les endothéliums sont très aplatis, mais leurs noyaux font saillie dans la lumière du vaisseau. La paroi veinulaire est toujours PAS-positive, relativement mince, les éléments adventiciaux étant plus nombreux dans les zones d'insertion des parois alvéolaires et lobulaires.

c) L'*alvéole pulmonaire* présente des dimensions variables en fonction de la distension. Les petites cellules épithéliales présentent parfois des prolongements hialoplasmiques visibles en microscopie optique (fig. 22). Les pneumocytes granuleux sont eux aussi, visibles dans certaines parois alvéolaires (fig. 18, 22), ainsi que les noyaux des endothéliums des capillaires pariéto-alvéolaires (fig. 23), dont les lumières sont aussi quelquefois distinctes sur certaines coupes (fig. 21). La coloration selon Hotchkiss-McManus-Hale met en évidence, sur les coupes à l'immersion, une structure mucopolysaccharidique fibrillaire ondulée, qui entoure le capillaire et s'insinue parmi les cellules. Parfois on peut observer dans certaines parois alvéolaires de très fines fibres élastique isolées, surtout au niveau du col (fig. 26). Les fibrilles réticuliniques sont mieux répandues dans les parois alvéolaires (fig. 25).

d) La *plèvre* est assez mince, les deux limitantes élastiques étant parfois presque impossible à distinguer. La couche mésothéliale est plus souvent unicellulaire (fig. 20). L'insertion des parois alvéolaires au niveau des structures pleurales est marquée par des agglomérations cellulaires (fig. 20).

DISCUSSION

Bien que les résultats des investigations utilisant la microscopie optique paraissent aujourd'hui de valeur réduite en comparaison avec les moyens plus modernes d'investigation morphologique, pourtant nous croyons non seulement que la microscopie optique peut encore apporter une série de faits d'observation morphologique, mais que dans chaque étude morphologique, la microscopie optique doit précéder les autres investigations.

L'étude de l'appareil respiratoire de *Spalax leucodon*, croyons nous, peut encore bénéficier des possibilités de la microscopie optique et des méthodes histo-chimiques appropriées. Nous commençons cet étude par les structures broncho-pulmonaires qui reflètent, généralement, les conditions spéciales du milieu aérien dans lequel l'animal vit.

À la fin de ces investigations histologiques et histo-chimiques des structures broncho-pulmonaires on peut insister sur deux aspects, l'un prévisible, l'autre supposé et pour cette raison même, spécialement approfondi.

Prévisible, l'identité de l'organisation des structures broncho-pulmonaires chez *Spalax leucodon* avec celles des mammifères en général et des rongeurs en spécial, est bien mise en évidence par nos observations. La connaissance de l'organisation des structures broncho-pulmonaires des rongeurs fréquemment utilisés en laboratoire (le lapin, le cobaye, le rat, la souris, le

hamster) se calque parfaitement sur les observations faites sur *Spalax leucodon*.

Les études d'immuno-morphologie de poumon d'une part, les connaissances relativement récentes concernant le développement des structures immuno-compétentes chez les différents animaux d'expérience d'autre part, ont mis en évidence la corrélation entre l'action postnatale des antigènes et la dynamique du développement des structures réticulo-lymphoïdes et histiocytaires, qui viennent les premières en contact avec les antigènes.

Le chorion des muqueuses bronchiques, premier relai éticulo-lymphoïde qui reçoit les antigènes pénétrant par les voies respiratoires, connaît un développement phasique corrélatif chez le nouveau-né humain et chez les animaux de laboratoire.

Ainsi le nouveau-né humain sain présente un chorion respiratoire très peu développé en tant que cellularisation, mais même dans les premières semaines de vie on voit apparaître un nombre de cellules de plus en plus grand dans le chorion bronchique, cellules qui présentent assez souvent la pyroninophilie des cytoplasmes, réaction histochimique première marquant la différenciation immunogène, l'apparition des ribosomes, la synthèse de l'acide ribonucléique. Les lapins et les cobayes présentent une évolution superposable, le développement du chorion respiratoire, paraissant nettement corrélatif d'une part avec l'âge des animaux, d'autre part avec les conditions du milieu aérien, la pollution de l'air, la présence des antigènes dans l'air respiré.

L'étude des structures broncho-pulmonaires de *Spalax leucodon*, animal qui vit dans un milieu aérien spécial très peu étudié dans ce moment, avait pour nous une valeur spéciale, étant donné qu'elle pouvait confirmer les corrélations observées entre le développement du chorion respiratoire et les propriétés spéciales du milieu aérien.

En effet, nos observations ont mis en évidence au niveau des structures bronchiques un manque de développement des éléments mésenchymateux au niveau du chorion respiratoire et bien plus encore une sous-muqueuse sous-développée du même point de vue, en comparaison avec les autres rongeurs. Même dans les papilles épithélio-mésenchymateuses formées au niveau de certaines bronches musculaires, les éléments cellulaires appartenant à la sous-muqueuse sont assez rares.

Ces observations — dans la lumière des connaissances immuno-morphologiques actuelles — montrent l'étroite corrélation existant entre le milieu pauvre en oxygène et très probablement aussi en antigènes et le sous-développement de la cellularisation du chorion bronchique, bien que l'âge adulte des animaux étudiés permettait pourtant la prévision d'un certain développement.

Ces premières observations histologiques et histochimiques sur les structures broncho-pulmonaires de *Spalax leucodon* devraient être complétées d'une part par l'étude enzymologique et électro-optique et d'autre part par l'analyse microbiologique de l'air des galeries souterraines dans lesquelles vivent ces animaux. Enfin, la création d'un biotope de laboratoire permettrait l'immunisation par aérosols des *Spalax* et l'étude dynamique des structures mésenchymateuses immuno-compétentes de l'appareil respiratoire de *Spalax leucodon*.

CONTRIBUȚII LA MORFOLOGIA APARATULUI RESPIRATOR LA SPALAX LEUCODON

Nota I-a STRUCTURA BRONHO-PULMONARĂ

REZUMAT

Cercetările s-au făcut pe organe colectate de la 20 animale prinse în Dobrogea de Nord (Isaccea) în diferite perioade ale anului.

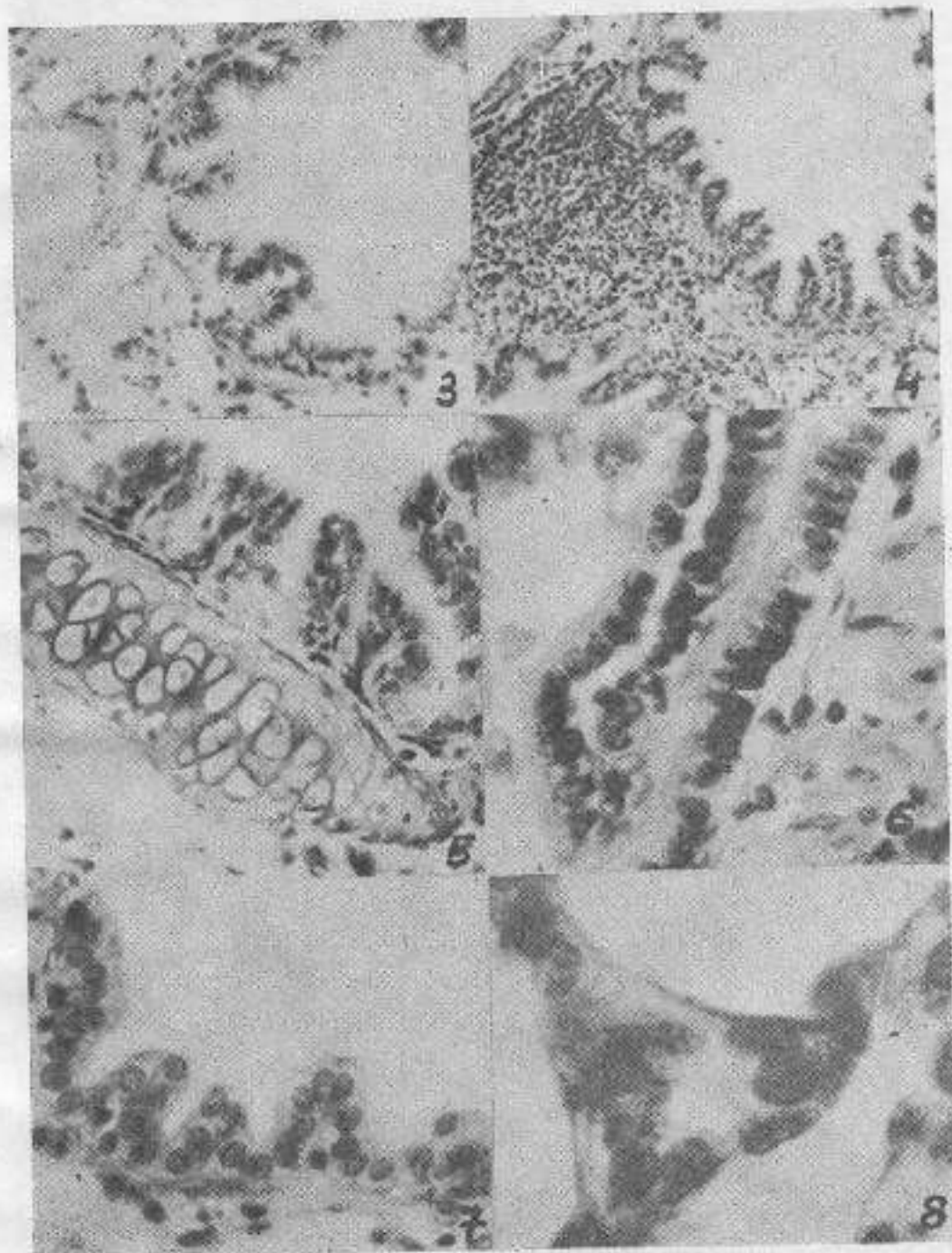
S-a constatat că există identitate între organizarea structurilor bronho-pulmonare la *Spalax leucodon* cu cele ale mamiferelor, în general, și cu cele ale rozătoarelor, în special.

Cercetările noastre pun în evidență o dezvoltare săracă a elementelor mezenchimale la nivelul corionului respirator în comparație cu situația de la alte rozătoare. Deasemeni la nivelul unor bronhii musculare elementele celulare aparținând submucoasei sînt destul de rare.

În lumina cunoștințelor imuno-morfologice actuale, observațiile noastre arată o strînsă legătură între structura celulară sub-dezvoltată a corionului și mediul aerian, sărac în oxigen și foarte probabil și în antigenic, existent în galeriile acestui rozător tipic subteran.

BIBLIOGRAPHIE

1. GEI G. — 1946 — Ortogenese parallela e degenerazione degli organi della vista negli *Spalacidi*. *Monitore Zool. Italiana*, 55, 69—88.
2. GRASSE P. P. — 1955 — *Traité de Zoologie*. Paris, 17, 2.
3. KRATOCHVIL J. — 1964 — Über die männlichen Geschlechtsorgan von *Spalax leucodon* hungaricus. *Acta theriologica*, VIII, 12, 189—206.
4. KRAPP F. — 1965 — Schädel und Kaumuskulatur von *Spalax leucodon*. *Zeit. wissensch. Zool.* 175, 1/2, 1—71.
5. KRAPP F. — 1965 — Beobachtungen an Kaumuskulatur und Schädel von *Spalax leucodon*. *Rev. Suisse Zool.* 72, 3, 604—608.
6. SZUNYGGNY J. — 1940 — Anatomie des *Spalax hungaricus*. Knochen des Rumpfes und der Gliedmassen. *Közlemény (Ungarn)*, 1—30.
7. STERBA C., GEISSEL V. — 1966 — Bulbus oculi der Blindmaus (*Spalax leucodon*) LYNX. 6, 161—164.



- Fig. 3. — Espace interlobulaire avec la bronche musculaire et l'artériole musculaire. (Masson, $\times 100$).
- Fig. 4. — Bronche musculaire et nodule lymphatique juxta-bronchique (Masson, $\times 100$).
- Fig. 5. — Portion de la paroi d'une bronche cartilagineuse: le caractère paucicellulaire de la sous-muqueuse et du chorion bronchique est évident (Masson, $\times 200$).
- Fig. 6. — Parois d'une bronche musculaire: on distingue une papille à épithélium cylindrique, les rares cellules de la sous-muqueuse et la musculature circulaire (Masson, $\times 400$).
- Fig. 7. — Bronchiole extralobulaire à cellules cubiques (Masson, $\times 400$).
- Fig. 8. — Bronchiole mince intralobulaire à cellules cubiques (Masson, $\times 900$).

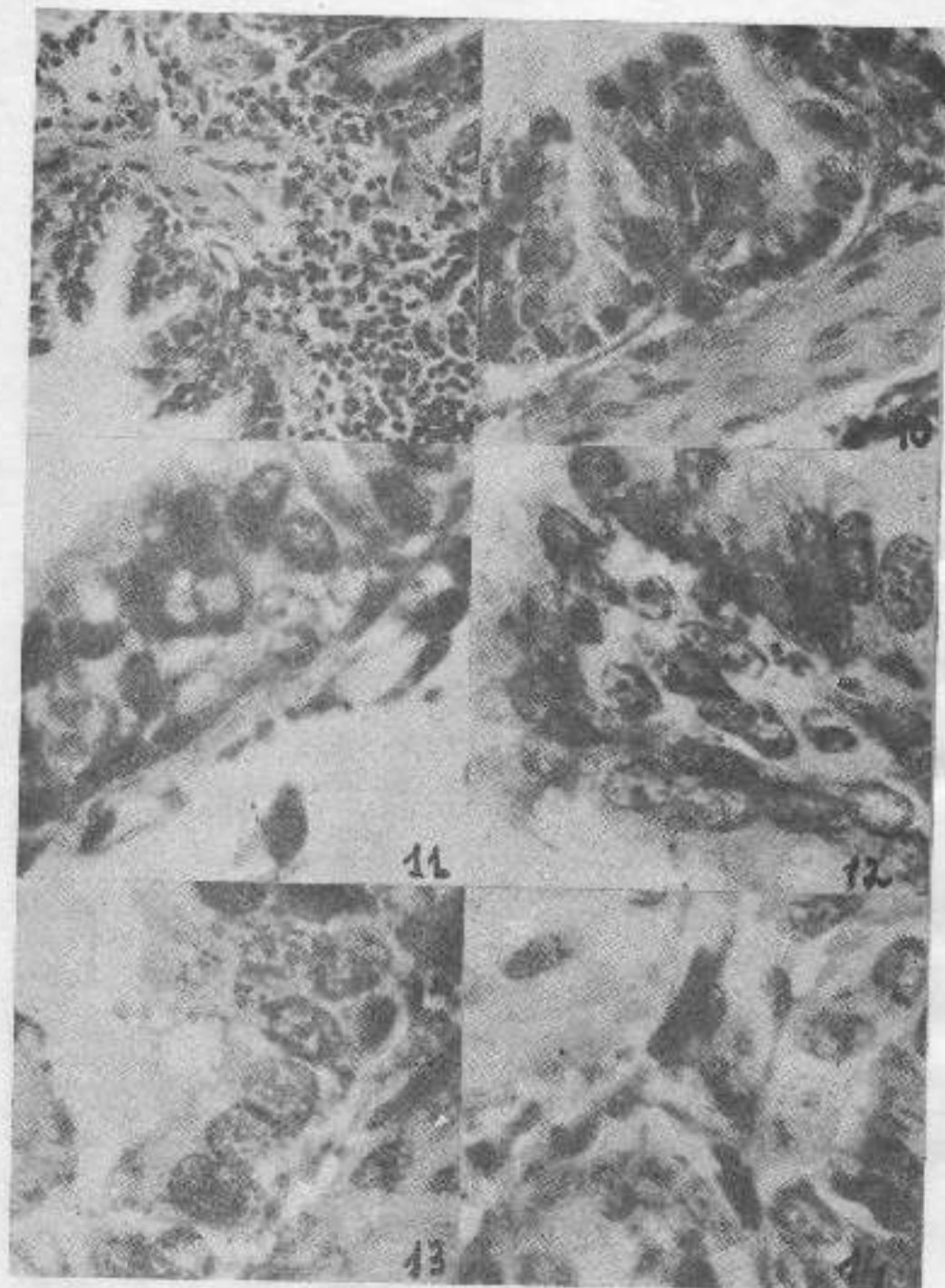


Fig. 9. — Territoire interlobulaire, bifurcation d'une branche musculaire; on observe le passage de fibres musculaires lisses au niveau de l'épéron qui présente une importante masse lymphoïde (Masson, $\times 200$).

Fig. 10. — Structure de la paroi d'une branche musculaire: on observe les fibres musculaires lisses longitudinales, les papilles épithéliales, le très petit nombre de cellules du chorion et de la sous-muqueuse (Masson, $\times 900$).

Fig. 11. — Épithélium cylindrique bronchique: on observe les cellules basses, la membrane basale et les rares cellules mésenchymateuses du chorion et de la sous-muqueuse, qui contient un capillaire (Masson, $\times 900$).

Fig. 12. — Papille épithélio-mésenchymale bronchique: on observe les cellules cylindriques, leur contact avec la membrane basale, les grands éléments mésenchymateux de la sous-muqueuse (Masson, $\times 900$).

Fig. 13. — Cellules cylindriques et mucipares de la muqueuse bronchique, basale mucopolysaccharidique avec masses punctiformes, rares cellules chorionales. (Hotchkiss-McMannus-Hale, $\times 900$).

Fig. 14. — Structures chorionales et de la sous-muqueuse séparées par la basale mucopolysaccharidique (Hotchkiss-McMannus-Hale, $\times 900$).

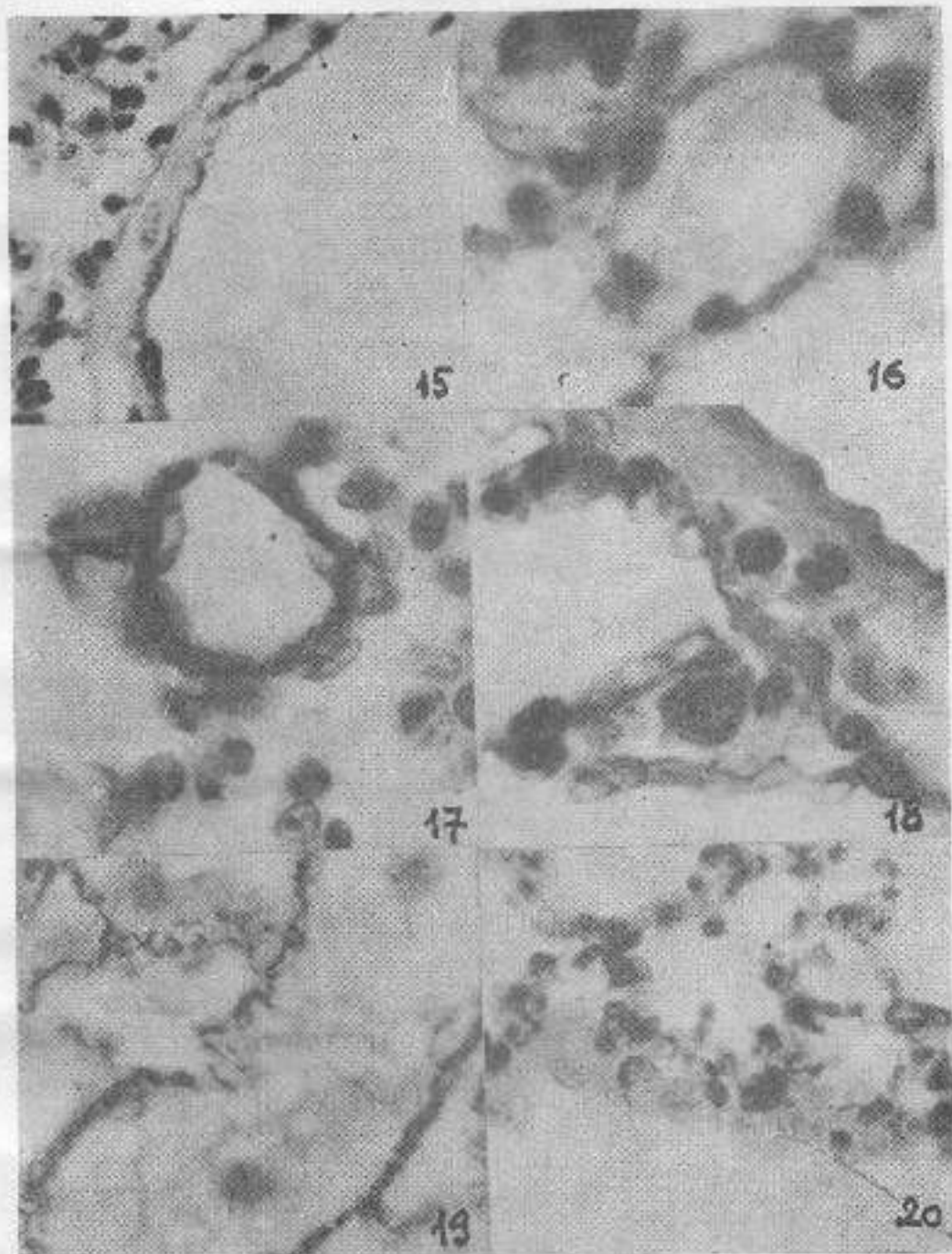


Fig. 15. — Artère musculaire: on voit les deux membranes élastiques entre lesquelles on distingue les noyaux des fibres musculaires lisses, les endothéliums et les petits éléments adventiciaux avec l'insertion des parois lobulaires et alvéolaires (Masson, $\times 400$).

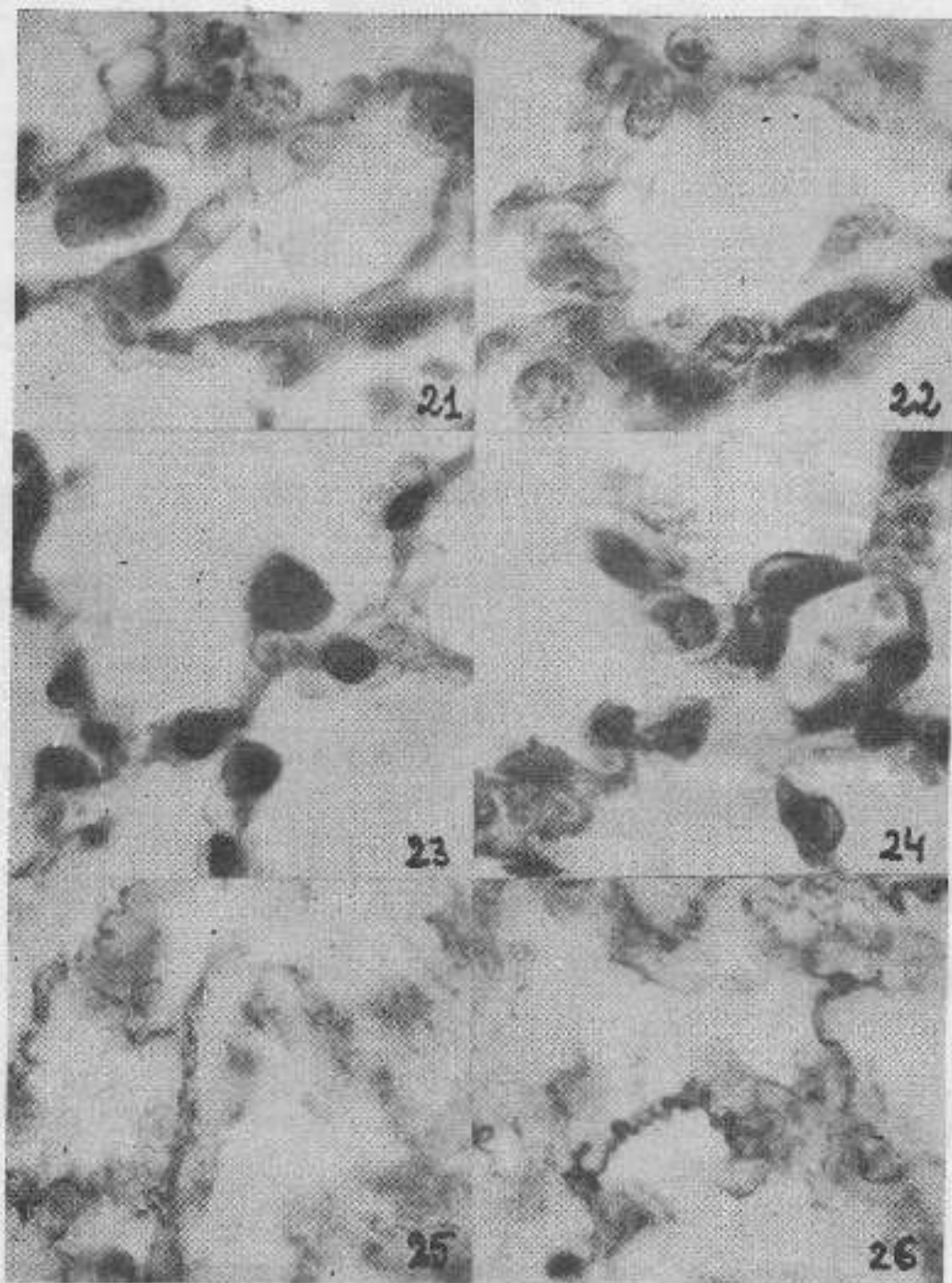
Fig. 16. — Veinule intralobulaire à endothélium et cellules adventicielles présentant des rapports nucléo-plasmatiques augmentés (Masson, $\times 900$).

Fig. 17. — Artériole intralobulaire élastique à endothélium hypertrophiés et grandes cellules adventicielles (Masson, $\times 900$).

Fig. 18. — Septum interlobulaire limitant les alvéoles avec pneumocytes granuleux évidents (Masson, $\times 900$).

Fig. 19. — Structures réticulaires d'une veinule interlobulaire et des parois alvéolaires adjacentes (Gumori, $\times 900$).

Fig. 20. — Plèvre, cellules mésothéliales, insertion des parois alvéolaires (Masson, $\times 400$).



- Fig. 21. — Parois alvéolaire avec capillaire fenestré, bien visible par perméabilité, macrophage alvéolaire (Masson, $\times 900$).
- Fig. 22. — Parois alvéolaire: sont bien visibles les pneumocytes membranoux et granuleux, les macrophages interspaciaux (Masson, $\times 900$).
- Fig. 23. — Noyaux endothéliaux dans les parois alvéolaires (Masson, $\times 900$).
- Fig. 24. — Métartériole avec éléments endothéliaux et adventiciaux hyperchromiques, pneumocytes pariétaux (Masson, $\times 900$).
- Fig. 25. — Structure réticulaire d'un alvéole (Gomori, $\times 900$).
- Fig. 26. — Fibres élastiques de la parois alvéolaires (Hornovski, $\times 900$).