

Irena BAZAN-KUBIK

Involution du thymus des espèces choisies de mammifères

Involucja grasicy wybranych gatunków ssaków

L'involution du thymus est un phénomène universellement connu, son déroulement et ses causes sont pourtant très différenciés. C'est l'involution du thymus, liée avec l'âge, surtout chez les animaux de laboratoire, qui est le mieux connue et le plus souvent décrite dans la littérature. On observait aussi l'involution de cet organe, le plus souvent de courte durée, après laquelle avait lieu sa régénération rapide. L'involution accidentelle peut être causée par les facteurs divers. Une forme intéressante d'involution, relativement peu examinée, paraissant avant tout chez les animaux vivant en liberté, c'est l'involution saisonnière du thymus, étant un processus étroitement lié avec les saisons de l'année. Ce phénomène concerne non seulement les hibernants; il est observé aussi chez les espèces qui ne passent pas l'hiver dans un état d'hibernation.

L'involution du thymus est signalée par les changements de ses dimensions, de la masse et de la structure. Leur déroulement, intensité et durabilité dépendent du genre d'involution et des facteurs qui la provoquent.

MATÉRIEL

L'analyse des processus d'involution a été faite en résultat des examens des thymus d'espèces choisies de mammifères insectivores et de rongeurs vivant dans les conditions naturelles, à savoir: *Sorex araneus*, *Sorex minutus*, *Neomys fodiens*, *Sicista betulina*, *Spermophilus suslicus*, *Arvicola terrestris*, *Clethrionomys glareolus*, *Microtus arvalis*, *Micromys minutus*, *Mus musculus*, *Apodemus agrarius*, *Apodemus flavicollis*. On a examiné les processus d'involution chez les séries d'animaux très nombreux, déterminant l'âge, le sexe et l'état morphologique des gonades.

Dans l'analyse morphologique des thymus on a considéré les traits tels que la masse et la grandeur. La masse est une valeur comparative généralement admise dans les élaborations qui concernent la variabilité du thymus, pareillement que d'autres organes. Vu que les changements des dimensions de la glande examinée ne sont pas moins importants, on a également fait l'analyse de ces changements, avec l'application de diverses méthodes. La plus efficace parmi ces méthodes, à ce qui nous semble, est celle de mesurer les surfaces

des thymus à l'aide de dessins à l'échelle identique et de planimètre. Les deux traits examinés ont été élaborés statistiquement.

On a également fait l'analyse de la structure histologique des thymus, ce qui a permis d'examiner plus attentivement la variabilité involutive de cet organe. D'habitude, les préparations ont été faites de thymus fixés dans le liquide de Bouin ou l'alcool, les coupes ont été colorées par l'hématoxyline et l'éosine.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

C'est un fait généralement connu que le thymus, à partir d'un certain moment, cesse subitement d'évoluer et de grandir, ensuite on observe son involution progressive. Cette involution, d'une manière générale, consiste à la disparition du tissu lymphoépithélial qui est remplacé par le tissu adipeux. L'involution du thymus due à l'âge est plus ou moins avancée, la période de son début et son cours étant variables chez les espèces particulières. Parmi de petits mammifères sauvages, l'exemple de ces changements peut être fourni par les processus de régression présents dans les thymus de certains insectivores et rongeurs.

Chez trois espèces de l'ordre d'insectivores, examinées par l'auteur, à savoir: *Sorex araneus*, *Sorex minutus* et *Neomys fodiens* (4, 9, 5), le thymus des animaux jeunes, après avoir atteint son développement maximum dans les mois d'été, subit l'involution aboutissant à la forme rudimentaire de l'organe, dans laquelle il reste jusqu'à la fin de la vie de l'animal, gardant ses dimensions très petites et sa masse minimum. La structure histologique du thymus rudimentaire démontre une forte régression de l'organe et elle est pareille chez trois représentants examinés de *Soricidae*. Ces glandes se caractérisent par le manque de partie corticale des lobes, le nombre très petit de lymphocytes se groupant le plus souvent au milieu du lobe. On observe un fort rétrécissement du tissu réticulaire et sa stéatose partielle, particulièrement accentuée dans les thymus des individus ayant passé l'hiver. La capsule de l'organe, grossie et à texture dense, contient souvent des cellules adipeuses. On observe l'invasion du tissu conjonctif vers le fond de la glande. Les corpuscules thymiques (de Hassal) apparaissent sporadiquement, parfois manquent. Les processus de régression profonde sont plus distincts dans les thymus des deux espèces de *Sorex* que chez *Neomys*.

L'involution du thymus chez *Soricidae* examinées a lieu toujours dans l'année de naissance des animaux. Avant l'hiver, déjà en novembre, tous les individus possèdent le thymus rudimentaire; ce sont non seulement les animaux nés au printemps ou au début de l'été, mais aussi ceux des portées estivales tardives et automnales précoces. Dans le cas de *Sorex* de premières portées (printanières et estivales précoces), l'involution du thymus est bien

visible à partir de septembre (4), chez *Neomys fodiens* pourtant depuis octobre (5). Ainsi donc, chez les individus nés vers la fin de l'été et au début de l'automne, le processus d'involution due à l'âge passe plus rapidement que chez les individus des portées plus précoces.

L'accélération de l'involution du thymus chez les animaux des portées plus tardives a lieu probablement par suite de conditions défavorables existant dans cette période de l'année. Cela est confirmé par les observations faites chez *Sorex araneus* provenant de l'élevage (4). Chez ces animaux, en novembre, seulement une partie du thymus était rudimentaire, la plupart des individus, indépendamment de l'âge, avaient les glandes à dimensions et à poids assez considérables. Malgré les conditions d'élevage optimales, on n'a pas observé, pareillement que chez *Sorex* vivant en liberté, la régénération du thymus après avoir passé l'hiver par les animaux.

Un pareil déroulement temporel de la diminution de la masse du thymus, lié avec le processus d'involution chez *Sorex araneus*, a été observé par P u c e k (34). Chez *Sorex* des régions polaires (41), les processus d'involution commençaient, à peu près, un mois plus tôt; chez les individus vieux, le thymus n'existe pratiquement pas. Pourtant, les observations des thymus de quelques *Sorex araneus*, faites par S c h a f f e r (36), ainsi que S c h a f f e r et R a b l (37), ont permis à ces auteurs de formuler la supposition que l'involution de ces organes passe très vite et, qu'après la période d'hiver, on observe leur régénération.

Vu qu'il y a une tendance à lier dans le temps le moment du commencement de l'involution du thymus, due à l'âge, avec la période de pubescence des animaux, il faut attirer l'attention sur le déroulement de ce processus chez les insectivores analysés. Dans nos conditions climatiques, *Sorex araneus* et *S. minutus* atteignent leur puberté au printemps dans la deuxième année civile de leur vie après l'hiver; ce n'est que sporadiquement que ces animaux peuvent atteindre la puberté durant l'année de naissance. En comparant les thymus de jeunes individus pubères peu nombreux de *Sorex minutus* avec ceux des individus impubères (9), l'auteur n'a pas constaté l'apparition des différences morphohistologiques significatives de ces organes. De pareilles observations ont été faites chez *Sorex* des régions polaires (40) et chez *Sorex araneus* (33), dans ce dernier cas on n'a même pas constaté d'involution du thymus chez de jeunes femelles en gestation et nourrissantes. La troisième des espèces analysées de mammifères insectivores, *Neomys fodiens*, atteint la période de procréation l'année même de sa naissance, relativement peu après avoir quitté le nid (5). L'involution du thymus de cet animal passe identiquement que chez les deux espèces analysées de *Sorex*, où le thymus dans sa forme rudimen-

taire est observé beaucoup plus tôt, avant que les animaux atteignent leur puberté.

Chez les rongeurs, l'involution du thymus due à l'âge ne cause pas de changements morphohistologiques si profonds que chez les insectivores qui viennent d'être mentionnés ou certaines espèces de mammifères des autres ordres. On peut citer, à titre d'exemple, le déroulement de l'involution due à l'âge du thymus, analysé par l'auteur, chez quelques espèces de rongeurs, à savoir: *Microtus arvalis* (14), *Clethrionomys glareolus* (11), *Arvicola terrestris* (15), *Micromys minutus* (7), *Mus domesticus* (8), *Apodemus flavicollis* (13), *Apodemus agrarius* (16). Très souvent, les glandes ayant subi l'involution, pendant toute la vie de l'animal gardent leurs forme, dimensions et masse relativement assez grandes; cela concerne surtout *Microtus arvalis*, *Apodemus flavicollis* et *Apodemus agrarius* (14, 13, 16). Les changements régressifs de la structure de l'organe sont, eux aussi, moins visibles. Ils se rapportent avant tout à une diminution considérable du nombre des lymphocytes, leur localisation irrégulière et leur densité. On observe souvent le manque de division en substance corticale et médullaire. Cela est accompagné, entre autres, d'une croissance du tissu conjonctif donnant en résultat surtout le grossissement de la capsule qui subit parfois une légère stéatose. Il y a aussi une faible pénétration du tissu adipeux aux éléments réticulaires rétrécis. Les corpuscules thymiques sont présents d'habitude en petite quantité. Les changements séniles dans les thymus des rongeurs analysés se déroulent avec l'intensité diverse chez les espèces particulières. Ils sont les plus faibles, par exemple, dans les thymus de *Micromys minutus* (7), *Mus musculus* (8), *Microtus arvalis* (14), *Arvicola terrestris* (15). Dans le cas de *Clethrionomys glareolus*, dont on a examiné de très grandes séries de matériel capturé pendant quelques années, la différenciation sénile a été plus ou moins intense dans les générations particulières (11). Chez la plupart des rongeurs, le processus d'involution du thymus peut provoquer des changements régressifs plus distincts dans la structure de l'organe. En examinant l'histomorphologie du thymus involutif de *Castor fiber*, Wyrzykowska et Wyrzykowski (43) ont remarqué un déroulement assez net de l'involution de l'organe en question. Entre autres, ils ont observé une importante diminution du nombre des lymphocytes dans la substance corticale, une forte stéatose à intensité diverse dans les lobules particuliers et une disparition graduelle de ces derniers. Le nombre des corpuscules thymiques diminue avec l'âge; chez les individus les plus vieux on ne les a pas du tout observés.

Le thymus des rongeurs examinés, après avoir atteint le développement maximum ayant lieu dans les diverses périodes de la vie des animaux, subit

l'involution due à l'âge qui passe dans le temps divers chez les individus jeunes de la même espèce. La différenciation temporelle du processus en question concerne avant tout les rongeurs sauvages, chez lesquels on observe le phénomène de l'involution du thymus due à l'âge, passant à deux phases, ce qui est lié avec l'involution saisonnière de cet organe.

Ce phénomène est probablement universel chez les rongeurs. L'auteur l'a observé chez les espèces sus-mentionnées de petits rongeurs, et plus précisément chez *Clethrionomys glareolus* (11), *Microtus arvalis* (14), *Apodemus flavicollis* (13) et *Apodemus agrarius* (16), vu que le matériel de recherches dans ce cas était relativement abondant. Le déroulement de l'involution du thymus, due à l'âge de ces espèces, est divers dans les générations particulières. Chez les individus nés au printemps et en été, l'involution totale du thymus a lieu dans la même année civile de la vie de l'animal. Chez les jeunes rongeurs de génération automnale, le thymus subit l'involution saisonnière liée avec la période d'hiver, après laquelle on observe la régénération de l'organe et seulement après il y a une involution de l'organe due à l'âge. L'involution complète a donc lieu dans la période plus avancée de la vie des animaux. Notamment, dans la génération printanière et estivale précoce des rongeurs examinés, l'involution totale du thymus se passe à l'âge d'environ 4 mois, dans celle d'automne — à peu près dans le 10^e mois de la vie. On a analysé (41) le poids relatif du thymus de quelques espèces de rongeurs, surtout en se fondant sur les données fournies (30); on a attiré l'attention sur le fait que, si la différenciation du thymus due à l'âge est accompagnée de sa variabilité saisonnière, les changements de la masse de cet organe chez les individus du même âge mais des générations différentes ont leurs particularités spécifiques.

Les rongeurs sauvages, chez lesquels on a examiné le déroulement de l'involution due à l'âge, atteignent leur puberté relativement tôt. Dans notre climat, les jeunes nés au printemps, se reproduisent en général dans l'année de leur naissance, tandis que les animaux provenant des portées postérieures ont leur procréation au printemps de l'année suivante. Dans la période du fonctionnement actif du thymus chez les individus jeunes nés au printemps et en été, et chez ceux qui ont passé l'hiver, on observe le développement des glandes sexuelles, tandis qu'en automne, en principe, le thymus et les gonades involuent en même temps. Certains auteurs disent que la liaison, parfois admise, de l'involution du thymus avec le développement des organes génitaux n'est pas motivée, et cette opinion, au moins dans ce cas, nous semble donc juste.

Dans la littérature, on traite assez souvent le problème de l'involution du thymus chez les animaux de laboratoire, aussi bien les rongeurs que

les représentants d'autres rangs de mammifères. Cette involution a lieu dans les diverses périodes de leur vie et, par de nombreux auteurs, elle est liée assez souvent, surtout temporellement, avec la période de pubescence des animaux. Le développement de l'involution était souvent examiné en se fondant sur les changements de la masse du thymus, plus rarement sur les images histologiques. La plupart des publications concernaient la définition du début du processus d'involution du thymus et la vitesse de son déroulement; il faut y citer, entre autres, celles de: Andreasen et coll. (1), Baron et coll. (3), Hatai (24), Pora et Toma (32), Reinhardt (35), Smith (39), Wildt et coll. (42).

L'involution saisonnière du thymus est un phénomène plutôt rarement décrit dans la littérature. Cela est sans aucun doute causé par le fait qu'elle existe seulement chez les animaux sauvages. La variabilité saisonnière de l'organe en question, liée avec les périodes de l'année, peut apparaître chez les espèces ne subissant pas l'hibernation et chez les hibernants. Elle est connue non seulement chez les mammifères, mais aussi chez les autres vertébrés. Parmi les mammifères, l'involution saisonnière a été plus largement décrite avant tout par rapport aux rongeurs. Dans tous les cas énumérés, après l'hiver, a lieu une régénération de l'organe.

L'involution saisonnière du thymus a été constatée chez *Clethrionomys glareolus* (11), *Microtus arvalis* (14), *Micromys minutus* (7), *Apodemus flavicollis* (13) et *Apodemus agrarius* (16) passant l'hiver activement. Le thymus de jeunes individus de ces espèces atteint son poids et sa grandeur maximum dans les mois du printemps tardif et de l'été dans le cas de *Clethrionomys glareolus* et *Microtus arvalis*, ou en automne chez *Micromys minutus*, *Apodemus flavicollis* et *Apodemus agrarius*. Après une diminution de ces traits, graduelle et à intensité diverse, elle atteint son minimum en automne tardif et surtout en hiver. Chez les jeunes rongeurs, l'involution d'hiver concerne surtout les thymus des individus de la génération automnale. L'involution liée avec la période de l'automne tardif et de l'hiver est certes causée par l'aggravation des conditions d'existence et l'arrêt du développement des animaux, ce développement, comme on le sait, freiné en automne, recommence au printemps.

La régénération du thymus chez les rongeurs examinés a lieu au printemps, le plus souvent en avril. Le début de ce processus subit les changements entre les espèces, et dans les limites d'une seule espèce le déroulement de ce phénomène est divers dans les années particulières de capture. D'habitude c'est en mai que les thymus atteignent déjà les dimensions et les poids importants. Quant à *Microtus arvalis*, les traits en question démontrent les valeurs les plus grandes dans tout le cycle annuel (14).

La structure histologique du thymus des rongeurs examinés dans la période de son involution hivernale se caractérise par le faible effacement des limites entre la substance corticale et médullaire, plus rarement par le manque de cette distinction, comme p. ex. chez *Clethrionomys glareolus* dans certaines années. On observe le nombre des lymphocytes diminué, ce qui provoque un dessin plus net des éléments réticulaires. Le thymus involutif a une capsule un peu grossie, un nombre minimum de cloisons de tissu conjonctif et une vascularisation plus faible. En hiver également le nombre de corpuscules thymiques est moindre (chez *Micromys minutus* atteignant son minimum). Ces corpuscules peuvent avoir les dimensions différenciées chez les divers individus de la même espèce, comme p. ex. chez *Microtus arvalis*. Dans le thymus de *Clethrionomys glareolus*, les changements structuraux sus-mentionnés se dessinent plus faiblement dans l'année d'apparition en masse de ces animaux.

Les changements saisonniers du thymus de diverses espèces de mammifères non hivernants étaient aussi l'objet de quelques publications. On a attiré l'attention (30) sur le fait que, chez certains rongeurs, à partir de la saison de printemps, on observe une augmentation continue du poids du thymus, ce qui dure jusqu'à juillet, et ensuite vient la diminution graduelle de cette valeur, dont le minimum tombe dans la période d'hiver. On a signalé (41) que, dans les régions polaires, l'involution automnale du thymus commence beaucoup plus tôt. Ces observations ont été faites lors de l'analyse de cet organe chez *Lemmus lemmus*. La régénération de la glande chez certaines *Microtidae* a lieu en mars et en avril, car dans ce temps-là le thymus atteint son poids relatif maximum. Sealander et Bicketstaff (38) examinaient les changements du poids relatif du thymus et des autres organes, liés avec les saisons de l'année, chez *Clethrionomys rutilus* d'Alaska. Selon les auteurs cités, le poids relatif du thymus est le plus grand en mars, ensuite il diminue, tandis qu'en été et en automne il démontre une faible augmentation. Ce phénomène n'a pas été envisagé dans son aspect lié avec l'âge. Dans la saison d'hiver, chez les animaux examinés a eu lieu l'arrêt de la croissance et du poids du corps. Les changements saisonniers de l'index du thymus de cette espèce capturée sur les terrains à climat modéré (30), démontrent les valeurs maximums de l'indice examiné dans la période de l'été tardif et de l'automne. Parmi les insectivores non hibernants, la variabilité saisonnière du thymus a été aperçue chez *Talpa europaea* (36, 37). Dans la période d'hiver, on observait chez ces animaux l'involution du thymus, tandis qu'au printemps, au début de mars, ces organes étaient en pleine régénération, mais n'ont pas encore atteint les dimensions si grandes que dans la période d'été. On a examiné (23) le thymus du représentant de *La-*

gomorpha, *Ochotona pusilla* et on a signalé que la diminution automnale de la masse de l'organe indique l'involution saisonnière. Au début du printemps, au moment de la sortie des animaux de dessous de la neige, les thymus de tous les individus étaient petits, ensuite ils augmentaient. L'intensité des changements régénératifs du thymus de l'espèce examinée est très grande, mieux visible que chez les rongeurs.

Dans la littérature, on ne fait presque pas mention de l'apparition de l'involution saisonnière du thymus chez les grands mammifères. Seulement Browman et Sears (17) ont constaté sa présence et l'ont examinée attentivement chez *Odocoileus hemionus* (*Cervidae*). En hiver, les thymus de tous les individus, indépendamment de l'âge des animaux, avaient des dimensions identiques. Au printemps, on observait une brusque croissance de cet organe aussi bien chez les animaux âgés d'un an que chez les adultes.

La variabilité saisonnière du thymus, observée chez les hibernants, a été objet de quelques analyses, plus approfondies mais peu nombreuses, portant seulement sur certaines espèces de mammifères. C'est pourtant depuis le siècle dernier qu'on s'intéresse à cet organe chez les mammifères hibernants. L'examen de la littérature de cette période a été fait avant tout par Coninx-Girardet (18) et Arvy (2). Cette dernière attire l'attention sur le fait que cet intérêt a été éveillé certes par les descriptions divergentes de cet organe, présentées par les divers chercheurs. Cela résultait souvent du fait de considérer supplémentaires, en tant que le thymus, les lobes du tissu adipeux brun formant la partie thoracique de la glande d'hibernation.

L'auteur a élaboré d'une façon plus large le problème du thymus chez deux espèces hibernantes parmi de petits rongeurs, à savoir *Sicista betulina* et *Spermophilus suslicus* (6, 10). Une localisation différente du tissu adipeux brun, présent à côté du thymus chez les mammifères cités, a permis d'appliquer les diverses méthodes d'analyse des changements saisonniers de l'organe en question. Chez *Sicista betulina*, grâce à ce que le tissu adipeux est visible en petite quantité dans le médiastin antérieur et se laisse facilement isoler du thymus, outre l'analyse histologique de ce dernier, on a pu faire les observations supplémentaires des changements de sa masse. Chez *Spermophilus suslicus*, la séparation du tissu adipeux est très difficile (10, 12), on a donc fait seulement l'examen des coupes de thymus. Malheureusement, dans les deux cas, on n'avait pas à sa disposition le matériel de la période du sommeil, car il est pratiquement impossible de retrouver les endroits d'hibernation, surtout si l'on prend en considération le fait que ces espèces sont peu nombreuses en Pologne.

Après le réveil des animaux, le plus souvent en avril, le thymus de *Sicista betulina* (6) subit une régénération. La masse de l'organe se maintient

ensuite au niveau pareil en mai et en juin, tandis qu'en juillet on observe sa croissance rapide et considérable. Dans les autres mois, jusqu'à la période d'hibernation, la masse de la glande démontre une faible diminution. Il semble que l'étendue de variabilité individuelle de la masse du thymus chez *Sicista betulina* soit moindre que chez les autres rongeurs. L'analyse histologique de cet organe de l'animal examiné confirme l'apparition des changements saisonniers distincts, se déroulant identiquement chez tous les individus indépendamment de l'âge des animaux. Il faut souligner que cette espèce vit environ 40 mois, donc beaucoup plus longtemps que les autres petits rongeurs non hibernants (28). Cependant, les processus liés avec l'involution due à l'âge du thymus manquent. Même chez les individus les plus vieux, le thymus garde une structure presque identique que celle qui caractérise les glandes de jeunes individus de *Sicista betulina*.

Dans le cas de *Spermophilus suslicus* (10), les thymus des animaux capturés immédiatement après le réveil (deuxième moitié de mars) démontraient une forte involution de la structure histologique. Deux lobules, très petits et souvent allongés, entourés de capsule fibreuse épaisse, avaient une structure rétrécie, où l'on observait avant tout un tissu conjonctif interlobulaire abondant, des lymphocytes peu nombreux se groupant souvent en agglomérations en forme de bandelette ou de boule, des corpuscules thymiques en petites quantités ou manquant. Dans toutes les glandes il y avait des infiltrations adipeuses plus ou moins intenses. Vers la moitié d'avril, avait lieu une régénération très rapide du thymus. A la fin d'avril et en mai, on pouvait voir des thymus à grandes dimensions, dont la structure rappelait les images observées dans la période de l'été. Dans la saison d'été, indépendamment de l'âge de l'animal, le thymus atteint le stade de son développement culminant, ses dimensions sont alors les plus grandes et le caractère de la structure histologique le plus actif. En automne, on observe une atropie graduelle de la glande. L'involution saisonnière du thymus de *Spermophilus suslicus* se passe chez les individus jeunes, adultes et vieux sans aucune différenciation significative. Ce thymus garde pleinement sa structure active durant toute la vie de l'animal, car il n'y a pas de changements liés avec l'involution de cet organe due à l'âge.

Examinant les organes endocrines de *Spermophilus tridecemlineatus* dans la période d'hibernation, Mann (29) a remarqué que la présence des corpuscules de Hassal est observée chez très peu d'animaux examinés. Le thymus de *Marmota marmota* sauvage et d'élevage a également intéressé quelques auteurs (18-22). Chez cette espèce, on a constaté la variabilité saisonnière de la structure de l'organe examiné. Elle ne diffère pas essentiellement de la structure histologique du thymus de *Spermophilus suslicus* dans les saisons

particulières de l'année. L'involution saisonnière du thymus a été observée aussi chez *Erinaceus europaeus* qui, comme on le sait, est un mammifère insectivore hibernant. Ces observations ont été faites par quelques auteurs (25, 31, 37). La structure morphohistologique de l'organe de cette espèce est pareille que chez les rongeurs sus-mentionnés. Il y a aussi des changements du nombre des corpuscules de Hassal dans les saisons particulières; on soulignait le manque de stéatose distincte de l'organe. On n'observait pas d'involution sénile de la glande. Selon Peter (31), le développement maximum du thymus chez *Erinaceus europaeus* tombe dans la période d'été et d'automne précoce chez les individus de l'âge divers.

L'involution accidentelle du thymus est un phénomène connu, étant très souvent l'objet d'intérêt des chercheurs. En principe, cette involution est une réaction très rapide de la glande aux divers facteurs, avant tout ceux que l'on considère généralement comme provoquant le stress. Ils peuvent avoir un caractère divers (biologique, physique, chimique ou autre). Dans la plupart des cas, ce sont les animaux de laboratoire qui font l'objet de recherches sur l'involution accidentelle du thymus, provoquée expérimentalement. Les publications plus nombreuses concernent l'involution accidentelle causée, par exemple, par la faim, le choc, l'effort physique, l'action des rayons de Roentgen et l'application des hormones. Dans le cas de ces derniers, la réaction du thymus dépend de la sorte d'hormone appliqué, de sa dose, de la façon d'introduction à l'organisme et de l'espèce d'animal. L'action de tous les facteurs énumérés, le plus souvent de courte durée, cause les changements de la structure histologique du thymus, ainsi que la diminution de la masse et des dimensions de l'organe examiné. Ces processus sont réversibles et, dans les conditions optimales, peut avoir lieu une régénération totale de la glande.

Il faut supposer que, chez les mammifères sauvages vivant dans les conditions naturelles, les facteurs provoquant l'involution accidentelle du thymus puissent être tels que, par exemple, la mue dont l'influence a été observée chez *Neomys fodiens* (5) ou la léthargie qui arrive souvent dans la période de la vie active chez *Sicista betulina* lors d'une aggravation brusque des conditions de l'environnement (6). L'auteur a observé la diminution de la masse et, dans un degré moindre, des dimensions du thymus, ainsi que de faibles changements dans sa structure chez les femelles en gestation, surtout dans la période postérieure, ce qui concerne également les femelles nourissantes chez certaines espèces examinées (5, 11, 13, 14, 16). Chez *Apodemus agrarius* (16), cela concernait avant tout les femelles plus jeunes. Les changements pareils ont été observés, entre autres, par Ito Hoshino (26) et Jolly et Lieure (27). Chez la plupart des *Micromammalia*,

même les conditions climatiques mauvaises de courte durée et le déficit de nourriture sont probablement les facteurs les plus fréquents qui causent le phénomène envisagé. Broman et Sears (17) y ont attiré l'attention aussi relativement aux grands mammifères.

RÉFÉRENCES

1. Andreasen E., Engberg H., Ottesen J.: Sex difference in the size of the thymus in guinea-pigs. *Acta Anat.* 1, 4-14 (1945/1946).
2. Arvy L.: Le thymus des Mammifères. [dans:] *Traité de Zoologie*. XVI(V)II, Masson et C^{ie} éd., Paris 1973, 418-604.
3. Baron R., Vezinhet A., Cantier J.: Allométrie de croissance chez le lapin. II. Thymus. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 10, 535-547 (1970).
4. Bazan I.: Zmiany morfohistologiczne grasicy u *Sorex araneus* L. w cyklu życiowym. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C* 7, 253-304 (1953).
5. Bazan I.: Untersuchungen über Veränderlichkeit des Geschlechtsapparates und der Thymus der Wasserspitzmaus (*Neomys fodiens* Schreb.) *Ann. Univ. Mariae-Skłodowska, sectio C* 9, 213-259 (1955).
6. Bazan-Kubik K.: Untersuchungen über die Thymusdrüse der Birkenmaus (*Sicista betulina* Pallas). *Acta theriol.* 2, 83-106 (1958).
7. Bazan-Kubik I.: Variations in the thymus gland of the harvest mouse, *Micromys minutus* (Pallas 1771). *Fragm. Acta theriol.* 4, 285-287 (1961).
8. Bazan-Kubik I.: Morphohistological changes in some organs of *Mus musculus* Linnaeus 1758 from a coal mine. *Acta theriol.* 5, 99-113 (1961).
9. Bazan-Kubik I.: Thymus de la musaraigne pygmée (*Sorex minutus* L.). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C* 28, 291-300 (1973).
10. Bazan-Kubik I.: Les changements saisonniers du thymus chez le souslik tacheté (*Citellus suslicus* Gueld.). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C* 29, 139-146 (1974).
11. Bazan-Kubik I.: Badania morfohistologiczne grasicy nornicy rudej (*Clethrionomys glareolus* Schreb.) z uwzględnieniem wybranych gatunków owadożernych i gryzoni. Wydawn. UMCS. Lublin 1978.
12. Bazan-Kubik I.: Topographie et morphologie du thymus des mammifères. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C* 46, 133-140 (1991).
13. Bazan-Kubik I., Karpowicz M. J.: Zmienność morfohistologiczna grasicy *Apodemus flavicollis* (Melchior, 1834). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C* 24, 239-253 (1969).
14. Bazan-Kubik I., Napiórkowska E.: Variabilité du thymus du campagnol des champs (*Microtus arvalis* Pall.). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C* 33, 393-404 (1978).
15. Bazan-Kubik I., Orfin G.: Analyse morphohistologique du thymus chez *Arvicola terrestris* L. dans le cycle vital. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C* 45, 27-43 (1990).
16. Bazan-Kubik I., Skrzypiec Z.: Recherches morphohistologiques sur le thymus chez *Apodemus agrarius* Pall. dans le cycle vital. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C* 47, 55-73 (1992).

17. Browman L. G., Sears H. S.: Cyclic variation in the muledeer thymus. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. **93**, 161-164 (1956).
18. Coninx-Girardet B.: Beiträge zur Kenntnis innersekretorischer Organe des Murmeltieres (*Arctomys marmotta* L.) und ihrer Beziehungen zum Problem des Winterschlafes. Acta Zool. Stockh. **8**, 161-224 (1927).
19. Galletti G., Cavallari A.: The thymus of marmots: spontaneous natural seasonal thymectomy? Acta Anat. **83**, 593-605 (1972).
20. Galletti G., Cavallari A., Mavrulis A.: Osservazione sul timo di Marmotte prime, durante e dopo il letargo invernale. Boll. Soc. ital. Biol. sper. **42**, 1969-1970 (1966).
21. Galletti G., Manzoli F. A.: Aspetti sulla struttura del timo in Marmotte ibernati. Arch. ital. Anat. Embr. **84**, 710 (1968).
22. Galletti G., Mavrulis A., Cavallari A.: Osservazione sul timo di Marmotte mantenute attive in autunno ed inverno. Boll. Soc. ital. Biol. sper. **43**, 84-85 (1967).
23. Гашев Н. С.: О развитии тымуса северной пищухи уральской популяции. Труды Инст. Биол. Всесоюз. Совещ. Урал. Филиала Акад. Наук СССР **15**, 223-227 (1966).
24. Hatai S.: On the weight of the thymus gland of the albino rat (*Mus norvegicus albinus*) according to age. Amer. Jour. Anat. **16**, 152-157 (1914).
25. Hoepke H., Peter H.: Das Verhalten des Igelthymus bei saurer und basischer Ernährung. Zeit. Mikr. Anat. Forsch. **39**, 263-314 (1936).
26. Ito T., Hoshino T.: Studies of the influences of pregnancy and lactation on the thymus in the mouse. Zeit. Zellf. **57**, 667-678 (1962).
27. Jolly J., Lieure C.: Influence de la gestation sur le thymus. C. R. Soc. Biol. **103**, 451-454 (1930).
28. Kubik J.: Badania nad morfologią i biologią smużki (*Sicista betulina* Pall.) z Białowieckiego Parku Narodowego. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C **7**, 1-63 (1952).
29. Mann F. C.: The ductless glands and hibernation. Am. J. Physiol. **41**, 173-188 (1916).
30. Оленев В. Г.: Сезонные и возрастные изменения зубной железы у грызунов. Всесоюз. Совещ. по млекопитающим. МГУ, Москва 1961, 65-66.
31. Peter H.: Das histologische Bild des Igelthymus im jahreszeitlichen Zyklus. Z. Anat. Entw. Gesch. **104**, 294-326 (1935).
32. Pora E. A., Toma V.: L'involution normale et accidentelle du thymus. Ann. Endoc. Fr. **30**, 519-531 (1969).
33. Pucek Z.: Sexual maturation and variability of the reproductive system in young shrews (*Sorex* L.) in the first calendar year of life. Acta theriol. **3**, 269-296 (1960).
34. Pucek Z.: Seasonal and age changes in the weight of internal organs of shrews. Acta theriol. **10**, 369-438 (1965).
35. Reinhardt W. O.: Growth of lymph nodes, thymus and spleen and output of thoracic ductus lymphocytes in the normal rat. Anat. Rec. **94**, 197-211 (1946).
36. Schaffer J.: Über die Thymus von *Talpa* und *Sorex*. Zbl. Physiol. **20**, 582-583 (1906).
37. Schaffer J., Rabl H.: Das thyreo-thymische System des Maulwurfs und der Spitzmaus. Sitz. Math.-Naturwiss. Akad. Wiss. **117**, 289-294, 551-659 (1908), **118**, 217-263, 542-628 (1909).

38. Sealander J. A., Bisketstaff L. K.: Seasonal changes in reticulocyte number and in relative weights of the spleen, thymus and kidneys in the northern red-backed mouse. *Canad. Jour. Zool.* **45**, 253–260 (1967).
39. Smith C.: Studies on the thymus of the mammals. VIII. Intrathymic lymphatic vessels. *Anat. Rec.* **122**, 173–179 (1955).
40. Шварц С. С.: Некоторые вопросы проблемы вида у наземных позвоночных животных. АН СССР, Труды Инст. Биол. Урал. Филиал. **11**, 1–132 (1959).
41. Шварц С. С., Смирнов В. С., Добрынский Л. Н.: Методы морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. АН СССР, Урал. Филиал **58**, 214–215, 315–319 (1968).
42. Wildt S., Sykora I., Hradil F.: Veränderungen des Körpers und Organgewichtes des Wistarratte während der postnatalen Entwicklung. III. Thymus, Nieren, Uterus, Hoden. *Zeit. Versuchstierk.* **8**, 357–371 (1966).
43. Wyrzykowska K., Wyrzykowski Z.: Histomorfologia inwolucyjnej grasicy bobra europejskiego (*Castor fiber* L. 1578). *Zesz. Nauk. ART Olsztyn, Weterynaria* **10**, 85–95 (1978).

STRESZCZENIE

Badano różne formy uwstecznienia grasicy (wiekową, sezonową i akcydentalną) oraz ich przebieg i zróżnicowanie. Stosunkowo słabo poznane jest sezonowe uwstecznienie badanego narządu, występujące nie tylko u hibernantów. Badano przebieg procesów inwolucyjnych, a także regeneracyjnych zachodzących w grasicy wybranych gatunków ssaków owadożernych i gryzoni żyjących w warunkach naturalnych: *Sorex araneus*, *Sorex minutus*, *Neomys fodiens*, *Sicista betulina*, *Spermophilus suslicus*, *Arvicola terrestris*, *Clethrionomys glareolus*, *Microtus arvalis*, *Micromys minutus*, *Mus musculus*, *Apodemus agrarius* i *Apodemus flavicollis*. Procesy te obserwowano na dużych liczebnościowo seriach zwierząt. Analizę morfologiczną grasicy przeprowadzono na podstawie dwu cech: masy i wielkości, ponadto prześledzono zmiany budowy histologicznej narządu.

U gatunków ssaków owadożernych grasicą zwierząt młodych po osiągnięciu maksymalnego rozwoju podlega wyraźnemu uwstecznięciu. Narząd ten w postaci szczątkowej pozostaje do końca życia i nie podlega regeneracji. Proces ten przebiega zawsze w roku urodzenia zwierząt. Przed zimą, najczęściej w listopadzie, wszystkie osobniki tych gatunków, niezależnie od tego, w jakim okresie roku się urodziły, mają już grasicę głęboko uwsteczniłą. W związku z tym u ryjówkowatych urodzonych w końcu lata i na początku jesieni proces inwolucji wiekowej przebiega szybciej niż u osobników z wcześniejszych miotów. Ryjówki dojrzewają płciowo zwykle w drugim roku kalendarzowym życia, po przeziemowaniu, natomiast rzęsorki rozmnażają się w roku swego urodzenia. Inwolucja grasicy u gatunków owadożernych przebiega identycznie, tak więc u ryjówek grasicą występuje już w postaci szczątkowej znacznie wcześniej, tzn. przed osiągnięciem dojrzałości płciowej.

U gryzoni inwolucja wiekowa grasicy nie powoduje tak głębokich zmian morfohistologicznych jak u omawianych owadożernych. Procesy starcze w grasicach analizowanych gryzoni przebiegają różnie u poszczególnych gatunków i mają zmienne nasilenie w różnych rocznikach. Najślabiej zaakcentowane są w grasicach badylarek, myszy domowych, polników zwyczajnych i karczowników. Stwierdzono, że u wszystkich badanych gatunków gryzoni inwolucja wiekowa przebiega w różnym tempie u osobników tego samego gatunku. U zwierząt urodzonych wiosną lub latem pełne uwstecznięcie grasicy następuje w tym samym roku kalendarzowym. Natomiast grasicą młodych gryzoni generacji jesiennej podlega

inwolucji sezonowej, związanej z okresem zimowym, po której następuje regeneracja narządu, po niej dopiero obserwuje się stopniowe uwstecznienie wiekowe grasicy. Występuje więc dwufazowość inwolucji wiekowej grasicy, związana z zaistnieniem inwolucji sezonowej tego narządu. W okresie aktywnego funkcjonowania grasicy zarówno u osobników wiosenno-letnich, jak i u przezimków następuje rozwój gruczołów płciowych, natomiast jesienią przeważnie grasicca i gonady inwolują równocześnie.

Okres zimowy powoduje zjawisko inwolucji sezonowej grasicy, po której u wszystkich badanych gryzoni obserwowano szybką jej regenerację. Uwstecznienie zimowe jest bardziej zaakcentowane w grasicach hibernantów niż u gryzoni nie zapadających w sen zimowy. Początek procesów regeneracyjnych podlega zmianom międzygatunkowym, a w obrębie jednego gatunku przebieg tego zjawiska jest różny w poszczególnych latach odłowu.

Analizowano zmiany sezonowe grasicy u dwu gatunków hibernantów (smużki i susła perełkowanego). Stwierdzono, że u obu badanych gatunków brak jest procesów związanych z inwolucją wiekową grasicy. Natomiast u najstarszych osobników zachowuje ona prawie taką samą aktywną budowę, jaka cechuje gruczoły młodych zwierząt.

Inwolucja akcydentalna grasicy, występująca u ssaków dzikich żyjących w warunkach naturalnych, jest zjawiskiem krótkotrwałym związanym najczęściej ze złymi warunkami klimatycznymi i niedoborem pożywienia, co przejawia się na przykład zapadaniem w letarg przy raptownym pogorszeniu się warunków otoczenia (smużka). Czynnikiem wywołującym niewielkie uwstecznienie akcydentalne u badanych zwierząt jest linka (rzęsorek), a u większości gatunków cięża, szczególnie w jej późniejszym okresie, oraz karmienie młodych.