

DOI: <https://doi.org/10.28942/atuaj.v5i1y2025.114>

EV ÖRDƏKLƏRİNİN ONURĞA BEYNİNİN QİŞA ELEMENTLƏRİNİN HİSTOTOPOQRAFIYASI VƏ QURULUŞ XÜSUSİYYƏTLƏRİ. İŞIQ VƏ ELEKTRON MİKROSKOPİK TƏDQİQAT

¹Qasımov E.K., ¹Hüseynova Ş.Ə., ²Rzayev F.H., ¹Yıldırım L.E.¹Azərbaycan Tibb Universitetinin Sitologiya, Embriologiya və Histologiya kafedrası²Elmi Araşdırmalar Mərkəzinin Elektron Mikroskopiya şöbəsiE-mail: fuad.rzayev@amu.edu.az

Xülasə

İnsan orqanizminin müxtəlif sistem və orqanlarına xas olan əlamətlərin müəyyən olunmasının mühüm istiqamətlərindən biri, müasir metodların köməkliliyi ilə onların filogenezin müxtəlif mərhələlərinə aid onurğalılarda öyrənilməsidir. Tədqiqat işinin məqsədi ev ördəklərinin onurğa beyni qışalarının histoloji və ultrastruktur səviyyələrdə tədqiqidir. Tədqiqat ev ördəklərindən qışalarla birlikdə götürülmüş onurğa beyin ağ maddəsi tikələri üzərində aparılmışdır. Götürülmüş tikələrdən elektron mikroskopiyada qəbul olunmuş protokollar üzrə Araldit-Epon blokları, onlardan isə ultratomda yarım- və ultranazik kəsiklər alınıb müvafiq olaraq işıq və elektron mikroskoplarında baxılaraq şəkilləri çəkilmişdir. Strukturların morfometrik parametrləri təsvirin analizi kompyuter proqramı vasitəsilə müəyyən edilmişdir. Öldə olunan məlumatlar göstərir ki, ev ördəklərində sərt qışanın məməlilərdən kəskin fərqi onların təşkilində uzunluqları mikrometrlərlə, köndələn ölçüləri isə 313,9-989,7 nm (626,0±16,71 nm) olan elastiki liflərin aşkar olunmasıdır. Elastiki liflərin iştirakı ilə formalaşan pəncərəli elastiki zar elementləri arasında müxtəlif istiqamətdə yerləşən kollagen lifi səfhələri yerləşirlər. Sərt qışanın tərkibində hüddudi hüceyrə qatının və subdural boşluğun mövcudluğu ultrastruktur olaraq təzki edilmişdir. Onurğa beyni qışalarının dişli bağlarının histotopoqrafiyasına, hüceyrəvi və fibrilyar elementlərin tərkibinə görə onurğa beyninin yumşaq qışasından yox, sərt qışadan başladığı müəyyən edilmişdir. Hörumçəktorunabənzər qışanın hüceyrəvi sədd qatı ilə tor qatı arasında sərhəd leptomeningeal hüceyrələrinin

plazmalemmaları və onların arasında yerləşən bazal səfənin bir-birinə sıx yerləşmələri nəticəsində formalaşan nazik osmiofil zolaq təşkil edir. Ev ördəklərində sərt qışa və dişli bağların təşkilində pəncərəli elastiki zarla birlikdə sərbəst elastiki liflərin aşkar olunması uçuş zamanı yaranan təziq fərqi və onurğa beynin vəziyyətinin kəskin dəyişməsinin qarşısını ala bilər.

Açar sözlər: *ev ördəyi; onurğa beyni; qışalar; leptomeningeal hüceyrələr; dişli bağlar; pəncərəli elastiki zar; elektron mikroskop.*

GİRİŞ

Sinir sisteminin müqayisəli anatomiyasının müasir metodların köməkliyi ilə tədqiqi beyin və onurğa beyninin strukturlarının funksiyaları, inkişaf və təkamül (adaptasiya) prosesləri haqqında yeni məlumatlar verməklə yanaşı, yalnız insan beyninə məxsus xüsusiyyətlərin aşkar olunmasında mühüm əhəmiyyətə malikdirlər [1, 2].

İstər mərkəzi, istərsə də periferik sinir sisteminin tərkibinə daxil olan demək olar ki, bütün strukturları birləşdirən ümumi cəhətlərdən biri onların quruluşca bir-birlərindən fərqlənən qışa elementləri ilə əhatə olunmalarıdır. Əldə olunan son məlumatlara görə beyin qışaları örtük funksiya ilə yanaşı, beyin-onurğa beyni mayesinin cərəyanında [3, 4], sinir elementlərinin histogenezi və onların normal fəaliyyəti üçün vacib olan interstisial mühitin tərkibinin sabit saxlanılmasında bilavasitə və sintez etdikləri bioloji aktiv maddələrin vasitəsilə iştirakları haqqında lazımi dərəcədə müasir məlumatlar alınmışdır [5, 6, 7]. İnsanın onurğa beynini örtən sərt və hörumçəktorunabənzər qışalarının elektron mikroskopik tədqiqi zamanı ilk dəfə olaraq hörumçəktorunabənzər qışanın xarici sədd və daxili tor qatından təşkil olunduğu qeyd edilmişdir [8]. Sədd qatları, aralarında kollagen liflərinin olmaması, bir-biri ilə sıx yerləşmiş, çoxlu miqdarda sıx əlaqələr vasitəsilə birləşmiş

və tor qatdan fasiləli bazal səfhə ilə ayrılmaları ilə xarakterizə olunurlar.

Mövcud ədəbiyyat materiallarında (istər dünyanın inkişaf etdiyi ölkələrində dərc olunmuş dərslik və monoqrafiyalarda, istərsə

də tədqiqat xarakterli məqalələrdə) baş beyin qışaları səviyyəsində S.Nabeshima və b. (1975) [9], onurğa beyni qışaları səviyyəsində isə F. Vandenabeele və b. (1996) [8] tərəflərindən müəyyən edilmiş sərt qışanın hüdədi hüceyrəvi qatı olduğu bir mənalı olaraq təkrar olunur [10, 11]. İstinad olunan müəlliflər sərt qışanın hüdədi hüceyrəvi qatında yastılaşmış formaya malik, interdigitasiya üsulu ilə bir-birləri ilə birləşən, qatları arasında kollagensiz amorf maddə yerləşən, bazal səfhəsi olmayan, hüceyrəarası əlaqələrin az olması ilə xarakterizə olunan hüceyrə qatı yerləşdiyini qeyd edirlər. Qeyd etmək lazımdır ki, N. Wolf (2002) tədqiqat işində əldə etdiyi nəticələri və mövcud ədəbiyyat məlumatlarını ümumiləşdirərək, beyin qışalarının qatları, onların formalaşmasında iştirak edən hüceyrə tiplərinin tərkibi, hüceyrəarası əlaqələrin növləri, topoqrafik vəziyyətləri və s. xüsusiyyətlərinə görə ev quşları, məməlilər, o cümlədən insanlar arasında nəzərə çarpacaq fərq olmadığını qeyd etmişdir [12]. Ev qazlarında da sərt qışanın formalaşmasında iştirak edən strukturların ümumi quruluş planına və hüceyrə tiplərinə məməlilərlə

müqayisədə nəzərə çarpacaq fərq aşkar edilməmişdir [13]. Onurğa beyninin sərt qışasına aid materiallar içərisində müzakirə olunası strukturlardan biri də onurğa beyninin onurğa kanalının stabilliyinin təmin olunmasında [14] və endoskopik cərrahi əməliyyatlar zamanı orientir rolunu oynayan mühüm əhəmiyyətə malik dişli bağlardır [15]. İnsanlarda dişli bağlar histoloji olaraq tədqiq olunsada [16, 17, 18, 19], quşlarda dişli bağların formalaşmasında iştirak edən strukturlar ultrastruktur səviyyədə tədqiq olunmamışlar.

Göstərilənləri nəzərə alaraq, hazırkı tədqiqat işinin məqsədi ev ördəklərində onurğa beyni qışalarının təşkilində iştirak edən hüceyrəvi və fibrilyar elementlərinin quruluş xüsusiyyətlərinin işıq və transmission elektron mikroskopik səviyyələrdə müəyyən edilməsidir.

qətranlarında blok halına salınmışdır. Bloklardan EM UC7 (Leica, Almaniya) ultratomundan alınmış yarımnazik (1-2µm) kəsiklər metilen abısı, azur II və əsasi füksinlə rənglənərək Primo Star (Zeiss, Almaniya) işıq mikroskopunda lazımi hissələrin şəkilləri EOS D650 (Canon, Yaponiya) rəqəmli fotokamera sistemi ilə çəkilmişdir. Eyni bloklardan alınmış 70-100 nm qalınlıqlı ultranazik kəsiklər əvvəlcə 2%-li uranil-asetat məhlulu, sonra NaOH-ın 0,1N qatılıqlı məhlulunda hazırlanmış 0,2%-li təmiz qurğuşun sitratla rənglənməmişdir. Ultranazik kəsiklər 80-120 kv gərginlik altında JEM-1400 (Joel, Yaponiya) transmission elektron mikroskopunda tədqiq olunaraq elektronogramlar çəkilmişdir.

Tədqiq olunan strukturların morfometrik parametrləri Almaniyanın «Olympus Soft Imaging Solutions GmbH» şirkəti tərəfindən hazırlanmış təsvirin analizi kompyuter proqramı (The TEM imaging platform)

TƏDQIQATIN MATERIAL VƏ METODLARI

Tədqiqat 6 baş ev ördəklərindən qışalarla birlikdə götürülmüş onurğa beyni ağ maddəsi tikələri üzərində aparılmışdır. Heyvanlar vivariumda standart şəraitdə saxlanılmışdır (hava temperaturu $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$, limitsiz su və yem istifadəsi). Bütün tədqiqatlar 18.03.1986 tarixli eksperimental və digər elmi məqsədlər üçün istifadə olunan Onurğalı Heyvanların Müdafiəsi Avropa Şurası Konvensiyasına uyğun olaraq aparılmışdır.

Götürülmüş tikələr 24 saat ərzində immersiya üsulu ilə fosfat buferində ($\text{pH}=7,4$) hazırlanmış 2%-li paraformaldehid, 2%-li qlüturaldehid və 0,1%-li pikrin turşusundan ibarət məhlulda fiksasiya edilmişdir. Nümunələr 1%-li osmium turşusu məhlulunda postfiksasiya edildikdən sonra artan dərəcəli etil spirti məhlullarında susuzlaşdırılaraq Araldit-Epon

NƏTİCƏLƏR

Ev ördəklərinin onurğa beyninin qışaları və ağ maddələrinin histotopoqrafiyası şəkil 1A və 1B-də nümayiş etdirilmişdir. Göründüyü kimi sərt qışa (SQ) ilə yumşaq qışa (YQ) arasında zolaq şəklində yerləşən hörümçəktorunabənzər qışanın ətrafında (HBQ) rənglənməmiş hissələrin (ulduzlarla işarə olunublar) olması, ilk baxışdan onların subdural (yuxarıda) və subaraxnoidal (aşağıda) boşluqlara aid olduqları kimi qəbul oluna bilər. Şəkil 1A-da nəzər diqqəti cəlb edən yumşaq qışa elementlərinin onlarla birlikdə damarların onurğa beyninin ön orta yarığına (ÖÖY) daxil olmasıdır. Onurğa beyni ağ maddəsinin (OBAM) təşkilində müxtəlif diametrlili mielinli sinir liflərinin təşkil olunduğu aydın görünür. Subdural boşluq kimi (SDB) təsvir olunan rənglənməmiş sahələrin həqiqətdə hörümçəktorunabənzər qışanın fraqmentasiyası

nəticəsində meydana çıxdığı ultrastruktur olaraq aşkar olunmuşdur. Şəkil 2A-da nümayiş etdirilən elektronogrammada göründüyü kimi hörümçəktorunabənzər qışanın ox başı ilə göstərilən fragmentinin sərt qışanın daxili qatında yerləşən kollagen lifi dəstələri səviyyəsində qaldığı aydın görünür. Şəkil 2B-də isə göründüyü kimi yuxarıda təsvir olunan fragmentin sola doğru davamının hörümçəktorunabənzər qışanın tərkibində (ox ucları ilə göstərilib) qaldığı aydın görünür. Beləliklə, subaraxnoidal boşluq kimi (SAB?) təsvir olunan rənglənməmiş sahənin hörümçəktorunabənzər qışanı elektron mikroskopik tədqiqat üçün işlənməsi zamanı meydana çıxan artefakt kimi qəbul etməyə tam əsas verir.

Onurğa beynin sərt qışasının hüceyrəvi və fibrilyar strukturlarının histotopoqrafiyası və ultrastruktur quruluş xüsusiyyətləri şəkil 3-də nümayiş etdirilmişdir. Ulduzla işarə olunmuş artefakt subdural boşluqların sərhədlərində genişlənmiş dənəli endoplazmatik şəbəkə sisternaları yerləşən fibroblastların periferik (şəkil 3A) və mərkəzi hissələrinin (şəkil 3B) yerləşdikləri nümayiş etdirilmişdir. Bu elektronogrammalarda nəzər diqqəti cəlb edən müxtəlif ölçüyə, formaya və gedişə malik elastiki liflərdən təşkil olunmuş pəncərəli elastik zarın (PEZ işarə olunub) yerləşmələridir. Elektronogrammalardan göründüyü kimi pəncərəli elastiki zarın liflərin arasında dalğavari gedişə malik kollagen lifi səfhələri (KLS) yerləşirlər. Şəkil 3C-də sərt qışa daxilində fibroblast hüceyrəsinin nüvəsi (Fbn) ilə bərabər nüvəciyi yerləşir. Bu elektronogrammada kollagen lifi səfhələri daxilində müxtəlif istiqamətlərdə gedən kollagen liflərin yerləşməsi nəzər diqqəti cəlb edir. Şəkil 3C-də artefakt subdural boşluq (ulduzla işarə olunub) sərt qışanın digər hissələrində də müəyyən edilən fibrositin nüvə (FN) yerləşən mərkəzi və periferik hissələri

əhatə olunmuşdur. Fibrositin böyüdülmüş fragmenti elektronogrammanın yuxarı sol bucağında yerləşmişdir. Göründüyü kimi fibrositin nüvəsinin periferik hissəsində nisbətən nazik heteroxromatin toplantıları arasında nüvə dəlikləri yerləşir. Ümumiyyətlə, nukleoplazmada üstünlük təşkil edən euxromatin törəmələridir. Fibrositin nüvə ətrafı hissəsində ikincili lizosomlar, dənəli endoplazmatik şəbəkənin elementləri və ayrı-ayrı ribosomlar yerləşir. Qeyd etmək lazımdır ki, əksərən sərt qışa ilə hörümçəktorunabənzər qışanın sədd qatı arasında kollagen lifləri aşkar olunurlar. Şəkil 3Ç-də ulduzla işarə olunmuş boşluqlar sərt qışa elementlərindən əsasən kollagen lifi dəstələri vasitəsilə ayrılır. Belə ki, fibrositin nüvəsi yerləşən mərkəzi hissəsi (FN) və onun periferik hissələri hər iki tərəfdən kollagen lifləri ilə əhatə olunmuşdur. Elektronogramma boyunca fibrositlərin nüvə və periferik hissələrin müxtəlif səviyyədə yerləşdiyini görürük. Digər xarakterik xüsusiyyət pəncərəli elastiki zarın təşkilində iştirak edən böyük ölçüyə malik elastiki liflərin sərt qışanın daxili qatında yerləşməsi aşkar olunmuşdur.

Onurğa beynin dişli bağının beynin sərt qışasından başladığı yeri sonuncunun gedişinin işıq mikroskopik və dişli bağın tərkibində iştirak edən elementlərin elektron mikroskopik görüntüsü şəkil 4-də nümayiş etdirilmişdir. Şəkil 4A-da göründüyü kimi metilin abısı ilə rənglənən yarım nazik kəsiyin təxminən mərkəzi hissəsindən başlayan dişli bağ sola aşağıya doğru gedərək onurğa beynin yumşaq qışa (YQ) elementlərinə çatır. Aparılan tədqiqatlar bir mənalı göstərir ki, subaraxnoidal bucaq nahiyyəsindən başlayaraq dişli bağ elementləri ancaq hörümçəktorunabənzər qışanın torlu qatının təşkilində iştirak edən leptomeningeal hüceyrələrlə hər tərəfdən əhatə olunurlar. Bunun nəticəsidir ki, dişli bağların təşkilində iştirak edən lifli və hüceyrəvi

strukturlar sol (şəkil 4B) və sağ (şəkil 4C) tərəflərində yerləşən bir və ya iki qat leptomeningeal hücerələr (LMH) vastəsilə SAB cərəyan edən beyin-onurğa beni mayesindən ayrılırlar.

Dişli bağın başlanğıc hissəsində (şəkil 5A) sərt qışada olduğu kimi (bax şəkil 1 və səkil 2) pəncərəli elastiki zarın (PZF) təşkilində iştirak edən elastiki liflərin aralarında kollagen lifi səfhələri (KLS) yerləşirlər. Təsvir olunan elektronogrammada digər diqqəti cəlb edən onun diaqonalı boyu yerləşən elastiki lifin mərkəzi hissəsinin iki şaxəyə bölünməsidir. Dişli bağların gedişi boyu isə elastiki liflərin köndələn kəsikləri aralarında fibrisitlərin mərkəzi və periferik hissələri ilə əhatə olunmuş kollagen lifi dəstələri (KLD) yerləşirlər (şəkil 4B -4C və şəkil 5B). Şəkil 5C-də maraqlısı odur ki, dişli bağın təşkilində iştirak edən şüalı quruluşa malik olan fibrosit sitoplazmasından başlayan çıxıntıların kollagen lifi dəstələrini əhatə etməklə yanaşı elastiki liflərlə də sıx əlaqədə olurlar. İlk baxışda elastiki liflərin kollagen lifləri arasında yerləşdiyi təsəvvürü yaranır. Ancaq təsvir olunan elektronogrammanın miqyasını artıran zaman elastiki liflərin fibrositin mərkəzi hissəsinin (FN) ətrafında, tam əksəriyyətinin isə fibrositlərin çıxıntıları ilə sıx təmas şəklində yerləşdikləri müəyyən edilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, istər sərt qışaların özlərinin, istərsə də dişli bağların tərkibində sərbəst şəkildə və ya damarların ətrafında perisitlərlə (P) yanaşı mononuklear hüceyrələr aşkar olunurlar (şəkil 5Ç). Göründüyü kimi elektronogrammanın sol aşağı hissəsində yerləşən mononuklear hüceyrə (MNH) nüvəsində endotel və perisit hüceyrələri ilə müqayisədə heteroxromatinin miqdarının çox olması, nüvə dəliyi kompleksinin aydın görünməsi, sitoplazmasında sentriolun, müxtəlif sıxlıqlı ribosomların və tək-tək pinositoz qovucucuların olması ilə fərqlənir.

Hörümçəktoruna bənzər qışanın (HTQ) təşkilində iştirak edən leptomeningeal hüceyrənin və kollagen lifi dəstələrinin histotopoqrafiyası və ultrastruktur quruluş xüsusiyyətləri şəkil 6-da nümayiş etdirilmişdir. Şəkil 6A-da hörümçəktorunabənzər qışanın həm hüceyrəvi sədd (HQHSQ), həm də tor (HQTQ) qatlarının təşkilində leptomeningeal hüceyrələrin çıxıntıları ilə (LMHÇ) yanaşı, nüvə yerləşən (LMHN) mərkəzi hissələri aydın görünür. Leptomeningeal hüceyrələrin nüvə örtüyü ilə əlaqəli hissələrində nazik ölçüyə malik heteroxromatin strukturları yerləşdiyi halda, nukleoplazmanın əsas kütləsində euxromatin strukturları və bəzən nüvəciklər yerləşirlər. HQHSQ başlanğıc hissəsində və HQTQ qatında yerləşən leptomeningeal hüceyrələrin sitoplazmasında örtüklü, örtüksüz pinositoz qovucucular, dənəli endoplazmatik şəbəkə sisternaları, Holci aparatı, tək tək lizosomlar və mitoxondrilər aşkar olunurlar. Ələlxüsus torlu qatın təşkilində iştirak edən hüceyrələrin sitoplazmalarında sadalanan əlamətlərin olması, onların sintetik aktivliyinin yüksək olduğunu göstərir. Qeyd etmək lazımdır ki, HQHSQ-ı ilə HQTQ-i sərhəddində qonşu hüceyrələrin plazmolemmaları ilə onların arasında yerləşən bazal səfhə elementlərinin sıx yerləşmələri nəticəsində tünd osmiofil (şəkil 6A və B-də enli oxlarla işarələniblər) struktur formalaşır. Təqdim olunan elektronogrammada nəzər diqqəti cəlb edən hörümçəktorunabənzər qışanın hüceyrəvi sədd və torlu qatlarının təşkilində iştirak edən leptomeningeal hüceyrələrin bir-birilərinə söykənən hissələrində incə quruluşa malik desmosomların, kommunikasiyon və sıx əlaqələrin müəyyən edilməsidir.

Şəkil 6B-də nümayiş etdirilən HBQ fraqmentinin fərqli xüsusiyyəti onun ancaq leptomeningeal hüceyrələrin periferik hissələrindən təşkil olunmasıdır. Göründüyü kimi HQTQ-nın təşkilində iştirak edən

leptomeningeal hamısının köndələn ölçülərinin 100 nm-dən az olmasına baxmayaraq, sitoplazmalarında dənəli endoplazmatik şəbəkələrin, ribosomların və sitoskelet elementlərinin yerləşdikləri müəyyən edilir. Maraqlısı odur ki, HQHSQ-nın ilk qatlarında müxtəlif orqanellərin və sıx yerləşən sitoskelet strukturlarının aşkar olunmasına baxmayaraq səthi qatda yerləşən leptomeningeal hüceyrələrin çıxıntılarının köndələn ölçülərinin azalması ilə yanaşı, sitoplazmalarında orqanellər demək olar ki aşkar olunmur (ox başları ilə işarə olunublar). Bu əlamət digər çoxqatlı epitel örtüklərində olduğu kimi səthi qatda yerləşən hüceyrələrin funksional aktivliyin azalması kimi qiymətləndirmək olar.

Onurğa beynin ağ maddəsi və onun əhatəsində yerləşən yumşaq qısa elementlərinin və hissəvi olaraq HQTQ aid olan strukturların elektron mikroskopik görüntüsü şəkil 7-də nümayiş etdirilib. Qeyd etmək lazımdır ki, hörümçəktorunabənzər qısa ilə yumşaq qısa arasında dəqiq sərhəd təyin etmək mümkün olmur. Yeganə onu qeyd etmək olar ki, onurğa beyni ağ maddəsini xaricdən əhatə edən xarici (hüdudi) qliya zarının təşkilində iştirak edən lifli astrositlərin bazal səfhlərinə (şəkil 7A və C-yə qədər ox başları ilə işarə olunub) söykənən strukturlar yumşaq qışaya aid edilir. Şəkil 7B-də yumşaq qışanın təşkilində iştirak edən leptomeningeal hüceyrələrin çıxıntısında Holci aparatı sisternalarının toplantıları, dənəli endoplazmatik şəbəkənin sisternaları aşkar olunmuşdur. Digər nəzər diqqəti cəlb edən leptomeningeal hüceyrələrin ətrafında və onların çıxıntıları arasında kollagen lifləri ilə yanaşı nisbətən nazik ölçüyə malik elastiki liflər yerləşmişdir. Xarici hüdudi qliya zarının və subpial boşluğun (SPB) ətrafında yerləşən yumşaq qışanın təşkilində iştirak edən leptomeningeal hüceyrələrin periferik çıxıntıları arasında sıx əlaqələrə məxsus bitişmə nöqtələrinin və kommunikasiyon

əlaqələrə xas quruluş aşkar olunmuşdur (şəkil 7C). Şəkil 7Ç-də tərkibində ara filamentlər (AF-la işarə olunub) aşkar olunan üçqat lifli astrosit ayaqcıqlarından formalaşan XHQZ-n ətrafında yumşaq qışanın sıx yerləşən leptomeningeal hüceyrələrinin çıxıntıları və kollagen lifli dəstələrindən təşkil olunması görsənir.

MÜZAKİRƏ

Ədəbiyyat icmalında qeyd olunduğu kimi beyin qışaları səviyyəsində bioloji mayelərin cərəyanında iştirak edə bilən sərbəst subaraxnoidal boşluğun olduğu göstərilir. Bizim kafedrada aparılan histoloji və ultrastruktur tədqiqatlar məməlilərdə (o cümlədən insanda) baş beyin qışalarında sərbəst subaraxnoidal boşluğun mövcud olmadığı həmişə qeyd edilmişdir. Hal-hazırkı tədqiqat işində ev ördəklərinin baş beyin qışaları səviyyəsində istər histoloji, istərsə də ultrastruktur səviyyədə rənglənməmiş sahələrin olduğu bir daha öz təsdiqini tapmışdır.

Qeyd olunanlara baxmayaraq, hələ də beyin qışalarının təşkilində iştirak edən strukturların qarşılıqlı əlaqələri, ultrastruktur quruluş xüsusiyyətləri və müəyyən funksiyaların yerinə yetirilməsindəki rolları haqqında fikir ayrılıqları qalmaqda davam edir. Baş və onurğa beyninin sərt qışası tərkibində müxtəlif funksional aktivliyə malik fibrositlər və mononuklear hüceyrələrlə yanaşı, ultrastruktur olaraq nüvə-sitoplazma münasibətləri yüksək olan, periferik lokalizasiyaya malik heteroxromatin strukturlarının üstünlük təşkil etməsi və sitoplazmasında orqanellərin sayının kəskin azlığı ilə fərqlənən hüceyrələr də müəyyən edilmişdir. Müvafiq ultrastrukturlara malik hüceyrələrin immunhistokimyəvi olaraq nestin, Sox2, doublecortin, vimentin aktivliyi olan, *in vitro* və transplantasyadan sonra *in vivo* sinir hüceyrələri istiqamətində differensasiya etmə imkanlarına malik sələf

hüceyrələri olduqları müəyyən edilmişdir [20, 21].

Bununla birlikdə, istər tədqiq olunan məməlilərdə, istərsə də quşlarda baş beyin və onurğa beyninin sərt qışaları ilə hörümçəktorunabənzər qısa elementləri arasında fasiləsiz hüceyrə qatının olması bizim tərəfimizdən təsdiq olunmamışdır.

Tədqiqat obyektlərinin hamısında histoloji, immunhistokimyəvi və elektron mikroskopik olaraq sərt və hörümçəktorunabənzər qısa elementləri arasında bioloji mayələrin cərəyanında iştirak edə biləcək subdural boşluğun mövcudluğu təkzib edilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, bəzi alimlər tərəfindən epidural boşluqlar kimi subdural boşluqların da ancaq patoloji proseslər zamanı meydana çıxması fikirləri ilə tam razılaşmaq olar [22, 23]. Nəzarət qrupunda sərt qısa ilə hörümçəktorunabənzər qısa elementləri arasında struktur elementləri aşkar olunmayan rənglənməmiş sahələrin qeyd edilməsi preparatların parafin və araldit-epon bloklarının hazırlanması zamanı subaraxnoidal boşluqda cərəyan edən beyin-onurğa beyni mayesinin dehidritasiyası nəticəsində meydana çıxan artefaktdır.

Tədqiq olunmuş məməlilərlə müqayisədə [8] ev quşlarında onurğa beynini əhatə edən sərt qışanın fibrilyar quruluşa malik strukturların tərkibləri və morfometrik göstəriciləri nəzərə cəpacaq dərəcədə fərqlənilir. Belə ki, istər ev ördəklərinin, istərsə də ev qazlarının onurğa beynlərini əhatə edən sərt qışanın təşkilində boylama ölçüləri mkm-lərlə ölçülən, diametrləri orta hesabla 313,9-989,7 nm ($626,0 \pm 16,71$ nm) olan elastiki liflər yerləşirlər. Təsvir olunan sərt qışaların köndələn kəsiklərində müxtəlif ölçülü elastiki liflər qatı kollagen liflərindən təşkil olunmuş qatlarla əhatə olunaraq, aortanın orta qışasının təşkilində iştirak edən, pəncərəli elastiki zarlara bənzər struktur formalaşdırırlar. Ancaq

quşların onurğa beyninin sərt qışası tərkibində pəncərəli elastiki zarın formalaşması, onların potensial olaraq quşların uçmaları zamanı onurğa kanalında onurğa beyninə aid strukturların topoqrafik vəziyyətlərinin təsbit olunmasında (sabit saxlanılmasında) mühüm əhəmiyyətə malik olmalarını söyləməyə əsas verir.

Əldə olunmuş məlumatlar bir mənalı göstərir ki, sərt qışanın hüdudi hüceyrəvi qatına aid edilən hüceyrələrin hörümçəktorunabənzər qışanın sədd qatının leptomeningeal hüceyrələri və bir-birləri ilə sıx təmasda olmaları, kommunikasiya, desmosomal, ələlxusus, araxnoidal səddin morfoloji göstəricisi olan sıx əlaqələrlə [24] birləşməsi onların da sədd qatının tərkib hissəsi olduğunu göstərir. İlk qatından başlayaraq sitoskelet elementlərinin kəskin sıxlaşması, nüvənin təşkilində iştirak edən xromatin strukturlarının kondensasiyası, səthi qat hüceyrələrində nüvənin ümumiyyətlə aşkar olunmaması, orqanellərdən cəmi tək-tək ribosomların və daraqların destruksiya vəziyyətində olan mitoxondrilərin olması epitelial quruluşa malik gedən buynuzlaşma prosesinin əlaməti kimi qəbul edilməlidir. Təsvir olunan quruluşa malik hüceyrələr ağ siçovulların və ev quşlarının sərt qışaları tərkibində aşkar edilmirlər.

Mövcud ədəbiyyat materiallarında daimi olaraq müzakirə olunan məsələlər içərisində mərkəzi və periferik sinir sistemlərinə aid qısa elementlərinin müvafiq olaraq beyin-onurğa beyni və endonevral mayələrinin cərəyanında iştirakları həmişə, elə indi də tədqiqatçıların diqqət mərkəzindədir. Məsələnin tarixinə varmadan qeyd etməliyik ki, beyin-onurğa beyni mayesinin cərəyanına həsr olunmuş sonuncu elmi tədqiqat işlərindən birinə müraciət etməyi lazım bilmişik. Bir qrup İsveçrəli alimlər [25] xəlbir sümüyünün üfqi (xəlbir) səthəsi səviyyəsində qoxu siniri lifi

dəstələrinin, beyin qışalarının və limfa damarlarının qarşılıqlı əlaqələrini tədqiq etmişlər. Məlliflər xəlbir səfhə dəlikləri səviyyəsində hörümçəktorunabənzər qışanın sədd qatında fasilələrin olduğunu aşkar etmişlər. Bu isə qoxu siniri dəstələrinin xəlbir sümüyü dəliyindən keçən zaman sədd rolunu oynayan qışa elementləri ilə örtülmürlər. Nəticədə subaraxnoidal boşluqda yerləşən beyin-onurğa beyni mayesi qoxu siniri dəstələri ilə birlikdə burun boşluğunun qoxu nahiyəsinin selikalti qışasının xüsusi səfhəsində yerləşən limfa kapilyarlarına daxil olurlar.

Əldə olunan məlumatlar bir mənalı göstərir ki, tamamilə oxşar vəziyyət onurğa beyninin dişli bağları səviyyədə müşahidə olunur. Belə ki, dişli bağların onurğa beynin sərt qışasından başladığı səviyyələrdə hörümçəktorunabənzər qışanın sədd qatına aid strukturları aşkar olunmur. Dişli bağlar subaraxnoidal boşluqda ancaq hörümçəktorunabənzər qışanın tor qatına aid bir və ya iki qat leptomeningeal hüceyrələrin (bioloji sədd funksiyasına malik olmayan) əhatəsində onurğa beyninin yumşaq qışa səviyyəsinə çatırlar (bax yuxarı). Bununla da, subaraxnoidal boşluğun özündə və leptomeningeal hüceyrə qatları arasında yerləşən beyin-onurğa beyni mayesinin dişli bağların kollagen lifləri boyunca nəql olunub sərt qışa daxilində yerləşən limfa damarlarına daxil olmalarına heç bir maneə qalmır [26].

S. Proulxun (2021) dərc etdirdiyi icmal xarakterli məqalədə beyin-onurğa beyni mayesinin cərəyanında görmə və onurğa beyni sinirlərini əhatə edən qışa elementlərinin də iştirak etdikləri nümayiş olunmuşdur [27]. Qeyd etmək lazımdır ki, bizim kafedra əməkdaşları tərəfindən [28] ağ siçovulların görmə sinirlərinin subaraxnoidal bucağı səviyyəsində hörümçəktorunabənzər qışanın atmaları arasında, ölçüləri 8-35 mkm olan likvordaşıyıcı kanalların (termin M. Baron və

M. Mayorova tərəfindən 1982-ci ildə irəli sürülmüşdür) olduğu nümayiş etdirilmişdir [29]. Qeyd etmək lazımdır ki, ardıcıl yarımnaşık kəsiklərin müqayisəli tədqiqi zamanı təsvir olunan likvordaşıyıcı kanalların mənfəzlərinin göz yuvasının birləşdirici toxuma elementləri ilə birbaşa əlaqədə olduqları dəqiqləşdirilmişdir. Hal-hazırkı tədqiqat işində onurğa beyni sinirlərinin ön köklərinin spinal qanqliona söykəndiyi yerdə formalaşan subaraxnoidal bucaqlar səviyyələrində hörümçəktorunabənzər qışalardan başlayan atmalarla əhatə olunmuş likvordaşıyıcı kanallar aşkar olunmuşdur. Yekun olaraq qeyd etmək lazımdır ki, beyin-onurğa beyni mayesinin subaraxnoidal boşluqdan dişli bağlar və subaraxnoidal bucaq nahiyələrində yerləşən likvordaşıyıcı kanallar vasitəsilə beyin-onurğa beyni mayesinin onurğa beyninin sərt qışası tərkibində olan venoz və limfa damarlarına daxil olmalarının morfoloji əsasları mövcudur.

Son zamanlar dərc olunan elmi tədqiqatların əksəriyyətində hörümçəktorunabənzər qışa səviyyəsində formalaşan bioloji səddi qan-araxnoidal sədd (blood-arachnoid barrier) adlandırırlar [30, 31, 32, 33]. Qeyd etmək lazımdır ki, hörümçəktorunabənzər qışa səviyyəsində damar toru olmadığından onun hüceyrəvi sədd qatı qanla yox, sərt qışa damarlarından xaric olan intestisial maye ilə təmasda olurlar. Beləliklə, hörümçəktorunabənzər qışanın hüceyrəvi sədd qatının sərt qışanın intestisial və subaraxnoidal boşluqda cərəyan edən beyin-onurğa beyni mayələrinin aralarında yerləşdiyini nəzərə alaraq, formalaşan bioloji səddi sadəcə olaraq araxnoidal sədd adlandırılması daha məqsədəuyğundur [34, 35, 36].

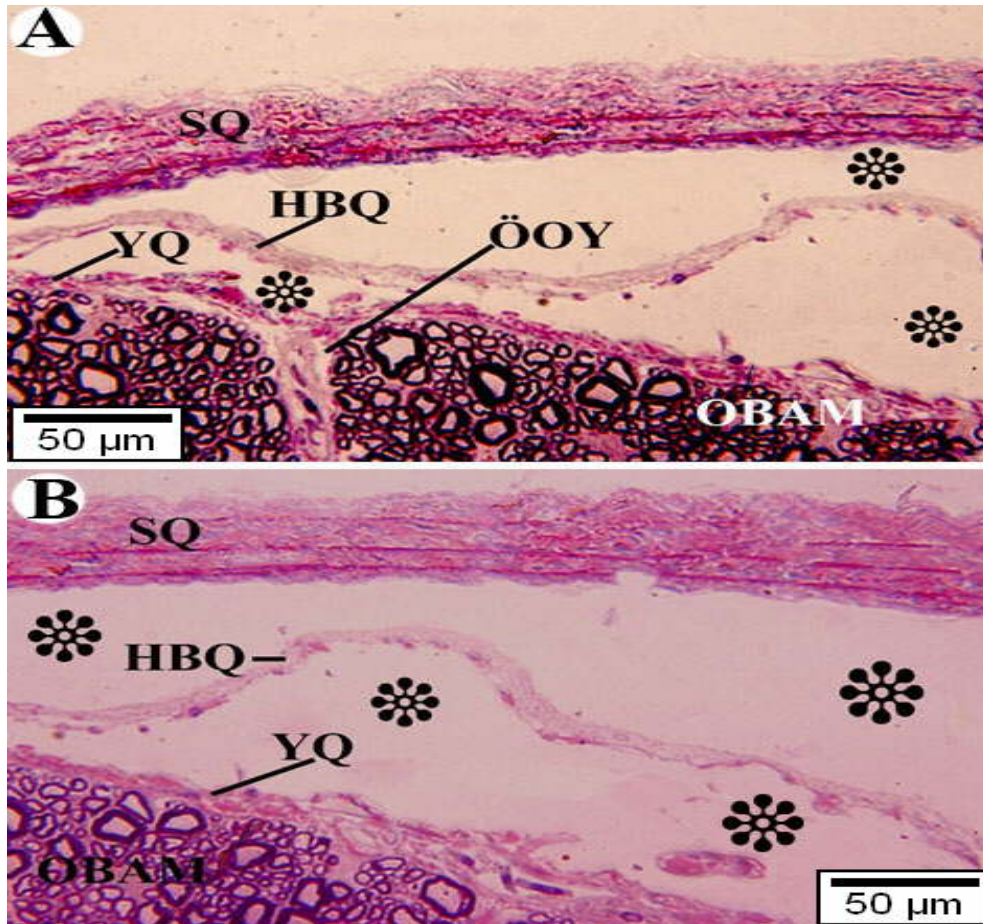
Təsvir olunanlar, alimlər tərəfindən təklif olunan araxnoidal səddin təşkilində iştirak edən leptomeningeal hüceyrələr arasında formalaşan sıx əlaqə komplekslərinin balıq və

siçovullarla müqayisədə quşlarda daha mürəkkəb quruluşa malik olması fikirləri ilə razılaşmağa əsas verir [24].

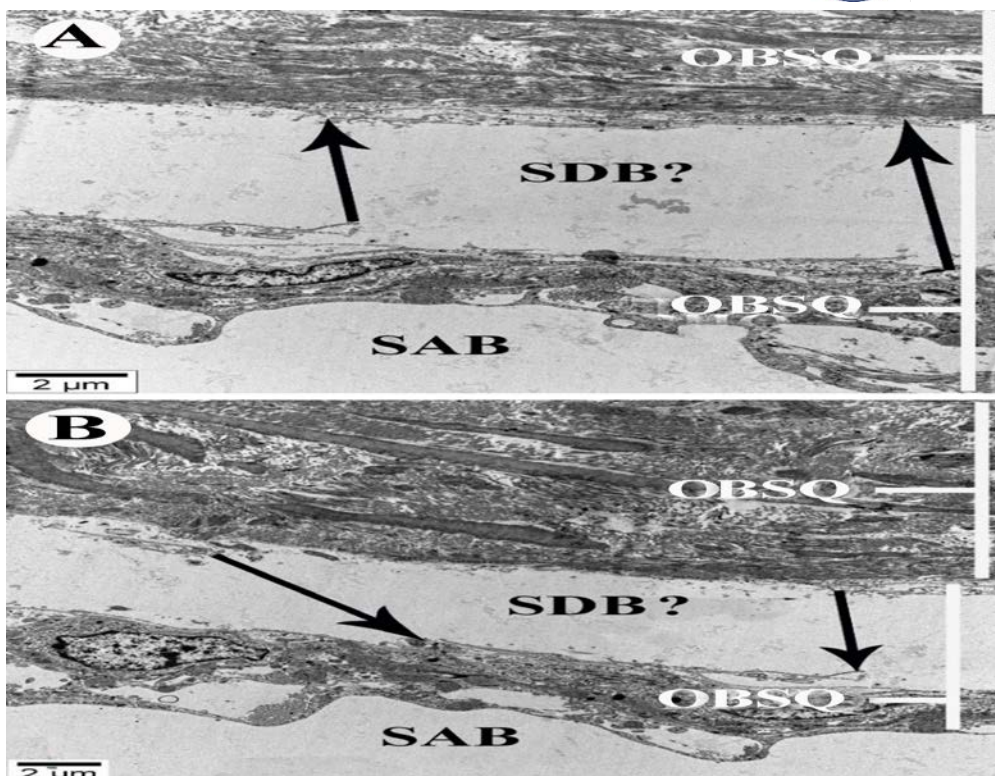
YEKUN

Əldə olunan məlumatlar göstərir ki, ev ördəklərində sərt qışanın məməlilərdən kəskin fərqi onlarda elastiki liflərin aşkar olunmasıdır. Sərt qışada elastiki liflərin iştirakı ilə formalaşan pəncərəli elastiki zar elementləri arasında müxtəlif istiqamətdə yerləşən kollagen lifi səfhələri, dişli bağlarda isə kollagen lifi dəstələri yerləşir. Sərt qışanı

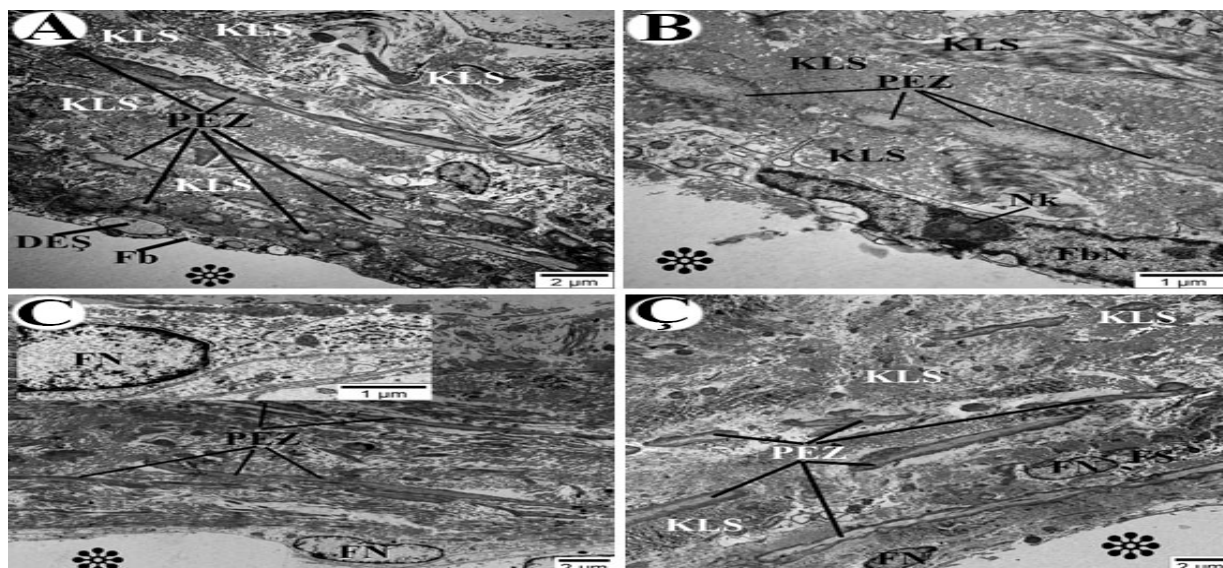
hörümçəktorunabənzər qışadan ayıran hüddüdi hüceyrə qatının və subdural boşluğun mövcudluğu ultrastruktur olaraq təkzib edilmişdir. Onurğa beyni qışalarının dişli bağlarının histotopografiyasına, hüceyrəvi və fibrilyar elementlərin tərkibinə görə onurğa beyninin yumşaq qışasından yox, sərt qışadan başladığı müəyyən edilmişdir. Hörümçəktorunabənzər qışanın hüceyrəvi sədd qatı ilə tor qatı arasında sərhəd leptomeningeal hüceyrələrinin plazmalemmaları və onların arasında yerləşən bazal səfhənin bir-birinə sıx yerləşmələri nəticəsində formalaşan nazik osmiofil zolaq təşkil edir.



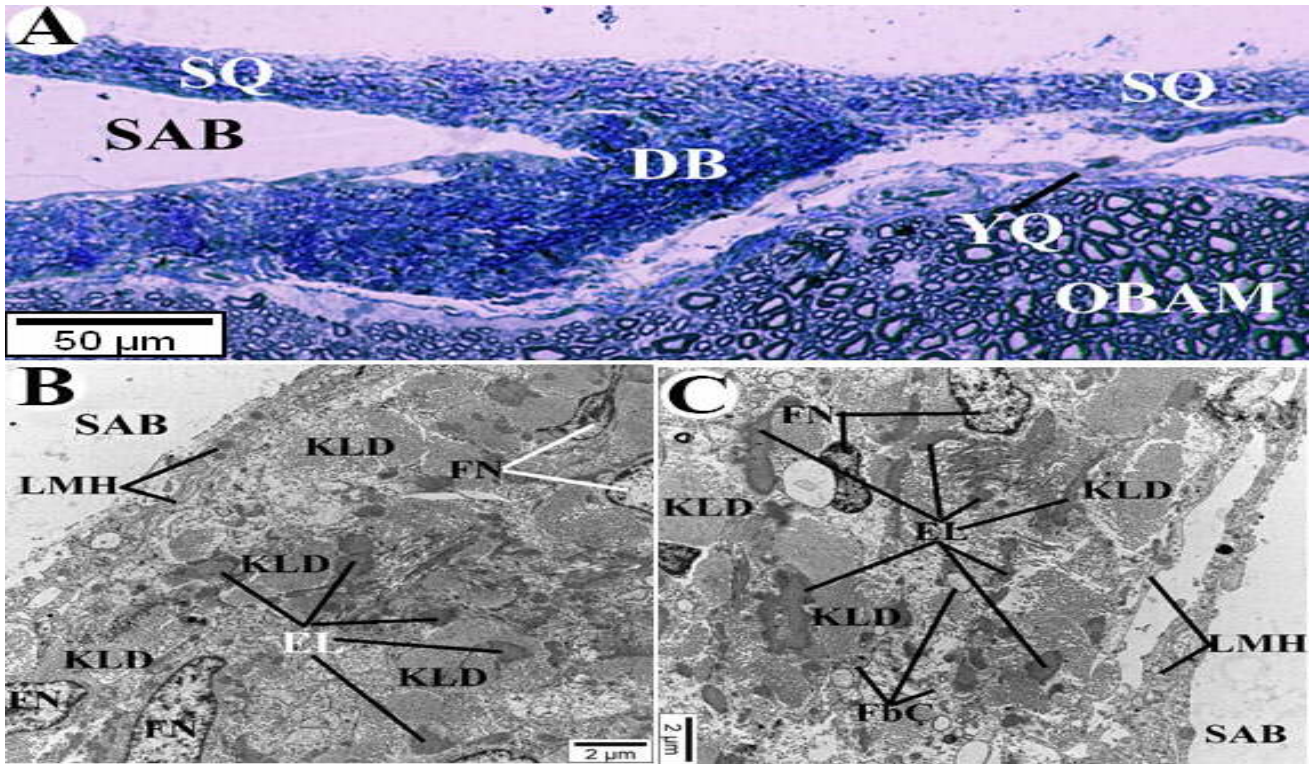
Şək. 1. Ev ördəyinin onurğa beynin qışaları və ağ maddəsi ilə qarşılıqlı əlaqələrinin və quruluş xüsusiyyətlərinin işıq mikroskopik görüntüsü. İzahı mətnə verilmişdir. İxtisarlar: SQ – sərt qışa; HBQ – hörümçəktorunabənzər qışa; YQ – yumşaq qışa; ÖÖY - ön orta yarıq; OBAM – onurğa beyninin ağ maddəsi.



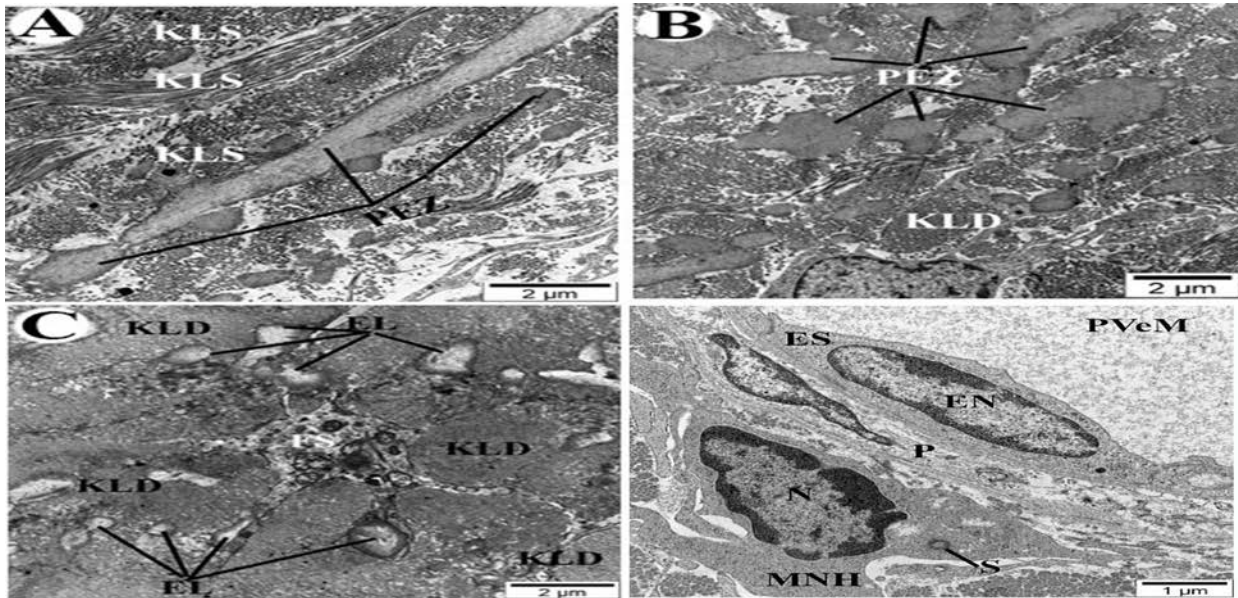
Şək. 2. Artefakt subaraxnoidal boşluğun formalaşması zamanı ev ördəyinin onurğa beyni qışaları səviyyəsində baş verən dəyişikliklərin elektron mikroskopik şəkilləri. İxtisarlər: OBSQ –onurğa beyninin sərt qışası; SAB – subaraxnoidal boşluq; SDB - subdural boşluq?.



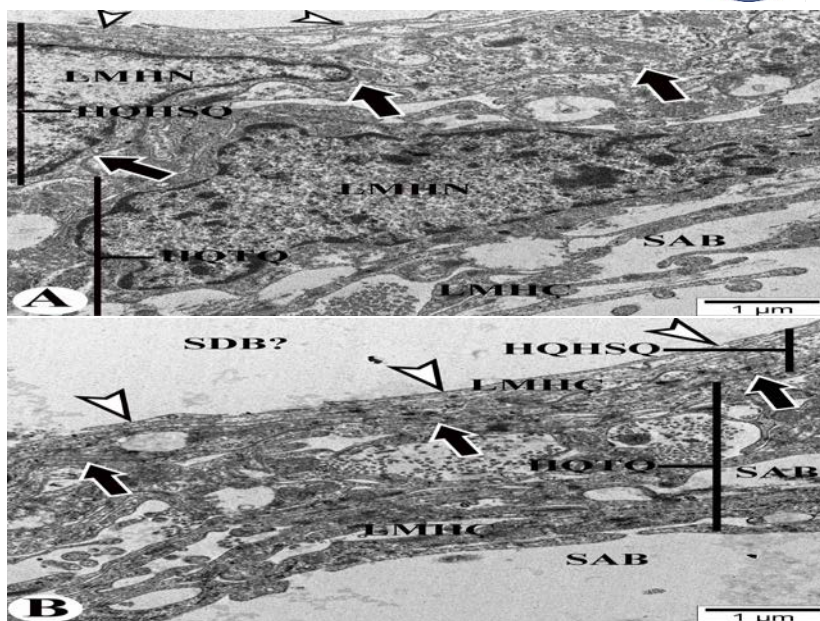
Şək. 3. Ev ördəyinin onurğa beynini sərt qışasının təşkilində iştirak edən hüceyrəvi və fibrilyar strukturların elektron mikroskopik şəkilləri. İzahı mətnə verilmişdir. İxtisarlər: KLS – kollagen lifi səfhələri; FN – fibrositin nüvəsi; Fb – fibroblast; FbN – fibroblastın nüvəsi; Nk -nüvəcik; PEZ – pəncərəli elastiki zar. Digər ixtisarlər başqa şəkillərdə olduğu kimidir.



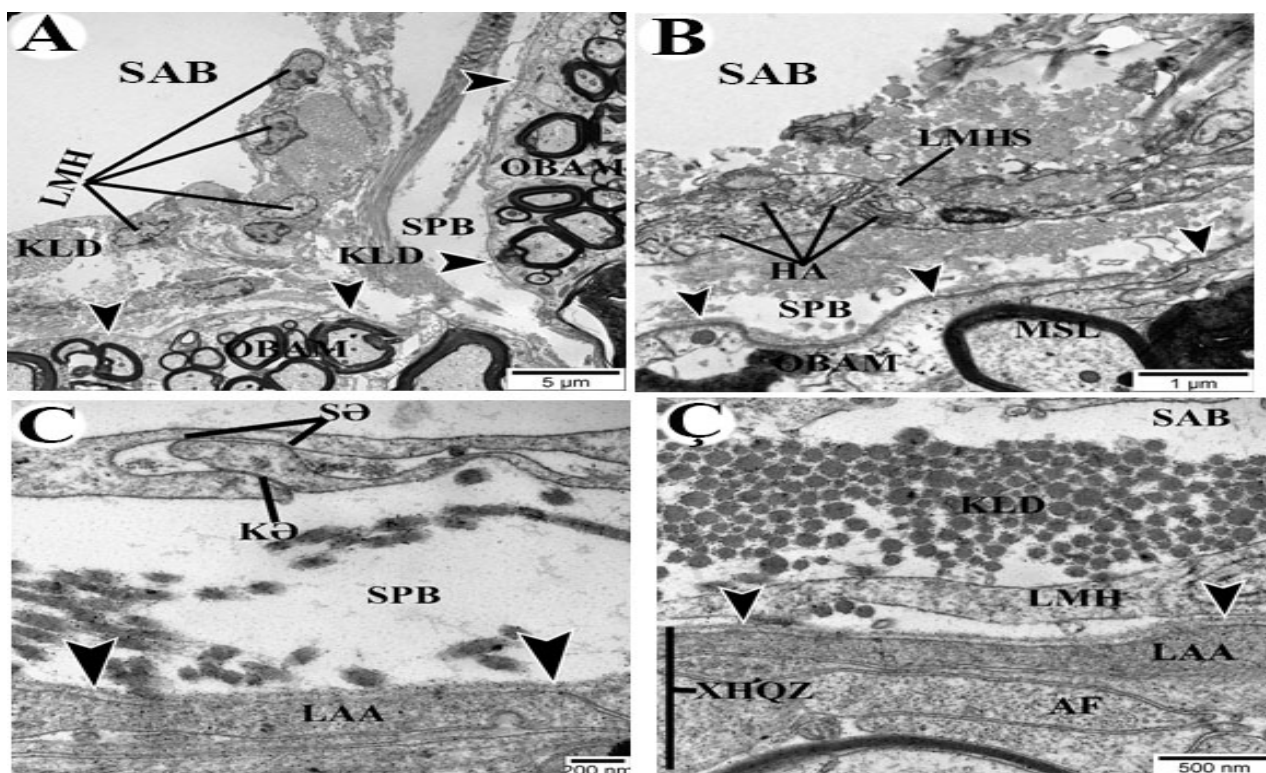
Şək. 4. Ev ördəklərinin onurğa beyninin dişli bağı (DB) səviyyəsində yerləşən struktur elementlərin işıq (A) və elektron mikroskopik (B və C) şəkilləri. İzahı mətnə verilmişdir. İxtisarlər: DB – dişli bağ; LMH – leptomeningeal hüceyrələr. Digər ixtisarlər başqa şəkillərdə olduğu kimidir.



Şək. 5. Ev ördəklərində dişli bağların mərkəzi hissələrində yerləşən hüceyrəvi və fibrilliyar strukturların elektron mikroskopik şəkilləri. İzahı mətnə verilmişdir. İxtisarlər digər şəkillərdə olduğu kimidir.



Şək. 6. Ev ördəklərinin hörümçəktorunabənzər qışalarının sədd və tor qatlarının elektron mikroskopik şəkilləri. İzahı mətndə verilmişdir. A və B ultranazik kəsiklər. Rəng: uranil-asetat və təmiz qurğuşun-sitrat. İxtisarlar digər şəkillərdə olduğu kimidir.



Şək. 7. Ev ördəklərində onurğa beynin ağ maddəsi və onun əhatəsində yerləşən qısa elementlərinin elektron mikroskopik görüntüsü. İzahı mətndə verilmişdir. A-Ç ultranazik kəsiklər. Rəng: uranil-asetat və təmiz qurğuşun-sitrat. İxtisarlar: SPB – subpial boşluq; LAA – lifli astrosit ayaqcıqları; XHQZ – xarici hüdudi qlial zar; AF – ara filamentlər. Qalan ixtisarlar digər şəkillərdə olduğu kimidir.

Əlavə məlumatlar.**Minnətdarlıq.**

Bu məqalə milli səviyyədə aparılmış araşdırma və təhlil nəticəsində ərsəyə gəlmişdir; hazırlanmasında iştirak edən bütün həmkarlarımı təşəkkür edirəm.

Müəlliflərin töhfələri.

Konsepsiya və dizayn, Məlumatların əldə edilməsi, təhlili və ya təfsir, Əlyazmanın tərtibi, Əlyazmanın mühüm intellektual məzmun üçün tənqidi təftişi, Statistik təhlil, Məlumatların idarəedilməsi, Araşdırma, Əldə edilmiş dəstək, maliyyə və nəzarət: bütün müəlliflər bərabər qaydada. Müəlliflər yekun əlyazmanı oxuyub və təsdiq edib.

Maliyyələşdirmə.

Məqalənin hazırlanması məqsədilə aparılan təhlil və araşdırmalar üçün heç bir kənar maliyyə əldə edilməmişdir. Heç bir digər qurum və ya sponsor təşkilatlararaşdırmanın və ya tədqiqatın və ya təhlilin dizaynı və aparılmasında; məlumatların toplanması, idarə edilməsi, təhlili, məlumatların təfsirində, habelə əlyazmanın hazırlanması, nəzərdən keçirilməsi və ya təsdiqində heç bir rola malik olmayıb; əlyazmanın nəşrə təqdim edilməsi haqqında qərarların verilməsində iştirak

etməmişdir.

Məlumat və materialların əlçatanlığı.

Təhlil zamanı istifadə olunan və/yaxud təhlil edilən məlumatlar (datalar) müəlliflərə və ya jurnalın redaksiyasına müraciət etməklə əldə edilə bilər.

Bəyannamələr.**Etik Komitənin icazəsi və məlumatlı razılıq.**

Hər bir iştirakçıdan yazılı və ya uyğun olduqda şifahi məlumatlı razılıq alınıb. Etik Komitə (ATUJ, Azərbaycan) bu təhlili təsdiq edib.

Nəşr üçün razılıq.

Nəzərdə tutulmur.

Maraqların toqquşması.

Müəllif(lər) hər hansı maraqların toqquşmasını bəyan etməyiblər.

Müəlliflərə dair təfərrüatlar.

1. Azərbaycan Tibb Universiteti, Bakı, Azərbaycan.

Göndərilib: 16 aprel 2025-ci il. **Qəbul edilib:** 17 aprel 2025-ci il. **Elektron nəşr:** 20 aprel 2025-ci il.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Takemura H., Pestilli F., Weiner K.S. Comparative neuroanatomy: Integrating classic and modern methods to understand association fibers connecting dorsal and ventral visual cortex // *Neurosci Res.*, 2019, 146: 1-12, <https://doi.org/10.1016/j.neures.2018.10.011>

2. Toossi A., Bergin B., Marefatallah M., Parhizi B., Tyreman N., Everaert D.G., Rezaei S., Seres P., Gatenby J.C., Perlmutter S.I. Comparative neuroanatomy of the lumbosacral spinal cord of the rat, cat, pig, monkey, and human // *Sci Rep.*, 2021, 11(1): 1-15,

<https://doi.org/10.1038/s41598-021-81371-9>

3. Siegenthaler J.A., Pleasure S.J. We have got you 'covered': how the meninges control brain development // *Current Opinion in Genetics and Development*, 2011, 21(3): 249-255, <https://doi.org/10.1016/j.gde.2010.12.005>

4. Weller R., Sharp M., Christodoulides M., Carare R.O., Mollgard K. The meninges as barriers and facilitators for the movement of fluid, cells and pathogens related to the rodent and human CNS // *Acta Neuropathologica*, 2018, 135(3): 363-385,

<https://doi.org/10.1007/s00401-018-1809-z>

5. Liddel S., Dziegielewska K., Ek J., Mark D. Habgood, Bauer H., Bauer H.-C., Lindsay H., Wakefield M.J., Strazielle N., Kratzer I. Mechanisms that determine the internal environment of the developing brain: a transcriptomic, functional and ultrastructural approach // *PLoS One*, 2013, 8(7): 1-19, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065629>

6. Stolp H.B., Liddel S.A., Saunders N.R. Editorial: ontogeny and phylogeny of brain barrier mechanisms // *Frontiers in Neuroscience*, 2016, 10: 41, 1-3, doi: 10.3389/fnins.2016.00041.

7. Batarfi M., Valasek P., Krejci E., Huang R., Patel K. The development and origins of vertebrate meninges // *Biological Communications*, 2017, 62(2): 73-81, doi:10.21638/11701/spbu03.2017.203.
8. Vandenabeele F., Creemers J., Lambrechts I. Ultrastructure of the human spinal arachnoid mater and dura mater // *Journal of Anatomy*, 1996, 189: 417-430, PMID: 8886963.
9. Nabeshima S., Reese T., Landis D., Brightman M.W. Junctions in the meninges and marginal glia // *Journal of Comparative Neurology*, 1975, 164(2): 127-169, <https://doi.org/10.1002/cne.901640202>
10. Dias M., Mapunda J., Vladymyrov M. Structure and junctional complexes of endothelial, epithelial and glial brain barriers // *International Journal of Molecular Science*, 2019, 20(21): 1-27, <https://doi.org/10.3390/ijms20215372>
11. Pietilä R., Del Gaudio F., He L., Vázquez-Liébanas E., Vanlandewijck M., Muhl L., Mocci G., Bjørnholm K.D., Lindblad C., Fletcher-Sandersjö A., Svensson M., Thelin E.P., Liu J. Molecular anatomy of adult mouse leptomeninges // *Neuron*, 2023, 111(23): 3745-3764, doi: 10.1016/j.neuron.2023.09.002
12. Wolff N. Studies on the ultrastructure of the encephalic meninges of the domestic fowl (*Gallus gallus domesticus*) // *Digital Dissertation*, 2002, 115 p.
13. Hüseyinova Ş.Ə., Sadiqi İ.B., Quliyeva N.T., Yıldırım L.E., Qasımov E.K., Bağirova S.A. Ev qazlarında baş beyin sört qışasının təşkilində iştirak edən hüceyrəvi və fibrilyar strukturların mikroskopik və ultrastruktur quruluş xüsusiyyətləri // *Azərbaycan Tibb Jurnalı*, 2024, №1: 142-149, <https://doi.org/10.34921/amj.2024.1.022>
14. Polak-Kraśna K., Robak-Nawrocka S., Szotek S. The denticulate ligament - Tensile characterisation and finite element micro-scale model of the structure stabilising spinal cord // *Journal of the Medicinal Behaviour of Biomedical Materials*, 2019, 91: 10-17, <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.11.017>
15. Fana M., Deamont C., Medani K. Retro-Odontoid intradural synovial cyst decompression via endoscopic-assisted far-lateral approach C1-C2 hemilaminectomy without fusion: the use of intracranial denticulate ligament as intraoperative landmark // *The cureus journal of medical science*, 2022, 29, 14(1): 21715, doi: 10.7759/cureus.21715.
16. Nicholas D.S., Weller R.O. The fine anatomy of the human spinal meninges. A light and scanning electron microscopy study // *Journal Neurosurg*, 1988, 69(2): 276-282, <https://doi.org/10.3171/jns.1988.69.2.0276>
17. Ceylan D., Tatarlı N., Abdullaev T. The denticulate ligament: anatomical properties, functional and clinical significance // *Acta Neurochirurgica*, 2012, 154(7): 1229-1234, <https://doi.org/10.1007/s00701-012-1361-x>
18. Seragioli R., Simao M.N., Simao G.N. Assessment of the cervical spine denticulate ligament using MRI volumetric sequence: Comparison between 1.5 Tesla and 3.0 Tesla // *Journal of Neuroradiology*, 2018, 45(2): 147-151, <https://doi.org/10.1016/j.neurad.2017.06.009>
19. Elvan Ö., Kayan G., Aktekin M. The anatomical features of denticulate ligament in human fetuses // *Surgical and Radiologic Anatomy*, 2020, 42(8): 969-973, <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02456-0>
20. Decimo I., Fumagalli G., Berton V., Krampera M., Bifari F. Meninges: from protective membrane to stem cell niche // *American Journal of Stem Cells*, 2012, 1(2): 92-105, PMID: 23671802.
21. Bifari F., Berton V., Pino A., Kusalo M., Giorgio M., Di Chio M., Bersan E., Amato E., Scarpa A., Krampera M. Meninges harbor cells expressing neural precursor markers during development and adulthood // *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 2015, 9, 383: 1-11, <https://doi.org/10.3389/fncel.2015.00383>
22. Ghannam J.Y., Al Kharazi, K.A. Neuroanatomy, Cranial Meninges // *Treasure Island, Stat Pearls*, 2024, 48 p, PMID: 30969704.
23. Haines D.E., Harkey H.L., Al-Mefty O. The "subdural" space: a new look at an outdated concept // *Neurosurgery*, 1993, 32(1): 111-120.
24. Rascher G., Wolburg H. The tight junctions of the leptomeningeal blood-cerebrospinal fluid barrier during development // *The Journal für Hirnforschung*, 1997, 38(4): 525-540, PMID: 9476217.
25. Spera I., Cousin N., Ries M., Kedracka A., Castillo A., Aleandri S., Vladymyrov M., Mapunda J.A., Engelhardt B., Luciani P. Open pathways for cerebrospinal



- fluid outflow at the cribriform plate along the olfactory nerves // *EBio Medicine*, 2023, 91, 104558: 1-18, <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2023.104558>
26. Huseynova Sh., Alyarbayova A., Ghaffar zadagan R., Gasimov E. Structural features of denticulate ligaments spinal cord. Implications for transport cerebrospinal fluid // *Journal of the Neurological Sciences*, 2013, 333: 727.
27. Proulx S.T. Cerebrospinal fluid outflow: a review of the historical and contemporary evidence for arachnoid villi, perineural routes, and dural lymphatics // *Cellular and Molecular Life Sciences*, 2021, 78(6): 2429-2457, <https://doi.org/10.1007/s00018-020-03706-5>
28. Гасымов Э.К., Оруджев М.Т. Взаимоотношение структурных элементов оболочек, нервных волокон и кровеносных сосудов в области субарахноидального угла зрительного нерва белой крысы // *Медицинский Журнал "VITA"*, 2001, №3-4: 16-22.
29. Барон М., Майорова Н. Функциональная стереоморфология мозговых оболочек: Атлас // *Медицина*, 1982, 350 с.
30. Ichikawa H., Itoh K. Blood-arachnoid barrier disruption in experimental rat meningitis detected using gadolinium-enhancement ratio imaging // *Brain Research*, 2011, 16(1390): 142-149, <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.03.035>
31. Zhang Z., Tachikawa M., Uchida Y., Terasaki T. Drug Clearance from cerebrospinal fluid mediated by organic anion transporters 1 (Slc22a6) and 3 (Slc22a8) at arachnoid membrane of rats // *Molecular Pharmacology*, 2018, 15(3): 911-922, <https://doi.org/10.1021/acs.molpharmaceut.7b00852>
32. Takeuchi H., Suzuki M., Goto R., Tezuka K., Fuchs H., Ishiguro N., Terasaki T., Braun C., Uchida Y. Regional Differences in the absolute abundance of transporters, receptors and tight junction molecules at the blood-arachnoid barrier and blood-spinal cord barrier among cervical, thoracic and lumbar spines in dogs // *Pharmaceutical Research*, 2022, 39(7): 1393-1413, <https://doi.org/10.1007/s11095-022-03275-1>
33. Verkhatsky A., Pivoriūnas A. Astroglia support, regulate and reinforce brain barriers // *Neurobiology of Disease*, 2023, 179: 1-11, <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2023.106054>
34. Гасымов Э.К., Гусейнова Ш.А., Рзаев Ф.Г. Ультраструктурные особенности формирования структур выполняющих барьерную функцию в составе оболочек головного мозга у белых крыс // *Журнал Морфология*, 2020, Том. 157, №2-3: 56.
35. Smyth L.C.D., Xu D., Okar S.V., Dykstra T., Rustenhoven J., Papadopoulos Z., Bhasi K., Kim M.W., Drieu A., Mamuladze T. Identification of direct connections between the dura and the brain // *Nature*, 2024, 627(8002): 165-173, <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06993-7>
36. Sangha V., Aboulhassane S., Bendayan R. Regulation of folate transport at the mouse arachnoid barrier // *Fluids Barriers CNS*, 2024, 27, 21(1): 67, <https://doi.org/10.1186/s12987-024-00566-0>

HISTOTOPOGRAPHY AND STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF MENINGES OF THE SPINAL CORD OF DOMESTIC DUCKS. LIGHT AND ELECTRON MICROSCOPIC STUDY

¹Gasimov E.K., ¹Huseynova S.A., ²Rzayev F.H., ¹Yıldırım L.E.

¹ Department of Cytology, Embryology and Histology, Azerbaijan Medical University

² Department of Electron Microscopy, Scientific Research Center

E-mail: fuad.rzayev@amu.edu.az

Abstract

One of the important ways to identify features characteristic of different systems and organs of the human body is to study them using modern methods in vertebrates belonging to different phylogeny stages. The aim of the study was to investigate the spinal cord's meninges of domestic ducks on histological and ultrastructural levels. The study was conducted on pieces of white matter of the spinal cord that were taken together with the meninges from domestic ducks. Araldite-Epon blocks were prepared from the samples according to the protocols accepted in electron microscopy, semi- and ultrathin sections were made on an ultratome and photographed under light and electron microscopes, respectively. Morphometric parameters of the structures were determined using a computer program for image analysis. The obtained data show that the dura mater of domestic ducks significantly differs from that of mammals due to detection of elastic fibers in their organization which length is measured in μm , as well as the transverse size $313,9-989,7 \text{ nm}$ ($626,0 \pm 16,71 \text{ nm}$). Between the elements of the fenestrated elastic membrane formed from elastic fibers are collagen fiber layers that are located in different directions. The presence of a boundary cell layer and a subdural space in the dura mater has been ultrastructurally refuted. According to the histotopography and the cellular and fibrillar structure of denticulate ligament of the spinal cord it has been determined that the ligament begins from the dura mater not from the pia matter of the spinal cord. The boundary between the cellular barrier layer and the reticular layer of the arachnoid matter is formed by a thin osmiophilic band which is created from the plasmalemma of leptomeningeal cells and the basal lamina located between them. The discovery of free elastic fibers in the arrangement of the dura mater and denticulate ligaments in domestic ducks together with the fenestrated elastic membrane may prevent pressure difference and abrupt changes in the position of the spinal cord during flight. With the use of modern technical facilities, it is possible transthecal injection of drugs or stem cells through denticulate ligament into the subarachnoidal space.

Key words: domestic ducks; spinal cord; meninges; leptomeningeal cells; denticulate ligaments; fenestrated elastic membrane; electron microscope.

ГИСТОТОПОГРАФИЯ И СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОЗГОВЫХ ОБОЛОЧЕК СПИННОГО МОЗГА ДОМАШНИХ УТОК. СВЕТОВОЕ И ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

¹Гасымов Э.К., ¹Гусейнова С.А., ²Рзаев Ф.Х., ¹Йылдырым Л.Э.

¹ Кафедра цитологии, эмбриологии и гистологии Азербайджанского медицинского университета

² Отдел электронной микроскопии Научно-исследовательского центра

E-mail: fuad.rzayev@amu.edu.az

Резюме

Одним из важных путей выявления особенностей, характерных для различных систем и органов организма человека, является их изучение с использованием современных методов у позвоночных, относящихся к разным стадиям филогенеза. Целью исследования было изучение оболочек спинного мозга домашних уток на гистологическом и ультраструктурном уровнях. Исследование проводилось на кусочках белого вещества спинного мозга, взятых вместе с оболочками у домашних уток. Из образцов готовили Аралдит-Эпоновые блоки по протоколам, принятым в электронной микроскопии, изготавливали полу- и ультратонкие срезы на ультратоме и фотографировали под световым и электронным микроскопами соответственно. Морфометрические параметры структур определяли с помощью компьютерной программы анализа изображений. Полученные данные показывают, что твердая мозговая оболочка домашних уток существенно отличается от таковой млекопитающих за счет обнаружения в ее организации эластических волокон, длина которых измеряется в мкм, а также поперечный размер 313,9-989,7 нм ($626,0 \pm 16,71$ нм). Между элементами фенестрированной эластической мембраны, образованной из эластических волокон, находятся слои коллагеновых волокон, которые расположены в разных направлениях. Наличие пограничного клеточного слоя и субдурального пространства в твердой мозговой оболочке ультраструктурно опровергнуто. По данным гистотопографии и клеточно-фибриллярной структуры зубчатой связки спинного мозга установлено, что связка начинается от твердой мозговой оболочки, а не от мягкой мозговой оболочки спинного мозга. Граница между клеточным барьерным слоем и ретикулярным слоем паутинной оболочки образована тонкой осмиофильной полоской, которая образована плазмалеммой лептоменингеальных клеток и базальной пластинкой, расположенной между ними. Обнаружение свободных эластических волокон в расположении твердой мозговой оболочки и зубчатых связок у домашних уток совместно с фенестрированной эластической мембраной может предотвратить перепад давления и резкие изменения положения спинного мозга во время полета. С использованием современных технических возможностей становится возможным трансектальное введение лекарственных препаратов или стволовых клеток через зубчатую связку в субарахноидальное пространство.

Ключевые слова: домашняя утка; спинной мозг; оболочки; лептоменингеальные клетки; зубчатая связка; фенестрированные эластические мембраны; электронный микроскоп.