

Монголын палеонтологи сэтгүүл

Psittacosaurus mongoliensis үлэг гүрвэлийн мөч болон хавтгай ясны гистологийн судалгааны үр дүнгээс

Ишлэл: Э.Мөнхтөр, З.Бадамхатан 2024. *Psittacosaurus mongoliensis* үлэг гүрвэлийн мөч болон хавтгай ясны гистологийн судалгааны үр дүнгээс. Mongolian Journal of Paleontology vol.5, 37-44

Э.Мөнхтөр, З.Бадамхатан

Шинжлэх Ухааны Академи, Палеонтологийн хүрээлэн, Улаанбаатар, Монгол Улс

Хүлээн авсан: 2024.01.12
Зөвшөөрөгдсөн: 2024.03.28

Сэдвийн ангилал:
палеонтологи

Сэдвийн хэсэг:
палеонтологи

Түлхүүр үг:
Psittacosaurus, гистологи,
судасжилт, шлиф, Монгол

Skeletal elements of dinosaurs undergo various developmental modes due to their biomechanical functions. This study compares the microstructures of different skeletal elements from *Psittacosaurus mongoliensis*, including the scapula, rib, tibia, and metatarsal. The microstructures of these elements differ, likely reflecting their distinct functions. It was found that the metatarsal and tibia have densely grown bone walls, which may be related to the pressure exerted by body weight. Conversely, the scapula primarily consists of spongy bone tissue. The ribs exhibit histological features similar to those of both long bones and flat bones, such as the scapula, possibly reflecting their role in protecting internal organs.

Зохиогчтой холбогдох:

Эрдэнээ Мөнхтөр
e-mail: munkhtur_e@mas.ac.mn

ПАЛЕОНТОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭН
Шинжлэх Ухааны Академи

ОРШИЛ

Палеонтологийн шинжлэх ухааны чиглэлүүддундаасолоннийтийнсонирхлыг багагүй татсан салбар нь үлэг гүрвэлийн судалгаа юм. Монгол оронд уламжлалт буюу амьтдын ясны гадаад төрхөд суурилан анатомийн шинжийг нь тодорхойлох судалгаа өндөр түвшинд явагдсан байдаг. *Psittacosaurus* үлэг гүрвэлийг анх 1922 онд Төв Азийн Гуравдугаар Экспедицийн үеэр Арц Богд уулын хойд хотгорт орших Өөшийн нуруу олдворт газар (өнөөгийн Өвөрхангай аймгийн Богд, Гучин-Ус сумын хил)-аас олж, Хэнри Осборн (1923) анатомийн тодорхойлолтыг гүйцэтгэн *Psittacosaurus mongoliensis* буюу “тоть хошуут гүрвэл” хэмээн шинжлэх ухаанд шинээр нэршүүлсэн байдаг.

Осборны 1923 оны бүтээлд *Psittacosaurus mongoliensis*-тэй төстэй нэгэн амьтныг *Protiguanodon mongoliense* хэмээн нэрлэснийг хожим *Psittacosaurus mongoliensis*-тэй ижил амьтан хэмээн хүчингүй болгосон байдаг (Young, 1958). *Psittacosaurus*-ийн анатомийн чиглэлээр АНУ-ын Чикагогийн Их Сургуулийн профессор Пол Серено хэд хэдэн анхдагч судалгаанууд гүйцэтгэн 4 шинэ зүйлийг тодорхойлон шинжлэх ухаанд нэршүүлсэн байдаг (Sereno et al., 1988, 2007, 2010; Sereno & Shichin, 1988).

Өндөр нарийвчлалтай кладистик анализын дүнд Андай худаг олдворт газраас *Psittacosaurus amitabha* хэмээх нэгэн шинэ зүйл олдсон нь түрүү цэрдийн үед *Psittacosaurus*-ын төрөл зүйлүүд хэрхэн дэлгэрч байсныг илэрхийлдэг (Napoli et al., 2019).

Өдгөө техник технологи хурдацтай хөгжихтэй зэрэгцэн палеонтологийн судалгаанд уламжлалт аргачлалыг хэрэглэхээс гадна эртний амьтны палеобиологийн шинжийг чулуужсан ясны доторх бичил бүтцийг тодорхойлох судалгаа эрчимтэй явагдаж байна. Ингэснээр илүү өргөн хүрээтэй

асуултуудад хариулах боломж нээгдсэн. *Psittacosaurus*-ийн өсөлтийн чиглэлээр хэд хэд чухал эрдэм шинжилгээний бүтээл хэвлэгдсэн байдаг.

Эриксон, Туманова нар (2000)-ын *Psittacosaurus mongoliensis*-ын олон тооны мөчдийн ясны материал дээр гүйцэтгэсэн ясны дотоод бүтцийн судалгаа нь энэ чиглэлээр хийгдсэн олон судалгааны суурь материал болсноороо онцлог.

Мөн БНХАУ-ын нутгаас олдсон *Psittacosaurus lujiatunensis* хэмээх бага биетэй нэгэн зүйлийн өсөлтийг 24 шаант чөмгийг ашиглаж гарсан үр дүн нь өсөлт, үржлийн асуудлыг хөндсөн байдаг (Erickson et al., 2009).

Уг судалгаагаар гистологийн (histos-эд; logia-судлал) аргачлал ашиглан *Psittacosaurus mongoliensis* үлэг гүрвэлийн мөчдийн яс (шаант, тавхай)-ыг биеийн бусад ястай (дал, хавирга) харьцуулах судалгаа хийв.

МАТЕРИАЛ АРГА ЗҮЙ

Гистологийн судалгааг ясны тодорхой хэсгийг зүсэж шлиф хийн микроскопоор харахад тохиромжтой болгох үүднээс бэлтгэсэн. Шлиф нь бодгалийн яснаас гистологийн судалгаанд тохирсон хэсгийг сонгон авч микроскопоор харж дотоод микро бүтцийг ажиглахад тохиромжтой болтол нимгэлсэн дээжийг агуулсан тунгалаг хавтан (шил эсвэл хуванцар) юм.

Энэ нь гистологийн уг судалгааны голлох аргачлал юм. “BLK-2014” дугаартай цуглуулгаас *Psittacosaurus mongoliensis* үлэг гүрвэлийн шаант, дал, тавхай, хавирга яснуудыг сонгон авав.

- Сонгож авсан ясанд нэмэлт цэвэрлэгээ хийнэ
- Epoxy resin бодист цутган биежүүлнэ
- “Struers Discotom 6” маркийн чулууны хөрөөгөөр илүү хэсгийг тайрч авна
- “Buehler IsoMet 1000” маркийн өндөр нарийвчлалтай хөрөө ашиглаж 2мм-

ийн зузаантай зүснэ.

- Урьдчилан бэлдсэн хавтанд наан байрлуулна
- “Struer LaboPol-1” үрэгч машин дээр цаасан зүлгүүрээр үрж 0,1-0,3 мм хүртэл нимгэлнэ

Эдгээр дарааллын дагуу бэлэн болсон шлифийн дотоод бүтцийг тодорхойлох зорилгоор “Nicon Eclipse 400” маркийн петрографийн микроскопоор ажиглалт явуулсны дараа “Prior Scientific” маркийн автомат тавцан, “Nikon DS-Ri2” микроскопын камер зэргээр тоноглогдсон “Nicon Eclipse 600” маркийн микроскоп “Nikon NIS-Elements BR” программын хослолыг ашиглаж шлиф тус бүрийн зургийг 4х, 10х өсгөлтөөр дарав.

Мөн 10х өсгөлттэй зураг дарахад бичил бүтцийг илүү тод ялгаж харах зорилгоор 530 нм-ийн урттай гэрлийг давхар ашиглав. Эдгээр зургийг “Adobe Photoshop” 2022, зургийн программ дээр боловсруулж, тодорхойлолтын гүйцэтгэв.

ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Psittacosaurus mongoliensis үлэг гүрвэлийн мөчний яснаас гадна хавтгай ясанд гистологийн аргачлалаар судалгаа хийж тэдгээрийг харьцуулснаараа онцлог юм. Мөч болон хавтгай яс харилцан адилгүй хөгжиж байгаа нь ажиглагдав.

Мөчний ясны хана илүү нягт бүтэцтэй байгаа нь биеийн жингийн даралтаас хамааралтай бол үйл ажиллагаа болон даац бага авдаг зэргээс шалтгаалан далны яс бүхэлдээ сийрэг бүтэцтэй. Хавирга яс далны ястай адил хавтгай ясны ангилалд багтана. Мөн биеийн жингийн даралт хавирга ясанд төдийлөн нөлөөлдөггүй боловч ясны хөндлөн зүсэлтийн гадна хэсгээр мөчний ястай адилхан нягт бүтэцтэй байна.

Энэ нь хавирга ясны үүрэг нь бодгалийн дотоод цул эрхтнүүдийг механик гэмтлээс хамгаалах зохилдлогоотой учраас хавтгай яс хэдий ч мөчний ястай адил

шинж агуулан хөгжсөн байх магадлалтай.

Шаант (зур 1) ясны чөмөг байрлах хэсэгт кальцит бий болсон. Чөмгөний нүхийг тойрсон ясны хана нь хоёр бүсчлэлд хуваагдана. Нэгдүгээр бүсчлэл болох **(а)** нь кортекс-ийн зузааны 70-80 орчим хувийг эзэлсэн ба цацраг маягийн судасжилт зонхилж тэдгээрийн эргэн тойронд зохион байгуулалтгүй байрласан судасжилт харагдана. Хоёрдугаар бүсчлэл **(б)** нь кортекс-ийн зузааны 20-30 хувийг бүрдүүлэх бөгөөд энэ бүсэд давхарга маягийн судасжилт болон ясны эсээр маш хомс болон эс агуулаагүй эд түгээмэл байна.

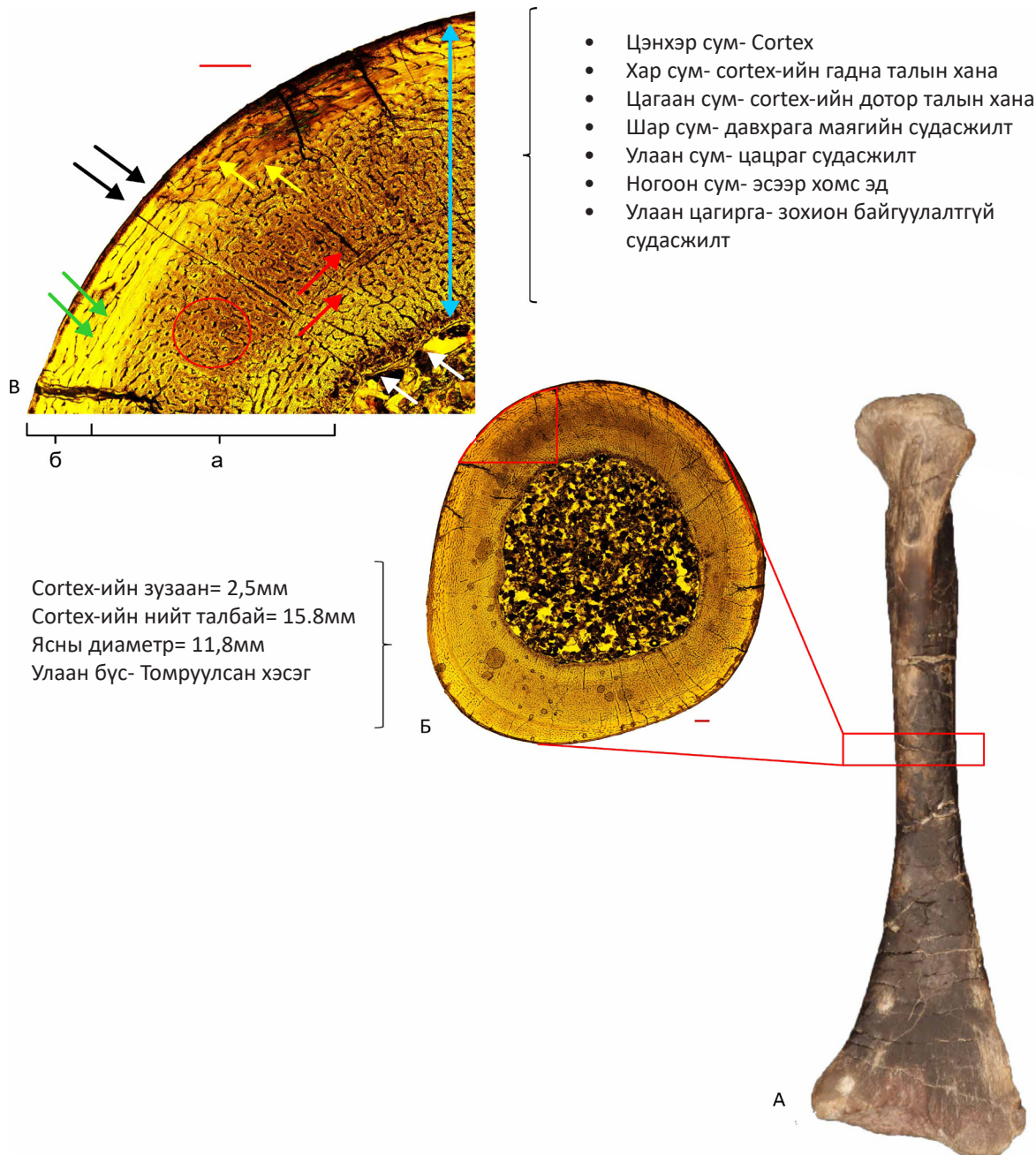
Тавхай (зур 2) чөмөг байрлах хэсэгт кальцитийн талстууд хуримтлагдсан байна. Ясны хана нь хоёр бүсчлэлд хуваагдана. Нэгдүгээр бүсчлэл **(а)**-д яс устгагч /идэгч/ эсийн идэвхтэй үйл ажиллагаа явагдсан байна. Уг бүсчлэл нь ясны хананы нийт талбайн 30-40 орчим хувьд ажиглагдана. Хоёрдугаар бүсчлэл **(б)** нь ясны талбайн 60 орчим хувийг эзэлж нэгдүгээр бүсчлэлийн гадуур байрлах ба энэ бүсчлэлд урт тэнхлэгийн дагуу байрлалтай уртааш судасжилт зонхилно. Мөн тавхай ясанд анхдагч болон хоёрдогч ясжилт ажиглагдав.

Дал (зур 3) яс нь дотоод бүтцээрээ сийрэг ясны ангилалд багтана. Нийт талбайд ширхэгт давхраалаг эд зонхилсон ба далны ясны зүсэлт хийсэн хэсэгт яс устгагч /идэгч/ эсийн үйл явц идэвхтэй явагдсан байна.

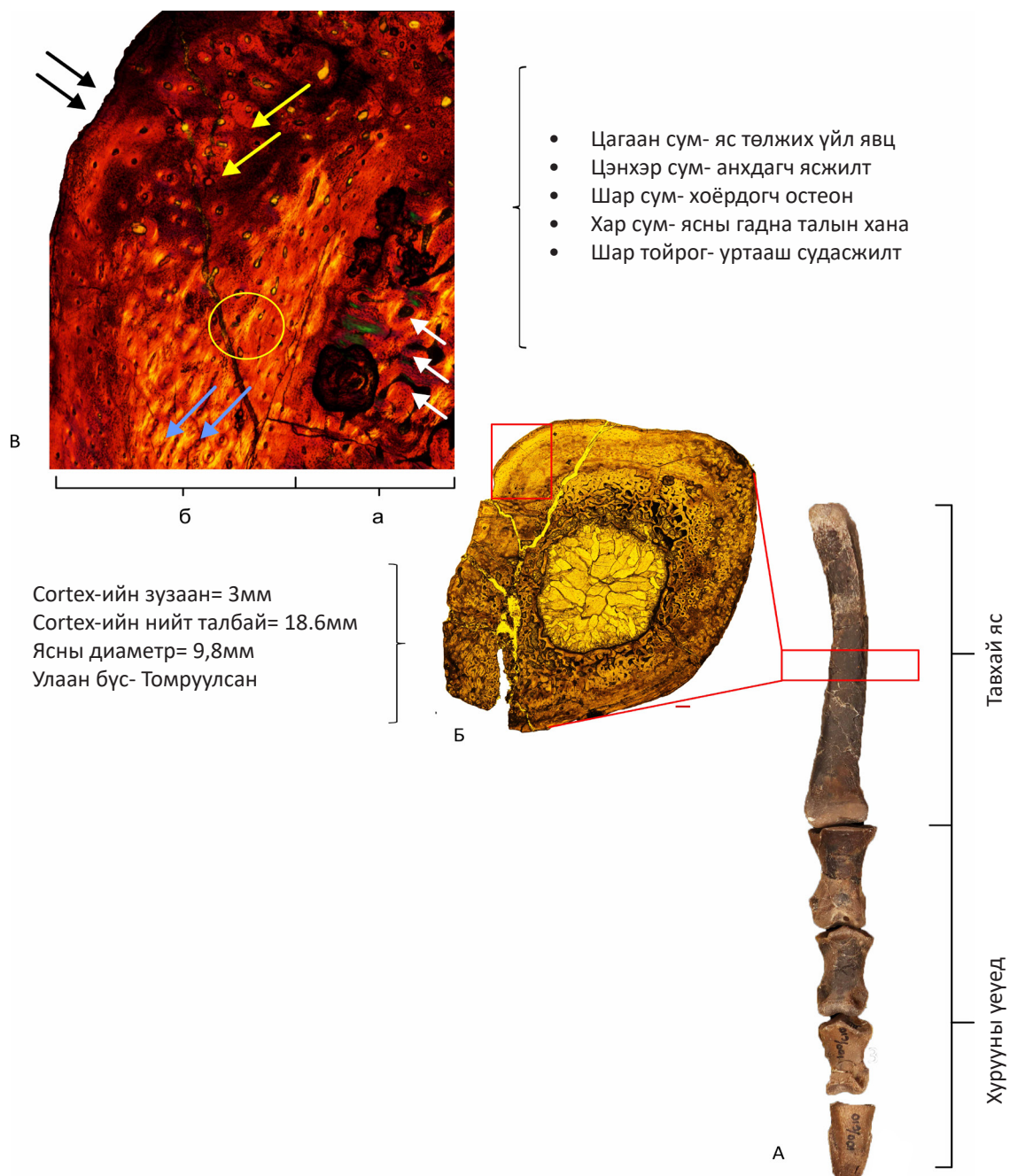
Хавирга (зур 4) дотоод бүтцийн хувьд мөчдийн ястай төстэй бүтэцтэй боловч чөмгөний орон зайгүй гэдгээрээ ялгаатай. Судалгаанд ашигласан дээжийн эд нь гурван бүсчлэлд хуваагдаж байна. Нэгдүгээр бүсчлэл **(а)** нь ясны төв хэсэгт яс устгагч /идэгч/ эсийн идэвхтэй үйл ажиллагаа явагдаж байгаагаараа бусад бүсчлэлээс ялгаатай. Тус бүсэд зохион байгуулалтгүй байрласан болон цацраг маягийн судасжилт ажиглагдана. Хоёрдугаар бүсчлэл **(б)** нь бусад

бүсчлэлүүдтэй харьцуулахад хамгийн бага талбайг хамрах ба эдийн хувьд 1-р бүсчлэлтэй ижил байна. Гуравдугаар бүсчлэл (в) нь нийт хөндлөн зүсэлтэд хамгийн том талбайг эзэлж байна.

Бүрдүүлэгч эдийн бүтцийн хувьд бусад бүсчлэлтэй ижил зохион байгуулалтгүй хөгжсөн болон цацраг маягийн судасжилтийн хослолоос бүрдэнэ.



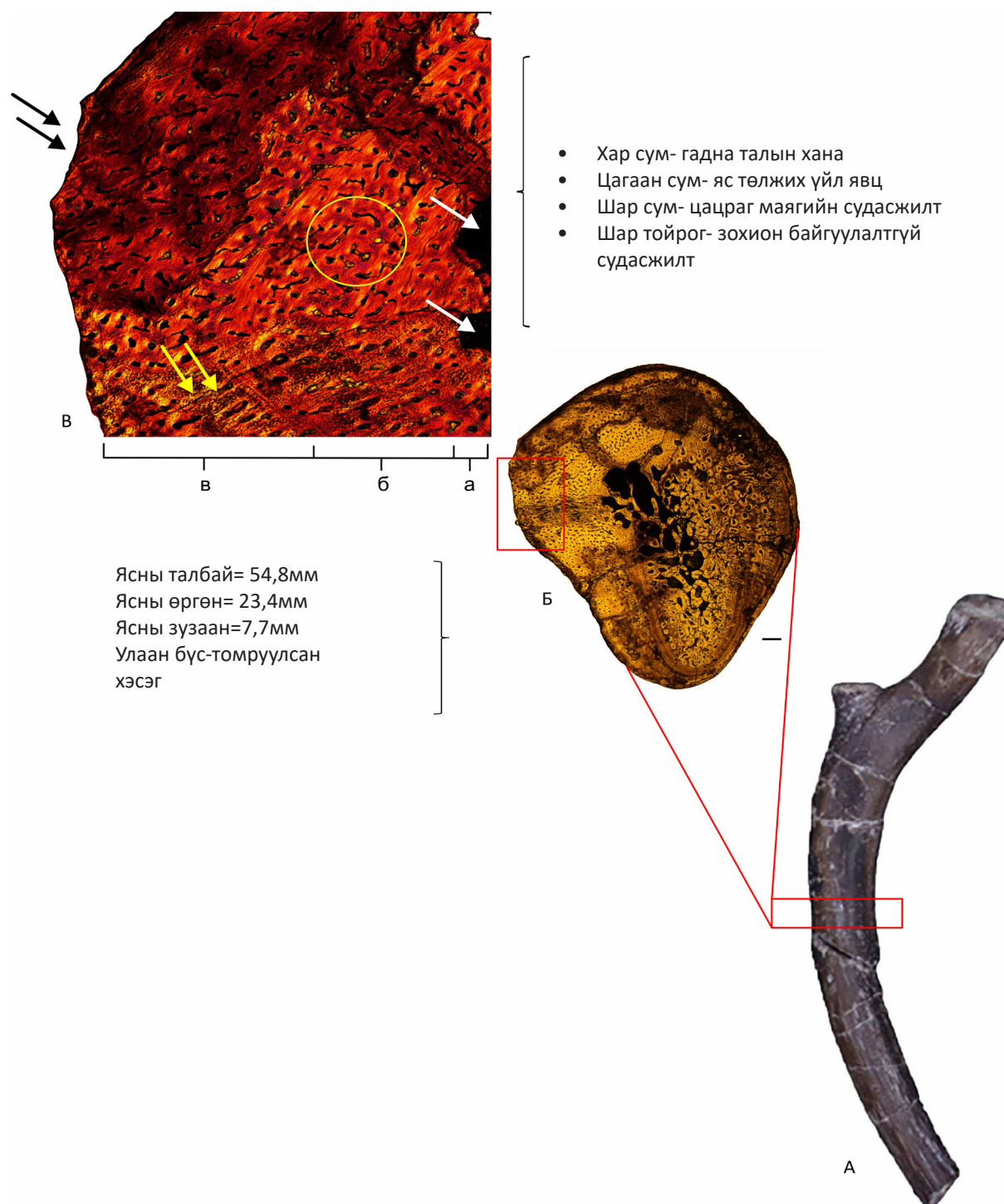
Зур 1. Шаант. А, *Psittacosaurus mongoliensis* үлэг гүрвэлийн шаант яс.
 Б, Шаант ясны гистологийн хөндлөн зүсэлт В, Шаант ясны хөндлөн зүсэлтийн 10х өсгөлт.
 а, дотор талаас эхний бүсчлэл. б, дотор талаас хоёр дахь бүсчлэл.



Зур 2. Тавхай. А, *Psittacosaurus mongoliensis* үлэг гүрвэлийн тавхай яс болон хуруу. Б, Тавхай ясны хөндлөн зүсэлт. В, тавхай ясны хөндлөн зүсэлтийн 10х өсгөлт. а, дотор талаас эхний бүсчлэл. б, дотор талаас хоёр дахь бүсчлэл.



Зур 3. Дал А, *Psittacosaurus mongoliensis* үлэг гүрвэлийн далны яс.
 Б, Дал ясны хөндлөн зүсэлт. В, Далны хөндлөн зүсэлтийн 10х өсгөлт.



Зур 4. Хавирга А, *Psittacosaurus mongoliensis* үлэг гүрвэлийн хавирга яс.
Б, хавирганы хөндлөн зүсэлт. В, Хавирганы хөндлөн зүсэлтийн 10х өсгөлт.
а, эхний бүсчлэл. б, хоёр дахь бүсчлэл. в.) гурав дахь бүсчлэл.

ДҮГНЭЛТ

Psittacosaurus mongoliensis үлэг гүрвэлийн тодорхой хэсэг яснуудыг сонгон авч палеогистологийн шлиф боловсруулан, дотоод бүтцийг ажиглан дараах дүгнэлтэд хүрэв. Нугаламт амьтдын ясан биеийг дотоод бүтцийн хувьд сийрэг яс, нягт хэмээн хоёр ангилдаг (Francillon-Vieillot et al., 1990).

Тус үлэг гүрвэлийн мөчдийн яснууд нь даац хүлээн авах буюу биеийн жингийн тулгуурын үүрэгтэй холбоотой зузаан, нягт ханатай болж хөгждөг. Харин уул амьтны биомеханик болон биеийн жингийн хуваарилалттай холбоотойгоор урд мөчинд ачаалал бага ирдгээс шалтгаалан далны яс нь нийтдээ сийрэг бүтэцтэй байгаа нь ажиглагдав.

Хавирга яс нь хэлбэр дүрсийн хувьд далны ястай адилхан хавтгай ясны ангилалд багтах боловч хөндлөн зүсэлтийн зах хэсгээр чөмгөний ястай ижил нягт бүтэцтэй байна. Тус үзүүлэлт нь хавирга ясны ургалт, хөгжлийн онцлогтой холбоотой байх боломжтой бөгөөд чөмгөний ястай ижил шинжтэй ч чөмөг агуулах орон зайгүй байгаагаараа ялгаатай. Уг харьцуулалтаас үзэхэд хавирганы яс нь дотоод бүтцийн хувьд хавтгай болон мөчний ясны шинжүүдийг агуулсан байдаг нь дотор цул эрхтнийг механик гэмтлээс хамгаалах үүрэгтэй холбоотой тус ясны хөгжлийн онцлог байж болно.

ТАЛАРХАЛ

Уг судалгааг гүйцэтгэхэд шаардлагатай лаборатори, тоног төхөөрөмж, дээж материалаар хангасан Палеонтологийн хүрээлэнгийн захирал доктор Х.Цогтбаатар болон тус хүрээлэнгийн нийт ажилчдад баярласнаа илэрхийлье. Мөн судалгааны чиглэлээр үнэтэй зөвлөгөө өгсөн доктор З.Бадамхатан; палеогистологийн шлиф бэлдэх аргачлалд сургасан техник боловсруулалтын ахлах мэргэжилтэн Ч.Баярдорж; хээрийн судалгааны болон лабораторийн боловсруулалтын үнэтэй зөвлөгөө өгсөн ЭШАжилтан Б.Ганзориг, С.Баасанхүү, Г.Алтаншагай нарт талархсанаа илэрхийлье.

АШИГЛАСАН БҮТЭЭЛИЙН ЖАГСААЛТ

- Erickson, G. M., Makovicky, P. J., Inouye, B. D., Zhou, C. F., & Gao, K. Q. (2009). A Life Table for *Psittacosaurus lujiatunensis*: Initial insights into ornithischian dinosaur population biology. *Anatomical Record-Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 292(10), 1684. <https://doi.org/10.1002/Ar.21041>
- Erickson, G. M., & Tumanova, T. A. (2000). Growth curve of *Psittacosaurus mongoliensis* Osborn (Ceratopsia: Psittacosauridae) inferred from long bone histology. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 130(4), 551–566. <https://doi.org/10.1006/zjls.2000.0243>
- Francillon-Vieillot, H., De Buffrénil, V., Castanet, J., Géraudie, J., Meunier, F. J., Sire, J. Y., Zylberberg, L., & De Ricqlès, A. (1990). Microstructure and mineralization of vertebrate skeletal tissues. In J. G. Carter (Ed.), *Skeletal biomineralization: patterns, processes and evolutionary trends* (Vol. 1, pp. 471–548). Van Nostrand Reinhold.
- Napoli, J. G., Hunt, T., Erickson, G. M., & Norell, M. A. (2019). *Psittacosaurus amitabha*, a New Species of Ceratopsian Dinosaur from the Ondai Sayr Locality, Central Mongolia. *American Museum Novitates*, 2019(3932), 1–36. <https://doi.org/10.1206/3932.1>
- Osborn, H. F. (1923). Two Lower Cretaceous dinosaurs of Mongolia. *American Museum Novitates*, 95, 10.
- Sereno, P. C., & Shichin, C. (1988). *Psittacosaurus xinjiangensis* (Ornithischia: Ceratopsia), a new psittacosaur from the Lower Cretaceous of northwestern China. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 8(4), 353–365.
- Sereno, P. C., Shichin, C., Zhengwu, C., & Chenggang, R. (1988). *Psittacosaurus meileyingensis* (Ornithischia: Ceratopsia), a new psittacosaur from the Lower Cretaceous of northeastern China. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 8(4), 366–377.
- Sereno, P. C., Xijin, Z., Brown, L., & Lin, T. (2007). New psittacosaurid highlights skull enlargement in horned dinosaurs. *Acta Palaeontologica Polonica*, 52(2), 275–284.
- Sereno, P. C., Xijin, Z., & Lin, T. (2010). A new psittacosaur from Inner Mongolia and the parrot-like structure and function of the psittacosaur skull. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 277(1679), 199–209. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.0691>
- Young, C. C. (1958). The dinosaurian remains of Laiyang, Shantung. *Palaeont Sin. New Ser C*, (16), 1–138.