Төв мэдрэлийн тогтолцооны орон зайн төсөөллийн механизм

Ч.Чинзориг[1,4*], О.Зэсэмдорж[2], Д.Цэрэндагва[3], Г.Отгон[1], Г.Сүхбат[1], Н.Энхжаргал[4]

[1]Физиологи, Био-анагаахын сургууль, АШУҮИС
[2]Эмгэг физиологи, Био-анагаахын сургууль, АШУҮИС
[3]Монгол анагаах ухааны олон улсын сургууль, АШУҮИС
[4]Систем эмоци сайнсе, Эмзүй, анагаах сургууль, Тояама
*Хариуцлагатай зохиогч
Цахим хаяг: Choijiljav_chinzorig@mnums.edu.mn, Утас: +81 080 4252 8488

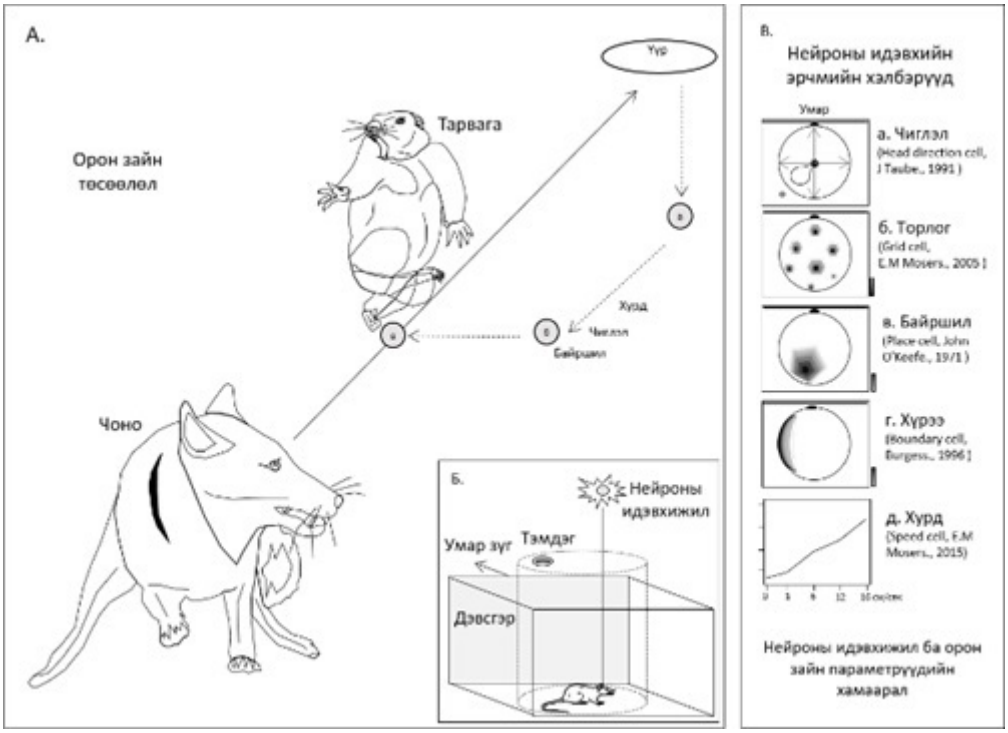
Түлхүүр үг.

Орон зайн төсөөлөл
Чиглэл эс
Байршил эс
Торлог эс
Хүрээ эс
Хурд эс

Товч утга: Төсөөлөл бол оюун санаа доторхи орон зайн зураглал юм. Ухамсарт болон үл ухамсарт ухаанд гадаад орчны хийсвэр төсөөлөл үүсдэг. Тэгвэл, орон зайн төсөөлөл хэрхэн буй болдог вэ?, бие махбодыг орон зайд хэрхэн удирдан залдаг вэ? Энэхүү өгүүлэлдээ тархины эс (нейрон) хэрхэн орон зайн хийсвэр төсөөлөл бүрдүүлдэг; орон зайн төсөөлөлд мэдрэхүйн сэрлийн оролцоо; сурах, санах процессийн механизмыг. Мөн өөрийн орны судлаачдын нейросайнсын чиглэлээр хийсэн бүтээлүүд, дэлхийн нийтийн судалгааны чиглэлтэй уялдуулан сайжруулах боломжийг тоймлолоо. Бихейверийн судалгаануудаас харахад нейроны бүлгүүд нь орон зайн динамик хөдлөлзүйгээр, орон зайн төсөөлөл үүсгэдэг байна. Манай орны хувьд нейросайсыг хөгжүүлэх замаар нийгмийн олон салбарт дэвшил авчрах боломжтой байна.

Үндэслэл: Оюун санаа бол хүн төрөлхтөний байгалийн шалгарлын хамгийн дээд ололт юм. Тархи орон зайг төсөөлж, биеийн аюулгүй байдал, хөдөлгөөнийг удирдах нь ухамсарт болон үл ухамсарт ухааны хариу үйлдэл юм. Үнэндээ, амьд амьтадын тархи зогссоноор үхэлд хүрдэг. Орон зайн хөдөлгөөнд биеийн байршил, зорчих чиглэл, хүрэх газар, хурдаа тодорхойлон хөдөлгөөн хийдэг (Зураг 1, А). Гадаад орчинд, цэгүүдийн геометрийн дүрслэлээр оронг, тэдгээрийн хоорондох хурд, хугацааны шууд хамаарлаар зайг илэрхийлдэг. Бихейверийн туршилт судалгааг орон зайн зохиомол орчин бүрдүүлэн судласнаар (Зураг 1, Б), 1971 онд Английн эрдэмтэн Жонн Кефийн гипокампусын нейроны байршил хамааралтай эрчимтэй идэвхил (зураг 1, В в), 2005 онд Норвегийн эрдэмтэн Эдвард, Мейбрит Мозер нарын Медиал Энториналь Кортекс (МЭК)-ийн нейроны торлог хэлбэрийн эрчимтэй идэвхил (зураг 1, В б) тодорхойлж, анагаах, физиологийн салбарт “Нобель 2014” шагнал авсан. Үүнээс гадна, таламус (өмнө, хажуу)-ын нейрон нь чиглэл (Зураг 1, В а), парагипокампусын нейрон нь хүрээ хязгаар (Зураг 1, В г), МЭК-ийн нейрон нь хөдөлгөөний хурд (Зураг 1, В д), зэрэг орон зайн үзүүлэлтүүдтэй хамааралтай эрчимтэй идэвхижил үзүүлдэгийг тодорхойлж, биеийг гадаад орчинд шугаман болон эргэх хөдөлгөөнд оролцох механизмыг бүрдүүлдгийг тайлбарласан[1-6]. Судалгаануудаас харахад, нейрон нь орон зайн параметрүүдэд өвөрмөц хамааралтай динамик идэвхижил үзүүлдэг байна. Энэ нь тархины нейроны бүлгүүд хамтран орон зайн төсөөлөлийг дүрслэдэг байна.

Төсөөлөл бол хэл соёлоор дамжин бидний амьдралын хэмнэл, хэрэглээнд нэвтрэн хэвшил болдог. Чоно, тарвага хоёрын амьдралын хэвшил бол байгаль дээрхи бидний сайтар мэдэх хамааралын нэг хэлбэр. Үүгээр зогсохгүй тэднийг зүйрлэн хөөцөлдөн тоглох тоглоом зохиосон байдаг. Амьдралын төлөө тарвага үүрнээсээ гарч идээшлэх, түүнийг чоно ангуучлах хэрэгцээ үүсдэг. Энэ үед орон зайн оновчтой хариу урвал үзүүлж чадсан амьтан л хооллох юм. Амьдралын энэхүү тогтолцоог Ч.Дарвин анх зүйлийн үүсэл номондоо тэмдэглэсэн. Үүнд, тарвага үүрэндээ аюулгүй боловч, гадаад орчинд өөрийн байршил, хүрэх цэг, шилжих хурдаа оновчтой тодорхойлж хөдлөснөөр эрсдэл үүсэхэд хамгийн түрүүнд үүрэндээ ирдэг гэж үздэг. Энэ бол тарваганы орон зайн хариу урвал юм. Судлаачид орон зайн судалгаанд мэрэгч амьтадыг өргөн ашигладаг. Учир нь эдгээр амьтадын орон зайн төсөөлөл, хөдөлгөөний чадвар сайн хөгжсөн байдаг[1-13] (Зураг 1, А, Б).



Зураг 1. Орон зайн төсөөлөл

А, туршилтын зохион байгуулалт Б, нейроны идэвхижил ба орон зайн параметрүүдийн хамааралын загвар В тус тус харууллаа. А, Тарвага хооллохын тулд үүрнээсээ а-б-в цэгүүдэд шилжих хэрэгтэй. Гэвч, чонын эрсдэлийг эрт илрүүлж, зугтахад орон зайн төсөөлөл хэрэгтэй. Б, Цилиндер хэлбэрийн саванд таних тэмдэг байрлуулж, тэгш өнцөгт хэлбэрийн өрөөнд амьтны туршилт явуулсан дүрслэл. Амьтныг цилиндер саванд шилжилт хийх үед нейроны идэвхийг бүртгэн бичдэг. В, Цилиндер савны ёроолын талбайг нейроны идэхижлийн цэгүүдтэй харьцуулсан дүрслэл (дээрээс).

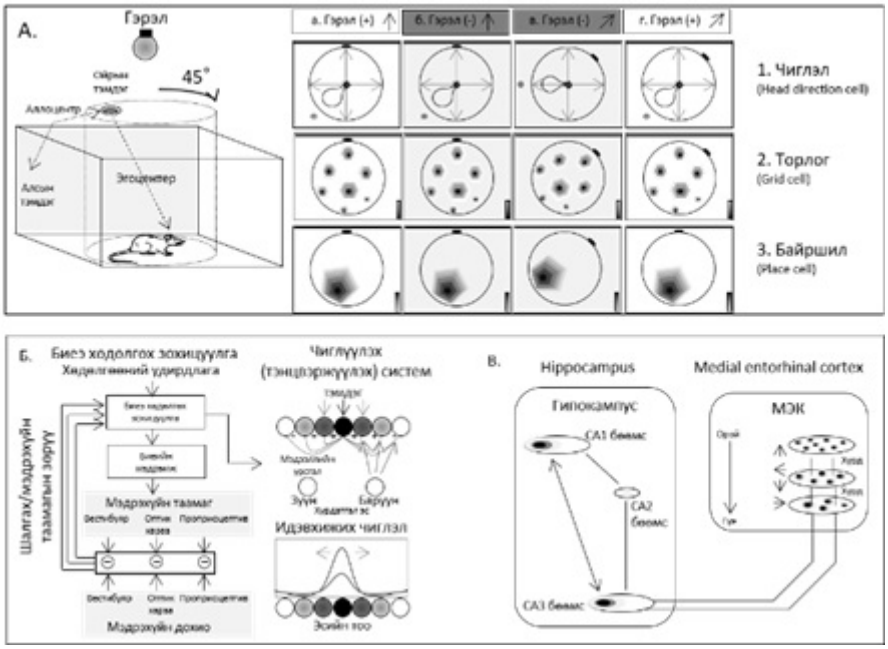
Аргазүй: Уг өгүүллийн “Spatial cognition” түлхүүр үгээр үндэсний анагаахын мэдээллийн сангаас хайлт хийхэд 1959-2021 оны хооронд 33 984 илэрц илэрч байна. Үүнээс сүүлийн 10 жил 21850 буюу илэрц тоо эрс нэмэгдсэн байна. Үүнээс гадна, Орон зайн төсөөллийн судалгаа хийсэн эрдэмтэд 2014 онд Анагаах, физиологийн салбарын Нобелийн шагнал аваад байна. Иймээс орон зайн төсөөллийн чиглэлээр үнэмлэхүй ишлэл авч хүлээн зөвшөөрөгдсөн 15 өгүүлэлд дүн шинжилгээ хийж, өөрийн орны судлаачдын хэвлүүлсэн 9 өгүүллийг харьцуулан дүгнэж, өөрийн орны боломж, чиг хандлагыг тоймлон бичив.

Орон зайн төсөөлөл ба хөдөлгөөн: Орон зайн төсөөлөлд шаардагдах тэмдгийг зохиомлоор өөрчлөн төөрөгдүүлж, төсөөллийг судалсан (Зур2, А). Орон зайг бие-төвтэй (эгоцетр) ба юмс-төвтэй (аллоцентр) үндсэн хоёр хэлбэрийн лавламжаар төсөөлдөг. Юмс-төвтэй төсөөлөл нь орчны геометрийн хэлбэр, ойрын болон холын тэмдэгээс хамаардаг. Энэхүү төсөөллийн хоёр хэлбэрийн лавлагааг ашиглан биеийг орон зайд хөдөлгөн жолооддог. Орон зайд хөдлөхөд гадаад орчныг мэдрэх аллотетик (хараа, сонсгол, үнэр), дотоод орчныг мэдрэх идиотетик (вестибуляр, проприоцептив, оптик урсгал) мэдрэхүйн нийцэл чухал байдаг. Судлаачид чиглэл, торлог, байршил эсүүдийн орон зайн идэвхижилд харааны мэдээллийн зохиомол төөрөгдлийг туршсан байна. Энгийн нөхцөлд чиглэл эс өвөрмөц зүгт (зураг 2, А а 1), торлог эс өвөрмөц цэгүүдэд (зураг 2, А а 2), байршил эс өвөрмөц байршилд (зураг 2, А а3) эрчимтэй идэвхижил үзүүлдэг, энэ нь харанхуй нөхцөл ч тогтвортой байдаг (зураг 2, А б, 1-3). Учир нь, орон зайн төсөөлөл нь харааны мэдрэхүйн сэрэлд сул хамааралтай бие даасан төсөөлөл юм. Харин, 45° градусын эргэлтэд нейроны идэвхижлийн эрчим шилжиж (зураг 2, А в, 1-3) тодорхойлогдсон. Энэ нь бие-төвтэй төсөөлөл, геометрийн цилиндер хэлбэр, ойрын тэмдгийг дагаж орон зайн төсөөлөл шилжсэн байна. Сүүлийн туршилтад гэрэлтэй нөхцөлд 45° градусын эргэлт хийхэд нейроны идэвхижлийн эрчим шилжихгүй байна (зураг 2, А г, 1-3). Учир нь юмс-төвтэй төсөөлөл, алсын тэмдэг, ойрын тэмдгийн уялдааг харьцуулж, нейроны идэвхижлийн эрчим шилжихгүй байгааг харж байна. Учир нь төсөөлөлд харьцангуй тогтвортой тэмдгийг лавлагаа болгон ашигладаг. Олон талт мэдээллийг (multiple cues) нэгтгэж, нарийвчилсан төсөөлөл үүсгэснээр аюултай хөдөлгөөн, төөрөгдлөөс сэргийлж чаддаг[7-11].

Биеийн хөдөлгөөнд вестибуляр, проприоцептив, оптик урсгал зэрэг идиотетик мэдээллийн интеграци голлох үүрэгтэй. Иймээс, хөдөлгөөний идиотетик сэрлүүдийг, орон зайн төсөөллийн идэвхижилтэй уялдуулан судалдаг. Хисао Нишижо нарын боловсруулсан толгойг бэхлэх аргаар нейроны идэвхижлийг бүртгэх арга нь вестибуляр, оптик урсгал, проприоцептив мэдрэхүйг ялган судлах боломж олгосон. Энэхүү судалгаанд, идиотетик мэдрэхүйн эсрэгцэл (sensory conflict) үүсгэсэн. 2011 онд Айтаке нарын судалгаагаар мэдрэхүйн эсрэгцэл урт хугацааны сургалтын үр дүнд дасан зохицож байгааг гипокампусын тета долгионы эрчмээр тодорхойлсон юм. Харин, 2014 онд Н.Энхжаргал нарын судалгаагаар чиглэлийн төөрөгдөлд орох үед таламусын нейронууд

бие-төвтэй лавламж ашиглан хөдөлж байгааг тодорхойлсон. Үүнээс харахад, бие ба юмс төвтэй төсөөллийн лавлагааг орон зайн хөдөлгөөнд ашигладаг байна[12-13]. Сүүлийн үеийн судалгаагаар бие-төвтэй хүрээ (egocentric boundary cell) тодорхойлогдсон байна. Энэхүү эс нь тархины ретросплениал кортекс (РСК)-ийн бүсээс тодорхойлогдсон бөгөөд өөрийн биеэс орон зайн хязгаар хүртлэх зайтай хамааралтай идэвхижил үзүүлдэг байна[14].

Нярай хүүхэд ойролцоогоор нэг настаий хөлд ордог бол, амьтны зулзага цагийн дотор тэнцэж эхэлдэг. Онтогенезид филогенези голлох үүрэгтэй ч гадаад орчны дасан зохицол, амьдралын туршлага, суралцах процесс чухал юм. Учир нь хүн ба амьтны тархины суралцах оюуны багтаамж эрс ялгаатай ч аль алинд нь орон зайн өндөр нарийвчлалтай төсөөлөл байдаг. Үүнд амьдралын туршлага, дасан зохицох процесоос суралцсан мэдрэхүйн таамаг ажилладаг. Энэхүү мэдрэхүйн таамаг, гадаад орчны мэдрэхүйн зөрүүг шалгах зарчмаар хөдөлгөөнийг удирддаг (Зураг 2, Б). Вестибуляр систем бол гравитацийн хүчийг ашиглан толгойг чиглүүлэх интеграци хийн, төсөөллийн баримжааг боловсруулахад оролцдог (Зураг 2, Б 1-3). Ингэснээр гадаад ертөнц, дотоод төсөөллийн уялдааг хангадаг[12-14]. Иймээс аливаа дасгал хөдөлгөөн нь бие бялдар, хөдөлгөөн, орон зай, оюуны хөгжилд эерэг нөлөө үзүүлдэг гэж үздэг.

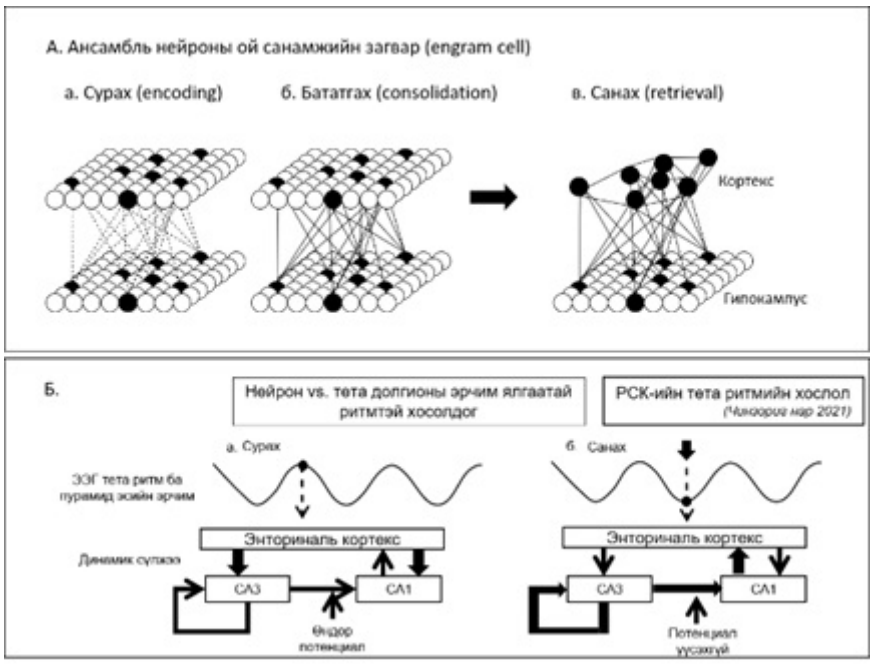


Зураг 2. Туршилтын зохион байгуулалт

А, Чиглэл, торлог, байршил эсүүдийн идэвхижлийн эрчмийн хэлбэрүүд, хөдөлгөөний удирдлага, идиотетик мэдрэхүйн системчилсэн схем Б, Гипокампус (CA 1-3 бөөмс), Медиал энториналь кортекс (МЭК) -ийн нейроанатомийн холбоог дүрсэлсэн схем В. Цлиндер хавтан 45° градусын эргэлт, өрөөний гэрэл, алсын, ойрын тэмдгүүдийн өөрчлөлт дүрслэгдсэн. Гэрэлтэй, харанхуй, эргэлттэй нөхцөлүүдэд нейроны идэвхижлийн эрчмийг үзүүлсэн (Цлиндер сав, дээрээс).

МЭК-ийн торлог эсүүд нь зургаан талт цэгчилсэн идэвхижилээр орон зайн хэмжээсийг бүрдүүлдэг. МЭК-ийн дээд давхаргаас гүнрүү чиглэлтэй торлогийн талбай томорч байгааг тодорхойлсон. Энэ нь торлог эсүүд бие биеэндээ орон зайн мэдээллийг дамжуулан нэгтгэж байгааг илэрхийлж байгаа юм. Мөн виртуаль орчинд торлогийн талбай томорч байгааг тодорхойлсон. Үүнд, МЭК-ийн хурдны эс үе бүрт шигэн байрлаж, мэдээллийг эсүүдэд дамжуулдаг гэж үздэг. МЭК нь гипокампусын CA3 бөөмстэй хамтран ажилладаг. Учир нь МЭК-ийн орон зайн мэдээлэл гипокампусийн нейроны байршлын идэвхижилийг дэмждэг. Гипокампусын үндсэн гурван бүс (CA1 бөөмс; CA2 бөөмс; CA3 бөөмс) нь орон зайн ой санамжид голлох үүрэгтэй (Зур2, В). Ой санамжийн нейронууд тархины гипокампусын бүсүүдэд байрлаж, суралцах, санах процест оролцдог[1-10,15].

Орон зайн төсөөллийн санамж: Платон бол "Тархи ой санамжийг агуулдаг" гэж бичсэн эртний философич. Харин, XX зуунд, Ричард Семон ансамбль нейронууд (engram cells), Доналд Хэбб синапсын холбоо (synaptic plasticity) зэрэг онол боловсруулан, ой санамж нь сурах, бататгах, санах гэсэн гурван үе шатыг дамждаг гэж таамагласан (Зураг 3, А а, б, в). Гэвч, онолыг батлах, туршилт судалгаа хийх боломж хомс байлаа. Учир нь тархины гүн доторхи нейроны холбоос, ансамбль нейроны хоршилыг илрүүлэх боломж байсангүй. Харин, генийн амьтад, туяарагч ууран, вирүсийн вектор, оптогенетик стимуляци г.м ансамбль нейроныг өвөрмөцөөр илрүүлж судлах боломж нээгдэж байна16-17. Дефолт моде сүлжээ (Default mode network) нь ансамбль нейроны идэвхижилийн сүлжээ гэж таамаглаж байна. Учир нь ой санамж, орон зай, оюун санааны олон үйлдлүүд энэхүү тархины гадаргуугын болон гүний холбоостой хамааралтай байна.



Зураг 3. Ансамбль нейроны сурах, батагах, эргэн санах үе шатыг дүрсэлсэн схем

А. Сурах үе а, нейроны холбоо сул (тасархай шугам), Бататгах үе б, нейроны холбоос бэхэжсэн (тод шугам), эргэн санах үед бэхэжсэн холбоосоор ансамбль нейронууд тархины гадаргуу (кортекс), гипокампусын бүсүүдэд идэвхижинэ. Б, Сурах а, санах б, процесст ансамбль нейроны холбоосоос хамааран идэвхижлийн цикл ялгаатай ритмтэй байдаг. Сурах үед тета долгионы эерэг ритмд, санах үед сөрөг ритмд нейроны идэвхижлийн эрчим тохирдог. Энэ үед гипокампусын CA3 бөөмс ба CA1 бөөмс хоорондох потенциал ялгаатай байдаг байна.

Суралцах үед тархины хэсгүүд доторхи шаардлагатай нейронууд холбогдон бүлгээрээ идэвхиждэг гэж үздэг (Зураг 3, А а). Нойрсолтын судалгаанд, бататгах шат нь тархины тета ритмтэй зүүдний үед явагддаг гэж үздэг. Энэ үед синапсын холбоос нягтарч, залгаас бэхжиж байгааг илрүүлсэн байдаг (Зураг 3, А в). Ингэснээр санах үед цочруулд хариу үзүүлэх хурд нэмэгдэж, сурах үеэс хурдан санадаг байна (Зураг 3, А в, Б). Иймээс шинэ зүйлийг давтсаар сайжрах, дасгалжсан зүйлийг автоматаар гүйцэтгэх чадвар суудаг. Байршилын потенциал нь ансамбль нейроны холбоосын цахилгаан эрчмийг илэрхийлдэг. Судлаачид байршлийн потециалийг электро-энцефалографи (ЭЭГ), пирамид нейроны идэвхижилийн эрчмийг электрод шигтгэн бичээд сурах ба санах үеийн сэрлийн хурдыг харьцуулан дүгнэсэн байна (Зураг 3, Б).

Тета ритмийн өгсөх (0°-180°, эерэг фаз) дээр сурах үе, уруудах (180°-360°, сөрөг фаз) дээр санах үеийн пурамид эсүүдийн идэвхижил таарсан байна (Зураг 3, Б а, б). Мөн судлаачид санах үед зөвхөн цочруулаас гадна түүний давхар хамааралтай зүйлсийг санаж байгааг тогтоосон. Энэ нь ансамбль нейронуудын холбоосоор үүсдэг гэж үздэг. Гипокампус бол ой санамжийг хадгалдаг тархины үндсэн хэсэг юм. Сурах үед CA3-аас CA1 рүү чиглэсэн өндөр потенциал үүсдэг ч санах үед тодорхойлогддоггүй байна (Зураг 3, Б а, б). Энэ нь санах үед тархины өөр бүс оролцдог гэсэн таамаг дэвшүүлдэг байлаа. РСК бол CA1-тэй хамтран ажилладаг тархины гадаргуугын бүс юм. 2021 онд Английн оксфордийн их сургуулийн хэвлэл церебраль кортекс сэтгүүлд хэвлэгдсэн Ч.Чинзориг нарын бүтээл нь РСК-ийн бүсээс тодорхойлсон урамшуулал хамааралтай нейрон нь уялдаа холбоог санах процесст оролцдогийг баталсан юм. Санах үед идэвхижсэн нейродинамикийг морлет вейвлетийн спектор динамикийн аргаар тодорхойлж, байршилын тета динамикийн сөрөг фазтай уялдуулан судлаж, ритмийн давхцал байгааг тодорхойлсон. Нейроанатомын хувьд РСК ны олон мэдрэхүйн бүсүүдээс мэдээлэл авч нэгтгэдэг тархины гадаргуугын төвийн бүс юм. Иймээс гаднаас ирэх цочруулыг санах үед тархины РСК нь тета ритмээр идэвхижин, ансамбль нейроныг идэвхижүүлэхэд аливаа зүйлийг уялдаа холбоотой нь санадаг гэсэн үг юм[19]. Өөрөөр хэлбэл хүн өчүүхэн жаахан сэжүүрээс түүнтэй холбоотой бүхий л зүйлийг эрүүлэн санаж чаддаг нь ансамбль нейроны идэвхижилтэй холбоотой юм.

Хэлцэмж: Орон зайн төсөөлөл тархинд үүсгэх механизмыг бихейвер нейросайнсын судалгааныудаас түүвэрлэн тайлбарлалаа. Дэлхий нийт оюун ухааны параметрүүдийг нарийвчлан тодорхойлж, нейросайнсын ололтуудаа анхаарал хандуулж байна. Английн эрдэмтэн (Жонн Кеф 1971, “Нобель 2014”) байршил эсийн туршилт хийж байх тэрхүү цаг үед Анагаах ухааны дээд сургуулийн физиологич профессор Л.Бадамханд (П.К. Анохины институт, Москва, 1966-1971; Удирдагч К.В. Судаков) тархины гүнд нейроны идэвхийг бүртгэн бичиж, ижил төстэй аргаар судалгаа хийж байжээ (Ишлэв: Академич Ц.Лхагвасүрэн, “Тархи судлал-2016”, илтгэл; профессор Г.Батмөнх, дурсамж). Улмаар профессор Г.Батмөнх нарын физиологичид АУДС-ийн физиологийн лабораторид нейроны

судалгааг явуулж байсан баримт бий. Сонирхолтой баримт дурдахад Орсын эрдэмтэн, удирдагч багш К.В. Судаков нь Японы Тоямa их сургуультай хамтран ажилладаг байсан эрдмийн хүйн холбоо байна (Ишлэв: Т.Оно, Х.Нишижо Зургийн цомог). Сүүлийн жилүүдэд, гадаадын орнуудад нейросайнсын судалгаа хийж, Б.Дамдиндорж нарын судлаачид нэгдэн тархи судлалын холбоог Монголд байгуулан, олон улсын судлаачидтай хамтран ажиллаж, лабораторит стереотаксик хэмжилттэй тархины хагалгаатай судалгааг удирдан явуулж эхлээд байна. 2014 онд Н.Энхжаргал нейроны идэвхижлийн эрчмийг чиглэлтэй уялдуулан судлаж, идиотетик мэдрэхүйн эсрэгцэл үүсгэн амьтан төсөөлсөн чиглэлээ алдах үедээ бие - төвтэй төсөөлөл ашиглан хөдөлгөөнөө үргэлжлүүлэн хийдэг болохыг баталсан. 2019 онд Ч.Чинзориг ялгаатай нөхцөл дэх ижил чиглэлийн ялгааг таних нейроны механизмыг тодорхойлж, идиотетик мэдрэхүйн өөрчлөлтүүдтэй уялдуулан судалсан. Энэ нь идиотетик мэдрэхүйн оролцоо, нөхцөл хамааралтай төсөөлөл үүсгэх нейроны бүлгүүдийн механизмыг тайлбарласан юм. Үүний зэрэгцээ, 2016 онд О.Зэсэмдорж генетикийн шугамын хулгана ашиглан с-фос уургийн нийлэгжлийг тусгайлсан зорилготой даалгавараар өдөөж, өвөрмөц нейронуудыг оптик гэрлээр идэвхижүүлэн судалсан байна. 2018 онд Н.Наранбат[21] с-фос нийлэгжүүлсэн нейрон, 2016 онд Ж.Ундармаа[22] парва-альбумин иммуно-рейктив нейроны тоог тус тус тодорхойлсон байна. Эдгээр бүтээлүүдийн судалгааны аргачлал, загварыг нэгтгэж нейросайнсын чиглэлээр шинэлэг судалгаа хийх боломжтой юм. Оюуны параметрүүдийг нарийвчлан тодорхойлж, танин мэдсэнээр зохиомол оюун ухаан, мэдээлэл, маркет, бараа бүтээгдэхүүн, хөдөө аж ахуй, бүтээн байгуулалт, үйлдвэрлэл, оюуны бүхий л салбарт дэвшил гаргах боломжтой юм[13,18-21].

Орон зайн төсөөллийн жишээ бол хүн, амьтан “адуу” эх нутгаа санагалзах юм. Нутгаа санагалзах нь тэдний төсөөллийн орон зай, бодит байдлын ялгаанаас үүсэх хүлээлт юм. Энэхүү төсөөлөл, бодитоор хэрэгжих үед сэтгэл ханамж үүсэж, тархинд урамын нейромедиатерууд ялгардаг. АУ-ны доктор О.Зэсэмдорж[20], Н.Наранбат[21], Ө.Мөнхзаяа[24], Д.Мөнхзул[23] нарын судалгааны ажлууд сэтгэл ханамж, нейромедиаторуудын чиглэлээр чухал таамаглалуудыг баталсан. Иймд, энэхүү судалгааны үр дүнгүүдийг тоймлон тусгайлан өгүүлэх нь зүйтэй гэж үзэж байна. Гэвч, орон зайн төсөөлөл, урмын тогтолцоотой холбоотой асуудлыг хөндөх хэрэгтэй байх. Төсөөллийн орон зайг дүрсжүүлэн хавтгай “зурагт, утас” дэлгэцээр дамжуулан хүмүүсийн оюун санааг эзэмдэж буй цаг үед бид амьдарч байна. Үнэндээ, дэлгэцний туяа нь тархины урмын медиатруудыг ихэсгэж хиймэл дуршил үүсгэдэг. Үүнтэй холбоотой кибэр (Идиотетик мэдрэхүйн төсөөллийн алдагдал; хуурмаг төсөөлөл, тайлбайн айдас г.м) хам шинжүүд нэмэгдэх зураглал харагдаж байна.

Голомтлон тархдаг КОВИД-19 вирүсийн тархалтыг хумих үр дүнтэй арга бол орон зайн тусгаарлалт билээ. Гэвч, зайн хязгаарлалтад орсон хүмүүсийн уур бухимдал, стрессийн түвшин нэмэгдэж, сэтгэл гутрал, сэтгэл түгшил зэрэг айдсын өвчнүүд нэмэгдэж байгааг мэдээлж байна. Амьтны туршилтад орон зайн стресс үүсгэх аргыг өргөн ашигладаг. Үүнд, амьдрах үүрийг жижигсгэх, амьтны тоог нэмэх зэрэг орон зайн хавчлагад оруулах аргачлалууд ордог. Магадгүй хүн ч газар нутаг, эх орныхоо төлөө эрсдэлд ороход бэлэн байдаг нь энэхүү стресстэй холбоотой байж болох юм. Орон зайн хүрээ эс бол аливаа хязгаарыг таньдаг гэж тодорхойлогдсон. Иймээс төсөөлөл бол тодорхой хүрээ хязгаар, түүнээс хамааралтай хэмжигдэхүүн дотор байна гэж үздэг. Судлаачид хүрээ хамааралтай вектор (egocentric boundary cell) эсийн талаар мэдээлж эхлээд байна. Иймээс орон зайн хязгаарлалт нь төсөөллийн хязгаарын тойргийг жижигрүүлснээр орон зайн төсөөллийн стресс үүсдэг байж болзошгүй юм. Энэ талаар хийгдсэн судалгаа одоогоор хомс байна.

Дүгнэлт: Нейросайнсын туршилт судалгааг олон улсад хүн, амьтны бихейверийн үйлдлүүдэд суурилан судалдаг. Монгол орны хувьд ахуй амьдралдаа эртнээс хэвшүүлсэн мал аж ахуйн уламжлалтай үндэстэн юм. Учир нь мал аж ахуй бол хүн ба амьтны оюун санааны нэгдэл дээр үүсэж хөгжсөн хүн төрөлхтөний амьдралын нэг хэлбэр билээ. Зохиомол оюун ухаан, мэдээллийн технологийн салбарууд бихейвер дээр суурилсан магадлал үүсгэн ирээдүйн зураглалыг дүрсэлж байна. Манай орны нүүдлийн соёлыг нейросайнсийн ололттой уялдуулах нь хоёр талын давуу талтай юм. Үүнд, бихейверийн судалгаанд мал аж ахуйн олон зуун жилийн туршлагаас нэвтрүүлэх, нөгөө талаас нейросайнсийн ололтоос мал аж ахуйд нэвтрүүлэн хөдөлмөр хөнгөвчлөж, технологи нэвтрүүлэн орчин үед тэргүүлэгч амьдралын хэвшилтэй үндэстэн болох боломж байна.

Талархал: Залуу судлаачидыг гадаадад бэлтгэх, нейросайнсын судалгаанд шамдах боломжийг бүрдүүлсэн АШУҮИС-Тоямa их сургууль, АШУҮИС-Жичи их сургуулийн хамтын ажиллагаа, түүнийг зохион байгуулсан, санхүүжүүлсэн байгууллага хамт олон, хувь хүн бүрт гүн талархал илэрхийлье.

Мөн энэхүү тойм өгүүллийг боловсруулахад үнэтэй санал зөвлөмж өгч, өгүүллийн чанарыг нэмэгдүүлэхэд цаг зарцуулан ажилласан профессор Г.Сүхбат, ШУ-ны доктор, профессор Д.Цэрэндагва; ШУ-ны доктор, профессор Г.Отгон; ШУ-ны доктор, профессор Б.Мөнхбат; АУ-ны доктор, профессор Б.Дамдиндорж; АУ-ны доктор Н.Энхжаргал, АУ-ны доктор О.Зэсэмдорж; АУ-ны доктор Ө.Мөнхзаяа нартаа талархал илэрхийлье.

Ном зүй:

1. *O'Keefe J, Dostrovsky J. The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. Brain Res. 34(1):171-5, (1971).*
2. *Hafting T, Fyhn M, Molden S, Moser MB, Moser EI. Microstructure of a spatial map in the entorhinal cortex. Nature. 436 (7052):801-6, (2005).*
3. *O'Keefe J, Burgess, N. Geometric determinants of the place fields of hippocampal neurons. Nature. 381, 425–428 (1996).*
4. *Kropff E, Carmichael J, Moser, MB. et al. Speed cells in the medial entorhinal cortex. Nature. 523, 419–424 (2015).*
5. *Taube JS, Muller RU, Ranck JB Jr. Head-direction cells recorded*

from the postsubiculum in freely moving rats. I. Description and quantitative analysis. J Neurosci. :420-35, (1990).
6. *McNaughton B, Battaglia F, Jensen O. et al. Path integration and the neural basis of the 'cognitive map'. Nat Rev Neurosci. 7, 663–678 (2006).*
7. *Laurens J, Angelaki DE. The Brain Compass: A Perspective on How Self-Motion Updates the Head Direction Cell Attractor. Neuron. 97(2):275-289, (2018).*
8. *Stensola, T., Stensola, H., Moser, MB. et al. Shearing-induced asymmetry in entorhinal grid cells. Nature. 518, 207–212 (2015).*
9. *Jeffery KJ, O'Keefe JM. Learned interaction of visual and idiothetic cues in the control of place field orientation. Exp Brain Res. 127(2):151-61, (1999).*
10. *Stensola T, Moser EI. Grid Cells and Spatial Maps in Entorhinal Cortex and Hippocampus. Nature. (2016).*
11. *Auger SD, Mullally SL, Maguire EA. Retrosplenial cortex codes for permanent landmarks. Plos one. (2012).*
12. *Aitake M, Hori E. et al. Sensory mismatch induces autonomic responses associated with hippocampal theta waves in rats. Behav Brain Res. 220(1):244-53, (2011).*
13. *Enkhjargal N, Matsumoto J, Chinzorig C. et al. Rat thalamic neurons encode complex combinations of heading and movement directions and the trajectory route during translocation with sensory conflict. Front Behav Neurosci. 8:242, (2014).*
14. *Chinzorig C, Nishimaru H, Matsumoto J et al. Rat Retrosplenial Cortical Involvement in Wayfinding Using Visual and Locomotor Cues, CerCor, 30:4, 1985–2004, (2020).*
15. *Bicanski A, Burgess N. Neuronal vector coding in spatial cognition. Nat Rev Neurosci. (9):453-470, (2020).*
16. *Derdikman, D., Moser, E.I. A manifold of spatial maps in the brain. Space Time Number Brain. Nature. 14(12), 41–57 (2011).*
17. *Tonegawa S, Liu X, Ramirez S, Redondo R. Memory Engram Cells Have Come of Age. Neuron. 87(5):918-31, (2015).*
18. *De Sousa, André F. et al. "Optogenetic Reactivation of Memory Ensembles in the Retrosplenial Cortex Induces Systems Consolidation. PNAS. 116.17 (2019): 8576-581.*
19. *Yoshida M, Chinzorig C. et al. Configural cues associated with rewards elicit theta oscillations of rat retrosplenial neurons phase-locked to LFP theta cycles. CerCor (2021).*
20. *Otgon-Uul Z, Suyama S. et al. Optogenetic activation of leptin- and glucose-regulated GABAergic neurons in d. hypothalamus promotes food intake via inhibitory synaptic transmission to PVN of hypothalamus. Mol Metab. 5(8):709-715, (2016).*
21. *Nasanbuyan N, Yoshida M. et al. Oxytocin-Oxytocin Receptor Systems Facilitate Social Defeat Posture in Male Mice. Endocrinology. 159(2):763-775, (2018).*
22. *Undarmaa J, Nishimaru H. et al. Ingestion of dried-bonito broth (dashi) facilitates PV-parvalbumin-immunoreactive neurons in the brain, and affects emotional behaviors in mice. Nutritional Neuroscience, 20:10, 571-586, (2017).*
23. *Munkhzul D, Matsumoto J, Chinzorig C et al. The effects of intragastric infusion of umami solutions on amygdalar and lateral hypothalamic neurons in rats. Physiol Rep. 3(10):e12545, (2015).*
24. *Munkhzaya U, Chinzorig Ch. et al. Rat Paraventricular Neurons Encode Predictive and Incentive Information of Reward Cues. Front Behav Neurosci. 2020.*

Neural mechanisms of spatial cognitive map in the central nervous system

Chinzorig Ch[1,4], Zesemdorj O[2], Tserendagva D[3], Otgon G[1], Sukhbat G[1], Enkhjargal N[4]*

[1]Physiology, School of Bio-medicine, MNUMS
[2]Pathophysiology, School of Bio-medicine, MNUMS
[3]International School of Mongolian traditional medicine
[4]System Emotional Science, school of medical and pharmaceutical science, University of Toyama
**Correspondence to Ikhruud Choijiljav Chinzorig;*
Email: Choijiljav_chinzorig@mnums.edu.mn, Phone: +81 080-4252-8488

Abstract. Spatial cognitive map forms a consciously or unconsciously in the mind that involved in representation of spatial information related to an environment. So, how do represent spatial information in the mind? How do navigate our body in the environment? We reviewed, neural representation of spatial information, self–motion cues induced spatial representation, and neural mechanisms of encoding and retrieval of memory. Also, outlined the research study of our country in the field of neuroscience and the possibility of improving it in line with novel findings. Behavioral studies suggested that spatial information of environment dynamically represents in the ensemble neurons of the brain. We have the possibility to make progress in multiple productive community areas through the development of neuroscience.

Key words: Spatial cognition, head direction cell, place cell, grid cell, boundary cell, speed cell