

Функциональ биохими

Цус гэж юу вэ?

- Хүний биемахбодид судсаар буй урсаж улаан өнгөтэй шингэн бодисыг цус гэж нэрлэдэг. Цус нь хүчилтөрөгч, нүүрсхүчлийн хий болон витамин, гормон, бодисын солилцооны бүтээгдэхүүн гэх мэт бодисуудыг зөөвөрлөх үүргийг гүйцэтгэдэг.

Цус нь хүний биеийн жингийн 7-8% ийг эзэлдэг.

Энэ нь насанд хүрсэн хүнд ойролцоогоор 4-6 л агуулагдана гэсэн үг юм.



Цусны үүрэг

- *1.Бодис солилцооны үйлд оролцоно.*

Тэжээл боловсруулах замаас цусанд орсон бодисууд цусаар зөөвөрлөгдөн эд, эсэд хүргэгдэх ба бодис солилцлын дүнд үүссэн эцсийн ба завсрын бүтээгдэхүүнүүд мөн л цусаар зөөвөрлөгдөн ялгах эрхтэнд очино.

- *2.Амьсгалах үйлд оролцоно.*

Уушигнаас цусанд орсон хүчилтөрөгч эд, эрхтэнд, нүүрсхүчлийн хий эд, эрхтэнээс уушгинд цусаар зөөвөрлөгдөн хүргэгдэнэ.

- *3.Дулаан зохицуулах үйлд оролцоно.*

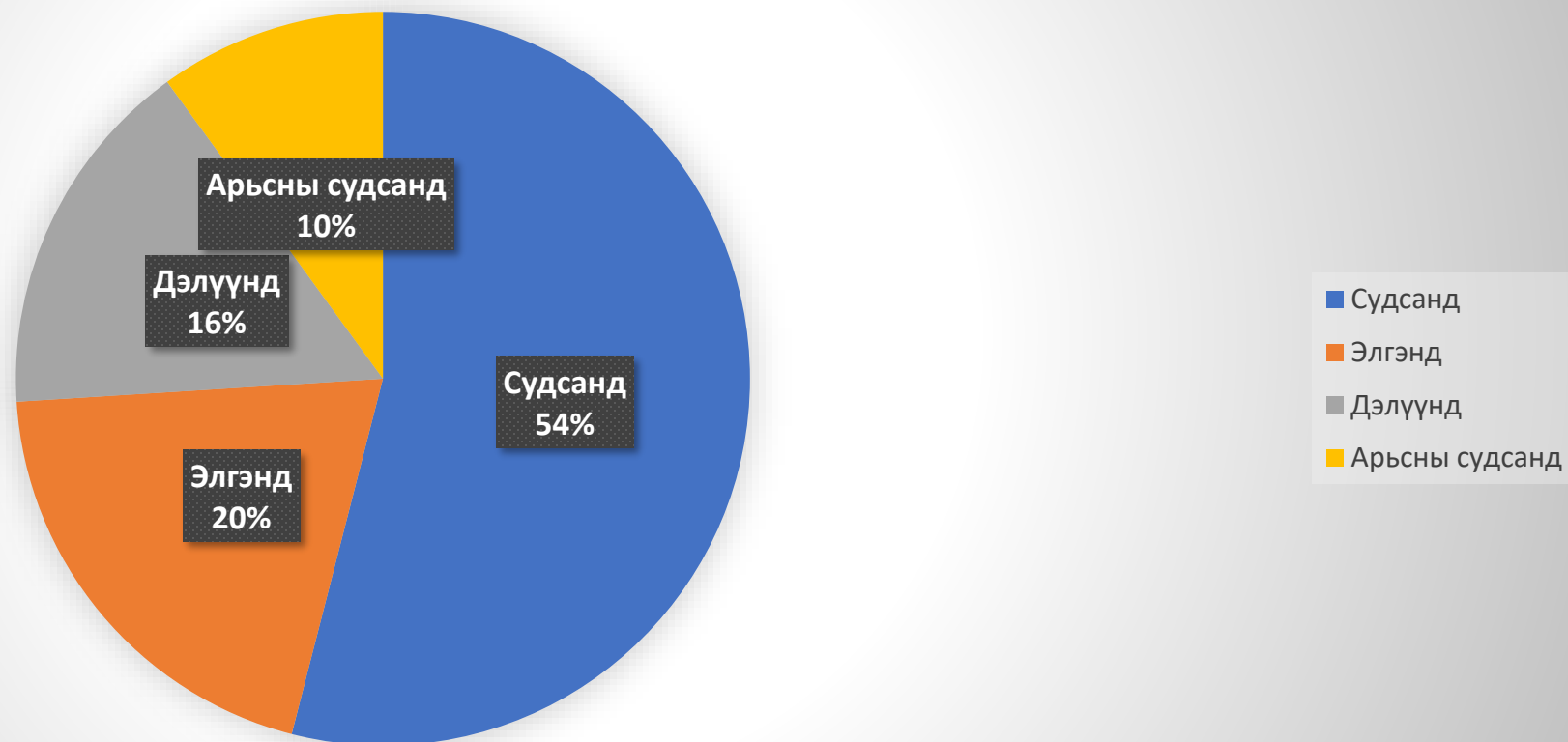
Цус дулаан шингээх чадвар сайтай бөгөөд биеэр урсан өнгөрөхдөө дулааныг адил хэмжээтэй хуваарилах, тогтмол хэмжээнд байлгах үүргийг гүйцэтгэнэ. Биед үүссэн илүүдэл дулааныг захын судсаар дамжуулан гадаад орчинд алдаж болдог.

Цусны үүрэг

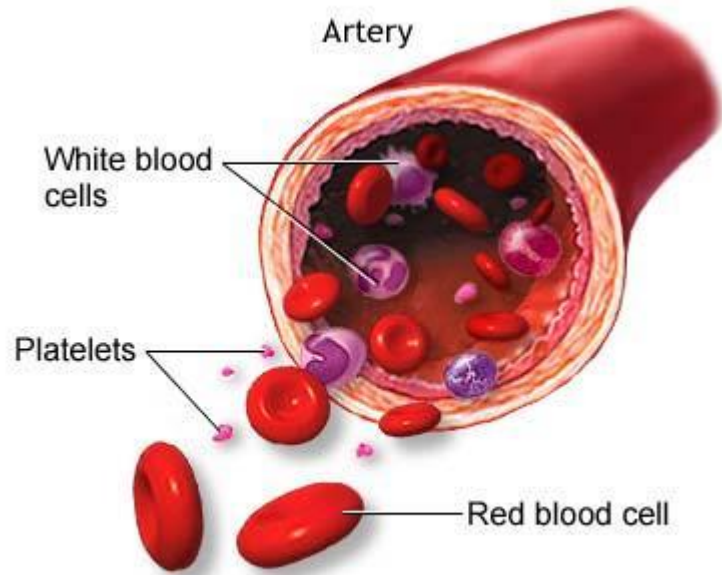
- *4.Шингэний зохицуулгад оролцоно.*
- Дотоод шүүрлийн булчирхайд нийлэгжсэн даавар, биологийн идэвхит бодисууд цусаар зөөвөрлөгдөн эрхтэн тогтолцооны үйл ажиллагааны зохицуулгад оролцоно.
- *5.Биемахбодыг хамгаалах үйлд оролцоно.*
- Цусны эсүүд нь биед орсон нян, вирус, тэдгээрийн хор, гадны биетийг устгах, саармагжуулах зэргээр биемахбодыг хамгаалдаг.
- *6.Цус, тунгалаг ба эдийн шингэн нь бие махбодын дотоод орчныг бүрдүүлдэг. Энэхүү дотоод орчноо тогтвортой хадгалах үүргийг цус гүйцэтгэнэ.*

Цусны хэмжээ ба найрлага

Хүний бие дэх цус



Цусны найрлага



1-р зураг. Артерийн судсан дахь цусны эсүүд

Цус

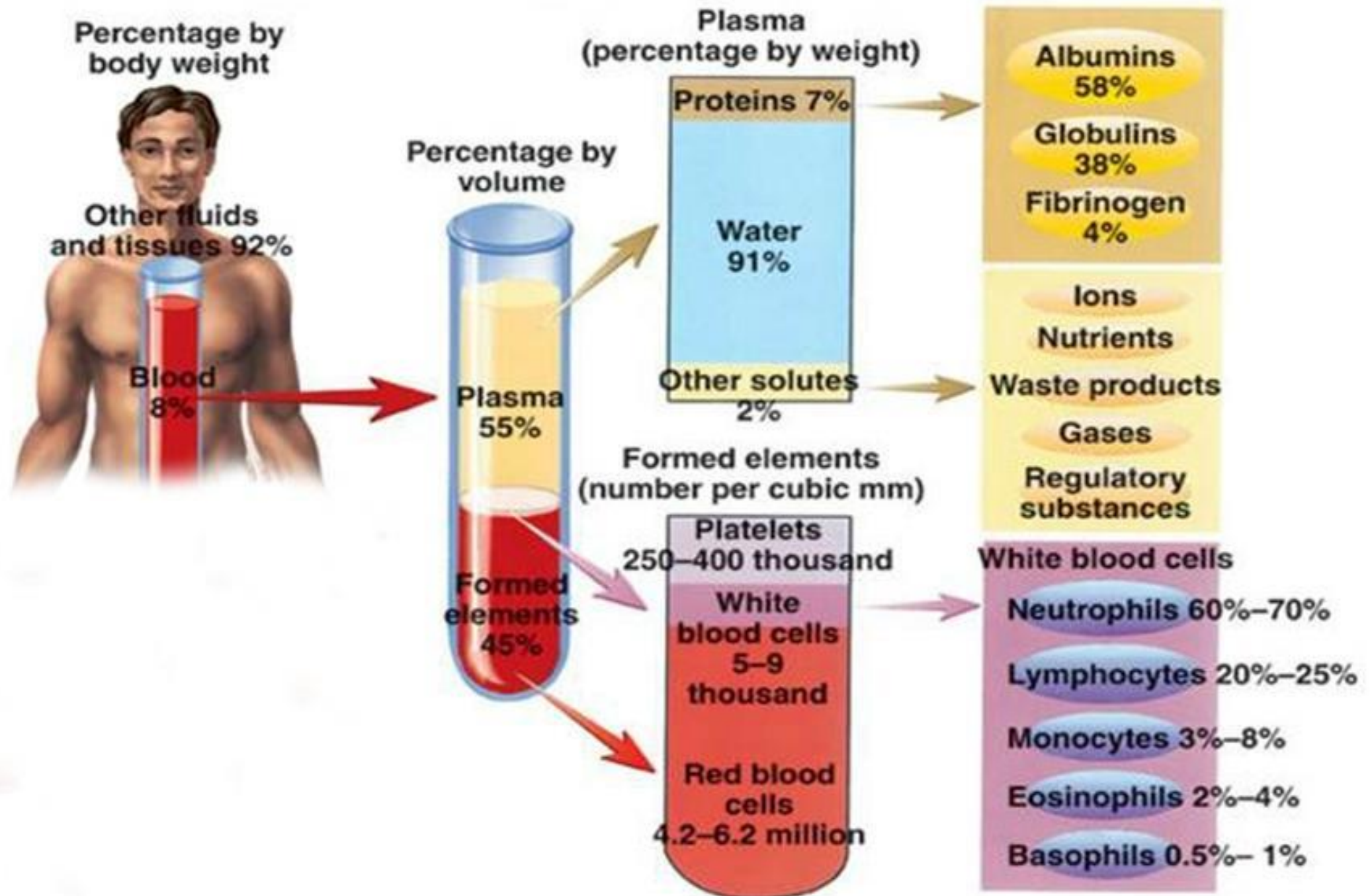
Дүрст элемент
40-45%

Сийвэн
55-60%

Улаан эс
(Эритроцит)

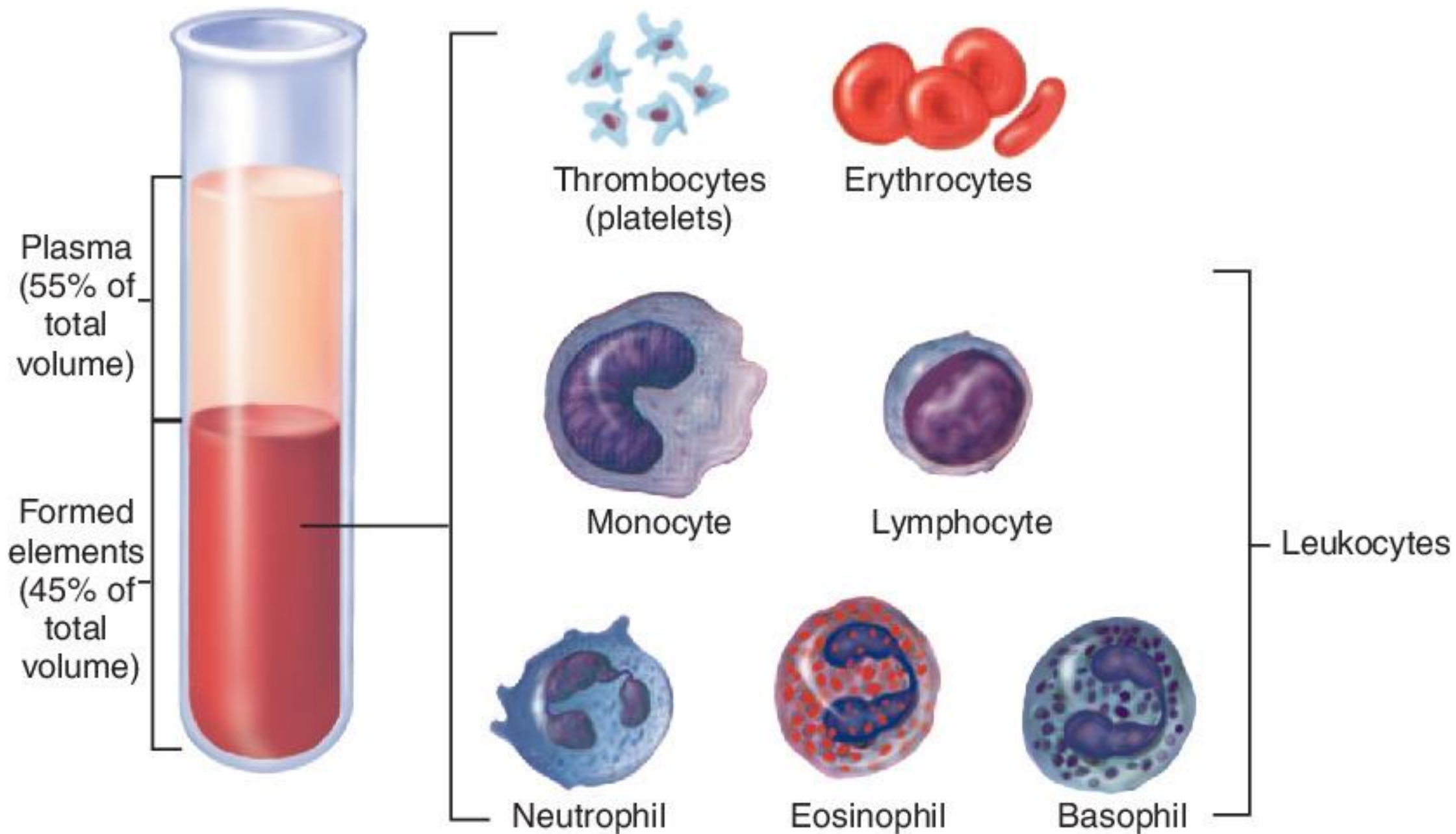
Цагаан эс
(Лейкоцит)

Ялтас
(Тромбоцит)



Хүний цусны ба плазмын найрлага

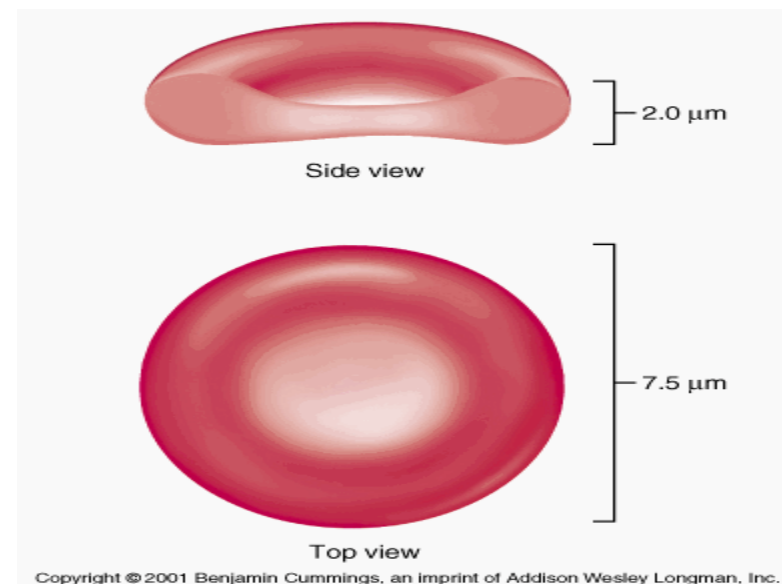
	Цус	Плазм
Бүрэлдэхүүн хэсэг		
Ус, %	75-85	90-91
Хуурай бодис, %	15-25	9-10
Гемоглобин, г/л	130-160	–
Нийт уураг, г/л	–	65-85
Фибриноген, г/л	–	2-4
Глобулин, г/л	–	20-30
Альбумин, /	–	40-50
Уургийн биш азот, ммоль/л	15.0-25.0	14.3-21.4
Глутатион, ммоль/л	1.1-1.5	
Мочевин, ммоль/л	3.3-6.6	3.3-6.6
Шээсний хүчил, ммоль/л	0.18-0.24	0.24-0.29
Креатинин, ммоль/л	0.06-0.076	0.06-0.76
Креатин, ммоль/л	0.23-0.38	0.08-0.11
Амин хүчлийн азот, ммоль/л	04.3-5.7	2.9-4.3
Индикан, ммоль/л	–	0.001-0.004
Глюкоза, ммоль/л	3.3-5.0	3.6-5.5
Глюкозамин, ммоль/л	–	3.9-5.0
Пентоза, ммоль/л	–	0.13-0.26
Нийт липид, г/л	7.0-7.2	3.8-6.7
Саармаг липид, ммоль/л	1.0-2.6	1.2-2.8
Холестерин, ммоль/л	3.9-5.2	3.9-6.5
Гуанидин, ммоль/л	–	0.005-0.08
Фосфолипид, г/л	–	2.2-4.0
Фосфатидихолин, ммоль/л	3.0	1.5-3.0
Кетоны биеүд, г/л	–	8-30
Ацетоцууны хүчил, ммоль/л	–	0.05-0.19
Сүүний хүчил, ммоль/л	–	1.1-1.2
Пировиноградын хүчил, ммоль/л	–	0.07-0.14
Нимбэгний хүчил, ммоль/л	–	0.10-0.15
-Кетоглютарын хүчил, ммоль/л	–	0.05
Хувийн хүчил, ммоль/л	–	0.004
Билирубин, ммоль/л	–	0.004-0.26
Холин, ммоль/л	–	1.5-2.5



Эритроцит - улаан эс

- Улаан эс хүний биед 4-6 сая/мкл
- Улаан эс нь хоёр талаараа хүнхийж орсон диск хэлбэртэй. 7-8мкм диаметр, 2мкм зузаан
- Улаан эс нь митохондргүй тул цитоплазмдаа гликолизээр АТФ үйлдвэрлэж энергээ хангана. Иймээс O₂ бага хэрэглэнэ.
- Улаан эсийн хий тээвэрлэх үүргийг гемоглобин гүйцэтгэнэ.

Нv эрүүл эрэгтэйд 145 г/л, эмэгтэйд 130-160 г/л байна.

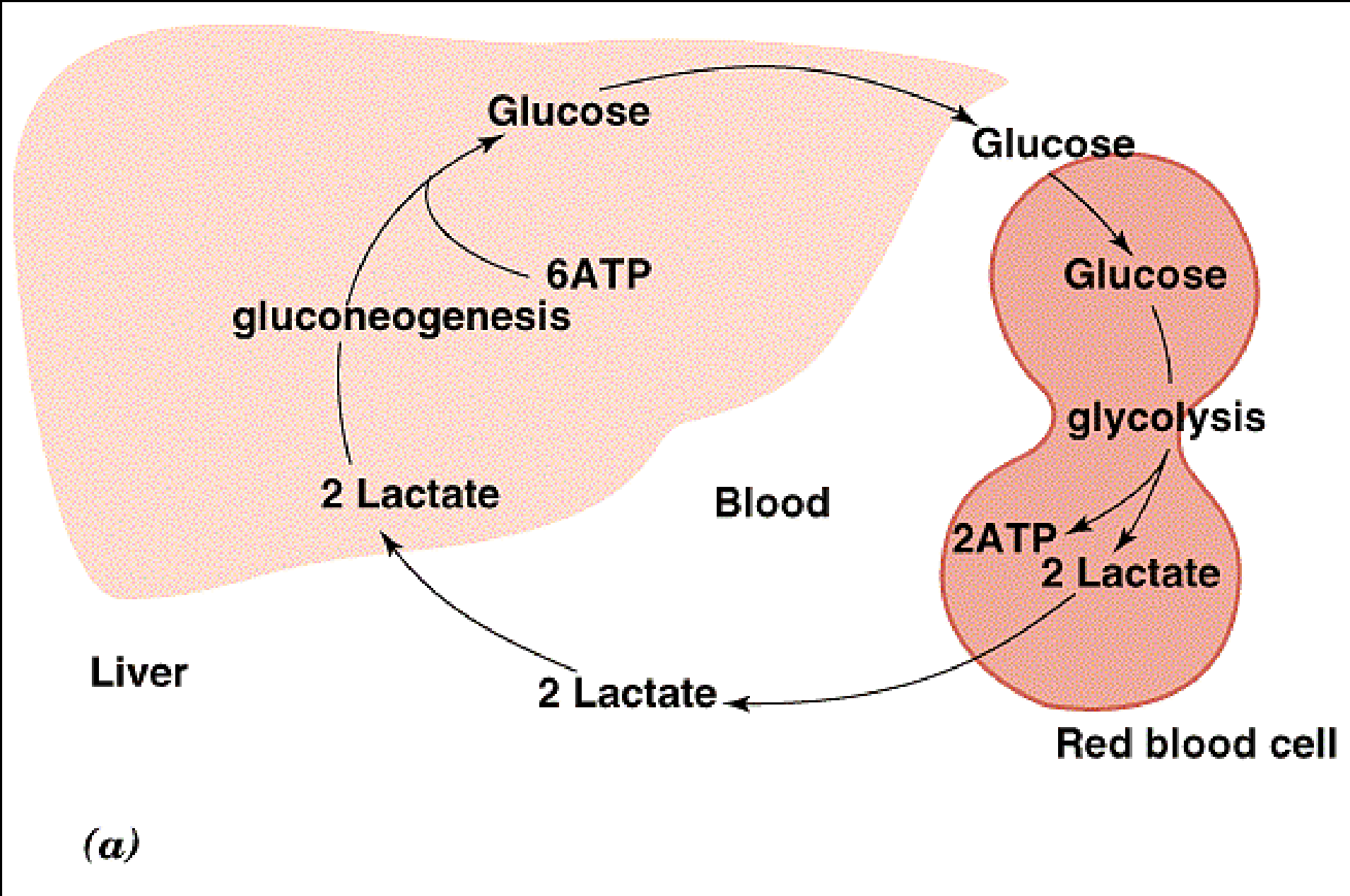


Улаан эс

Бодисын солилцоо

Улаан эс нь митохондргүй тул цитоплазмдаа гликолизоор АТФ үйлдвэрлэж энергээ хангана. Иймээс O₂ бага хэрэглэнэ.

- Глюкоз нь зөвхөн энерги хангадаг
- **90% anaerobic glycolysis**
(2 АТФ, сүүний хүчил: **Рапопорт-люберингийн зам; 2,3-ДФГ**)
- **10% hexose monophosphate pathway**
(NADPH ⇒ antioxidative mechanisms)
- 1г Hb нь 1.34 мл O₂-той нэгдэх чадвартай. O₂-той нэгдсэн **оксигемоглобин**, O₂-оосоо салсан **ангижирсан Hb** (HHb), CO₂-той нэгдсэн **карбогемоглобин**.



ҮҮРЭГ

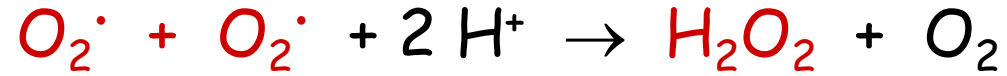
Эритроцит нь гемоглобины үүр гэж хэлж болно.

- O_2 → тээвэрлэлт
- CO_2 → тээвэрлэлт, байдлаар HCO_3^-
- H^+ → тээвэрлэлт, орчины рН тохируулдаг
(35% цусны буферийн 35%)

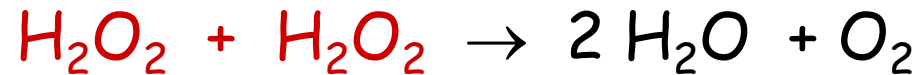
- superoxide dismutase
 - catalase
 - glutathione peroxidase
 - glutathione reductase
 - methemoglobin reductase
- } **antioxidative system**

antioxidative enzymes

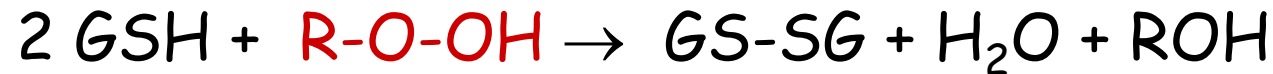
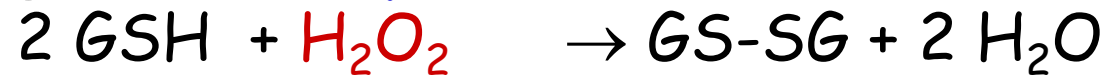
- **superoxide dismutase (SOD)**



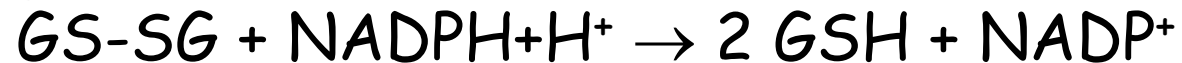
- **catalase (CAT)**



- **glutathione peroxidase (GPx)**



- **glutathione reductase**

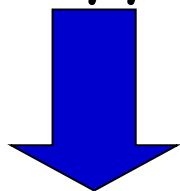


- **methemoglobin reductase - in erythrocytes**



Гемоглобины бүтэц

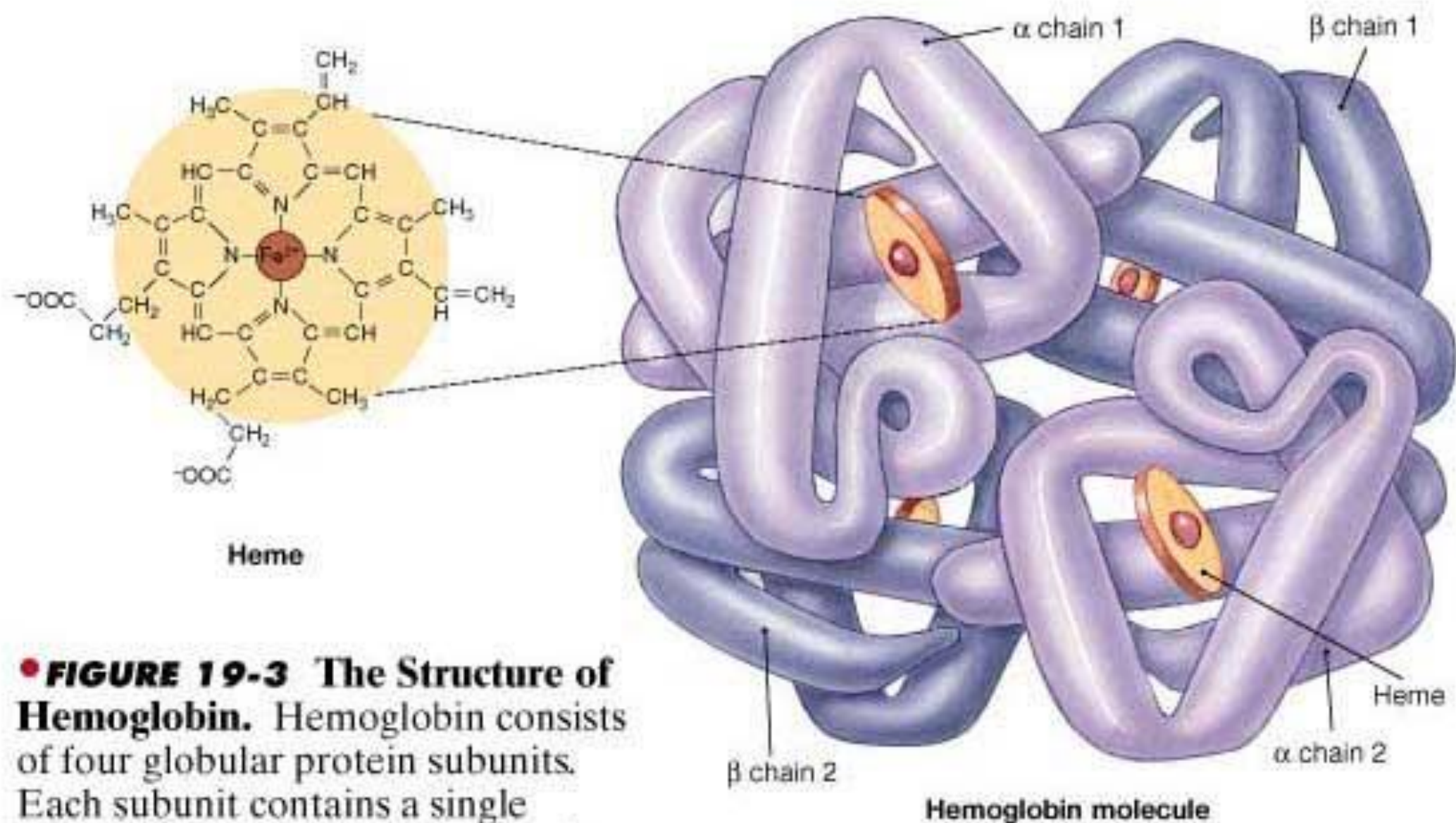
- гемопротейн (нийлмэл уураг: **глобулин** + *prosthetic group*)
- Хос хосоороо ижилхэн 4 субнэгжээс тогтдог ($\alpha_2\beta_2$)
- Субнэгж болгон гем агуулдаг



4 полипептидийн гинж

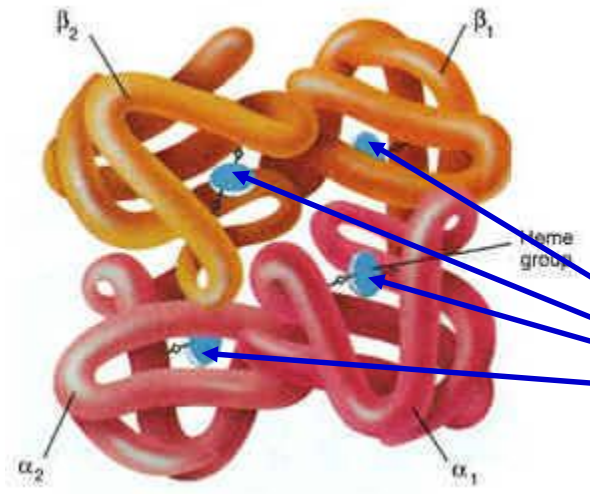
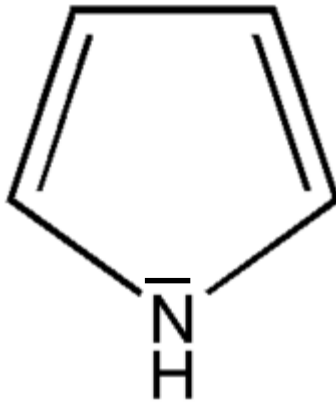
4 молекул гем

4 төмрийн (Fe^{2+}) ион

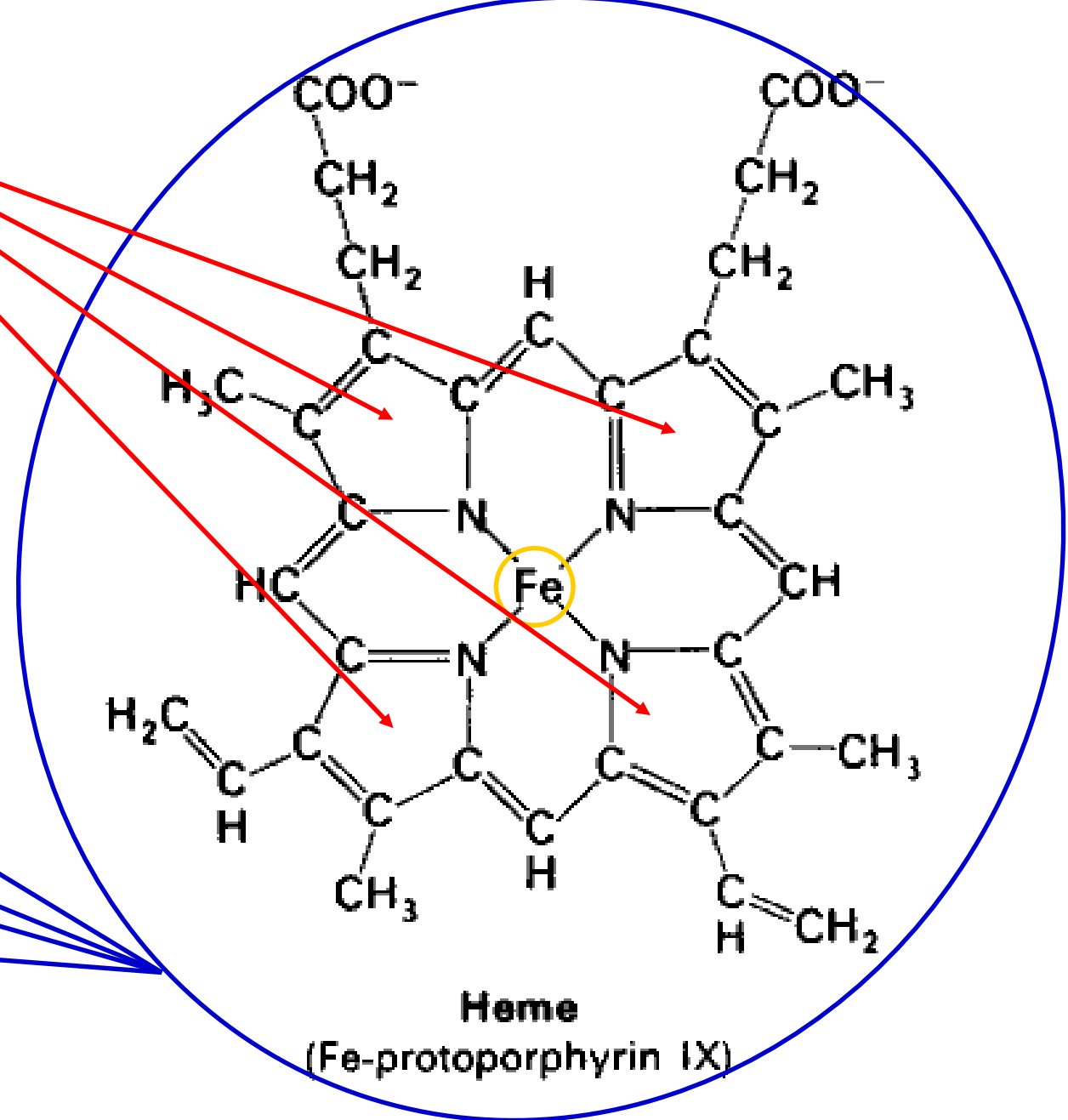


• **FIGURE 19-3 The Structure of Hemoglobin.** Hemoglobin consists of four globular protein subunits. Each subunit contains a single molecule of heme, a porphyrin ring surrounding a single ion of iron.

Pyrrole

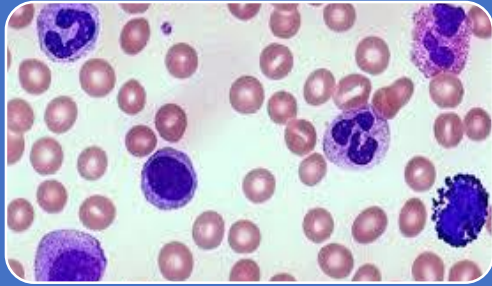


hemoglobin



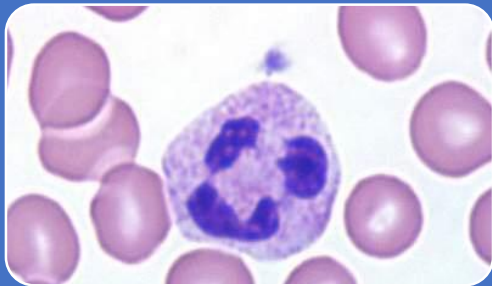
Heme
(Fe-protoporphyrin IX)

Цагаан эсүүд



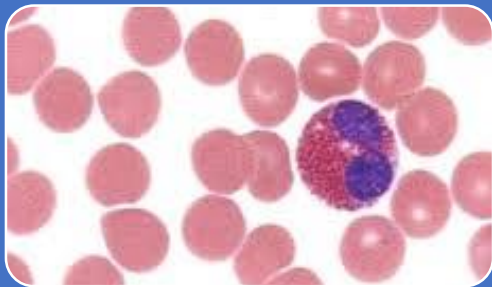
Лейкоцит

- 4800-10800 /мкл
- Сфер хэлбэртэй, бөөмтэй эсүүд



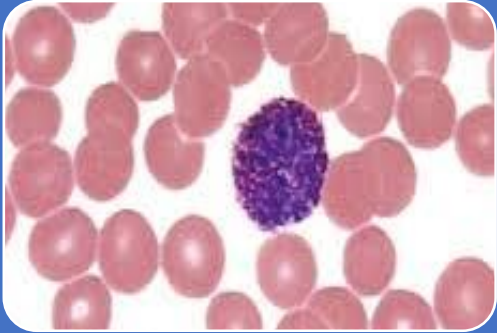
Нейтрофил

- Полиморф гранулоцит, 10-12мкм голчтой
- 3000-7000/мкл
- 6 хоног амьдрана хөгжих хугацаа 14 хоног
- Бактерыг фагоцитозд оруулна



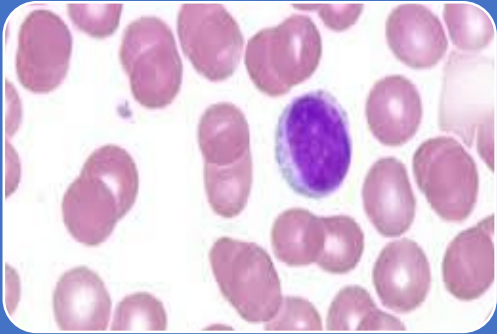
Эозинофил

- Бөөм хоёр хэсэгтэй болж харагддаг. Цитоплазм эозиноор тод ягаан будагдана. 10-14 мкм диаметр
- 100-400/мкл
- Хөгжих хугацаа 14 хоног. Амьдрах хугацаа 5 хоног
- Паразитыг устгана. Харшлын урвалд чухал оролцоотой



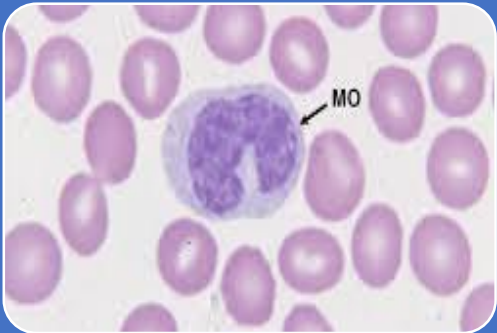
Базофил

- Цитоплазмдаа том хэмжээтэй хөх өнгөөр будагдах олон мөхлөгүүдтэй. 10-14мкм диаметртэй
- 20-50/мкл
- Амьдрах хугацаа хэдэн цагаас хэдэн өдөр үргэлжлэнэ. Төлжих хугацаа 1-7 хоног
- Гистамин болон бусад үрэвслийн медиатор ялгаруулна.
- Гепарин болон бусад антикоагулянт агуулна



Лимфоцит

- 1500-3000/мкл
- Эсийн ихэнхи хэсгийг эзэлсэн том бөөмтэй, агранулоцит эс. 5-17мкм
- Төлжих хугацаа хэдэн өдрөөс хэдэн долоо хоног. Амьдрах хугацаа хэдэн цагаас хэдэн жил
- Эсрэгбие үйлдвэрлэж эсвэл эсэд шууд үйлчилж дархлалын урвалд оролцоно



Моноцит

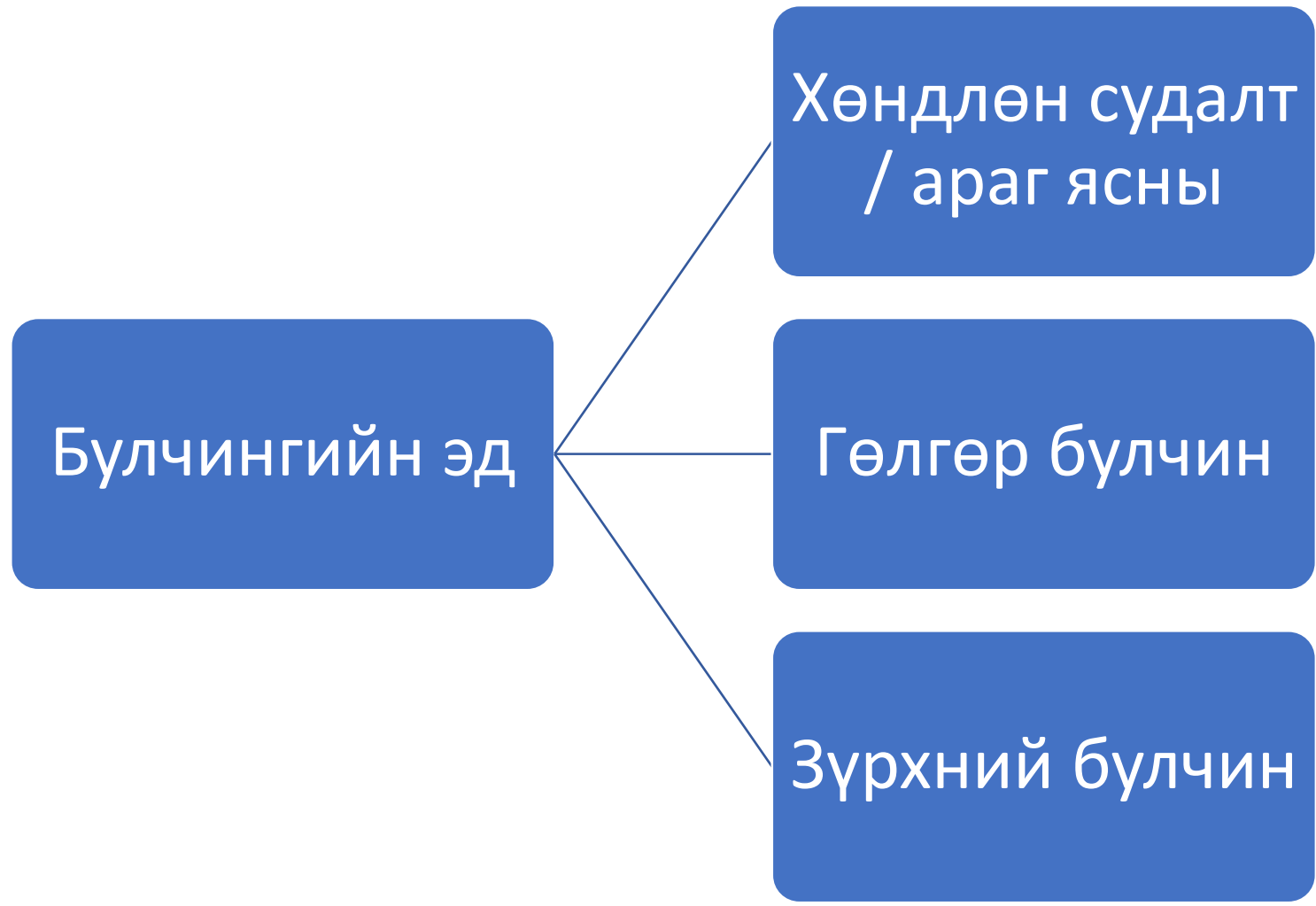
- U үсэг шиг хэлбэртэй бөөмтэй агранулоцит. Саарал хөх цитоплазмтай
- 14-24 мкм диаметр
- 100-700/мкл
- 2-3 өдөрт төлжино. Хэдэн сар амьдарна.
- Эдэд макрофаг болж фагоцитоз хийнэ

Цусны бүлгийн бодисууд

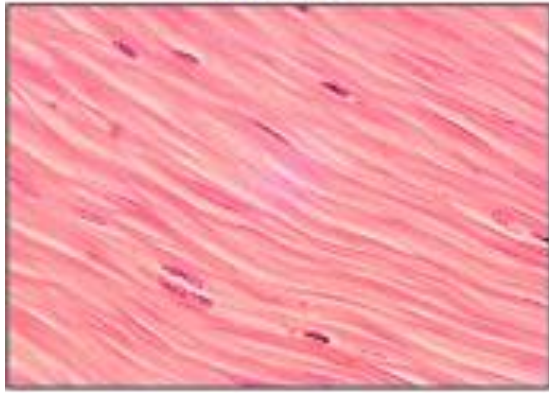
Хүний цусанд 100 гаруй цусны бүлгийн бодисоос тогтсон 14 бүлэг систем байдаг. Нилээд эрт мэдэгдсэн цусны бүлгийн систем нь ABO юм. Энэ системийн дагуу бүх хүмүүсийг 4 бүлэг болгон авч үздэг. Судалгаагаар дэлхийн хэмжээнд A бүлгийн цустай хүн 16%–ийг, AB бүлгийн цустай хүмүүс 4% –ийг, O бүлгийн цустай хүн 40%–ийг эзэлдгийг тргтоосон байна. Тэгвэл энэ харьцаа Монголчуудад 24, 31, 6 ба 39%-ийг эзэлдэг байна. Энэ нь эритроцитын гадаргуу дээрх цусны бүлгийн бодисууд буюу цусны бүлгийн эсрэгтөрөгчид гэж нэрлэгддэг бодисуудаас хамаардаг. Цусны бүлгийн бодисууд зөвхөн эритроцитын гадаргуу дээр биш мөн тромбоцит, лейкоцит, сперматозоид, эндотелийн болон эпителийн эсийн гадаргуу дээр оршдог.

Булчингийн Эд

- Булчингийн эд сэрэмтгий эдийн нэг юм.
- Энэ эд агшиж сунах үйл ажиллагаа явуулсанаар бие махбодын бүхий л хөдөлгөөнийг хангана.
- Ж нь:
 - Мөчдийн хөдөлгөөн
 - Зүрхний агшилт
 - Амьсгалын үйл ажиллагаа
 - Нүдний хөдөлгөөн
 - Залгих
 - Зажлах, ярих, инээх
 - Гэдэсний гүрвэлзэх хөдөлгөөн гэх мэт.

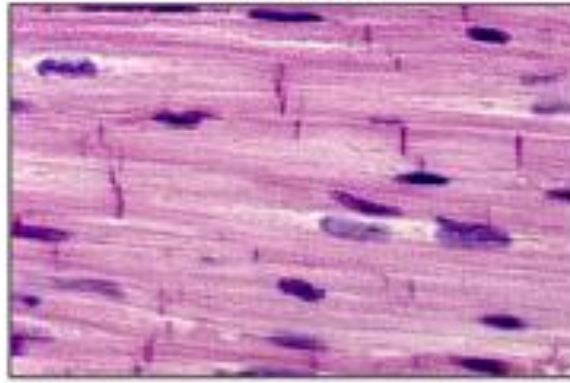


Smooth Muscle
Tissue



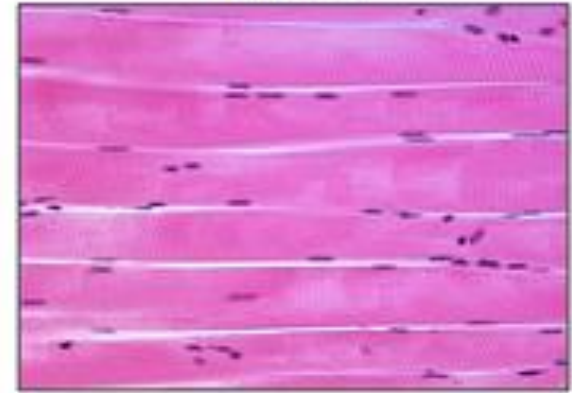
Involuntary
Control

Cardiac Muscle
Tissue



Involuntary
Control

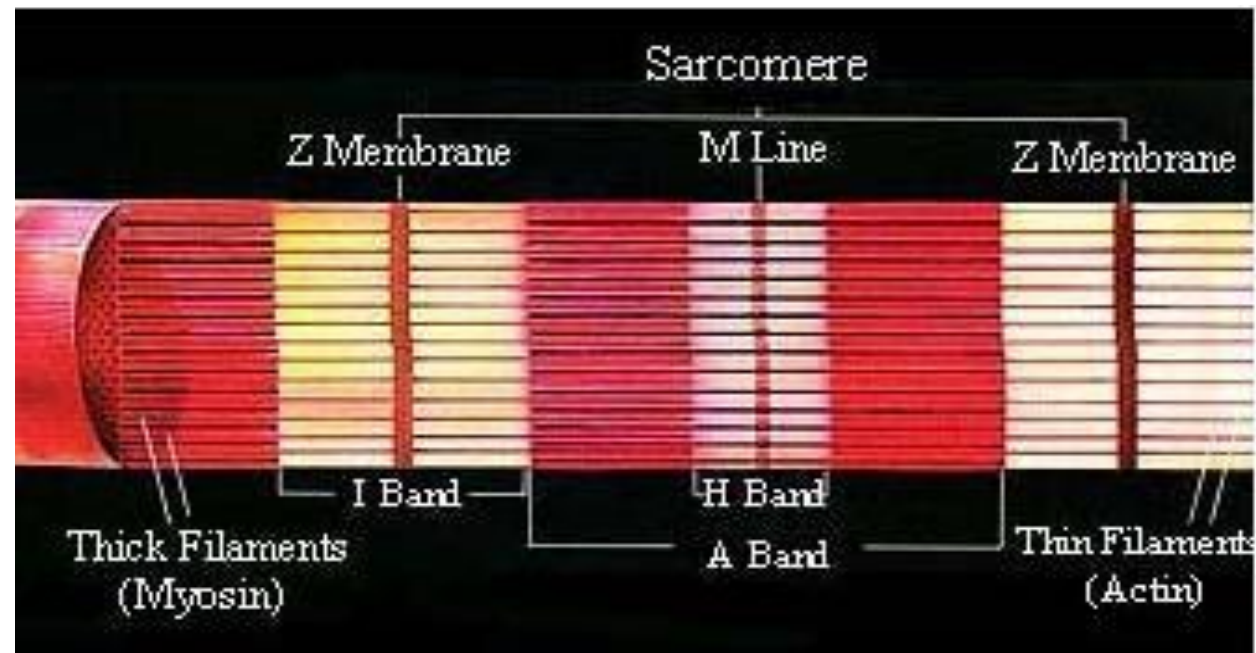
Skeletal Muscle
Tissue



Voluntary
Control

Миофибрилл

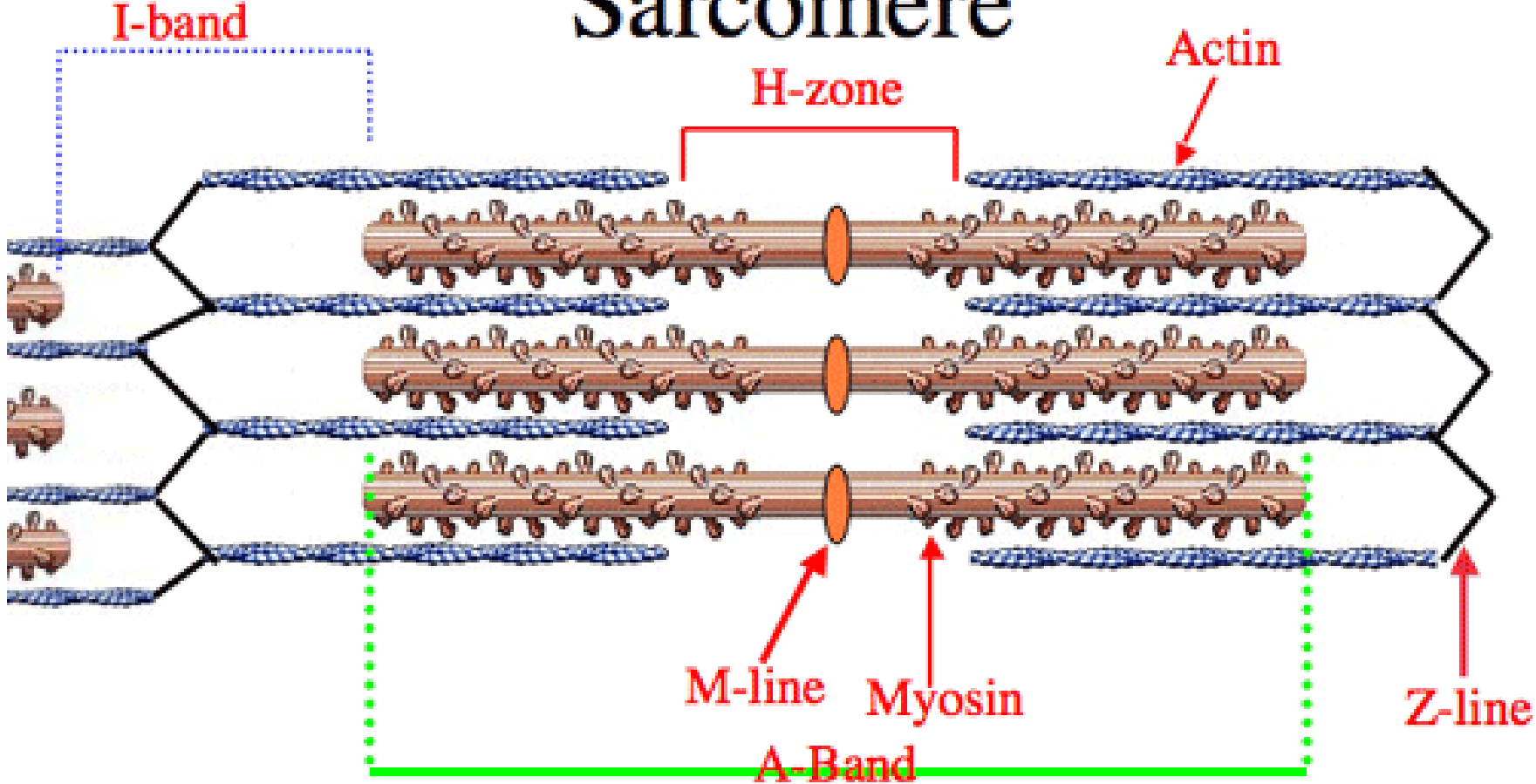
- Булчингийн эсийн/булчингийн ширхэгийн агшилтын нэгж нь миофибрилл юм.
- Нэг эсэд 1000 орчим миофибрилл байна.
- Миофибриллын хоёр Z ялтасын хоорондох хэсгийн *саркомер* гэх бөгөөд энэ нь булчингийн агшилтын үндсэн нэгж юм.



Саркомер

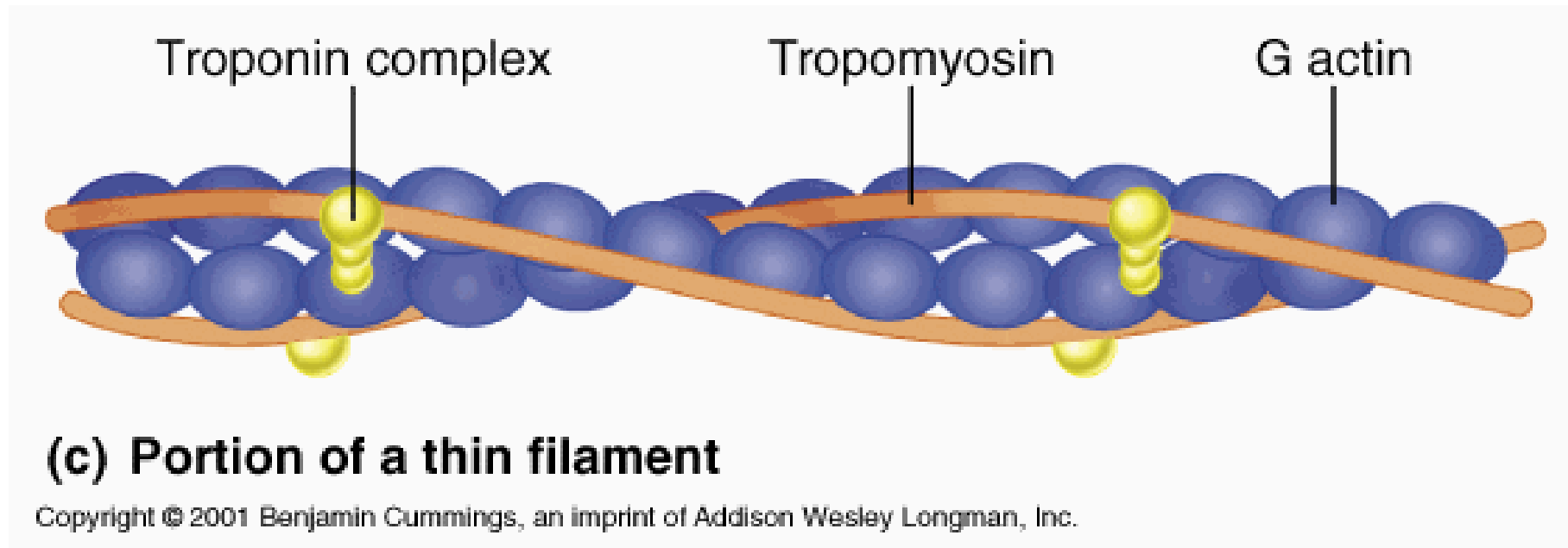
- Саркомер нь агшаагүй үедээ 2.2-2.5мкм урттай
- Нэг саркомерт микроскопт цайвар харагдах хоёр хагас I судал, нэг бараан A судал агуулагдана.
- Саркомер нарийн болон бүдүүн филаментийн уургуудаас тогтоно.
- Бүдүүн филаментүүд нь A бараан хэсгийн гол дахь M ялтасанд бэхлэгдэнэ.
- Нарийн филаментүүд нь Z ялтас дээр бэхлэгдэнэ. (нэг талдаа 2000)

Sarcomere



Нарийн филамент

- Актин, тропонин, тропомиозин уургуудаас тогтоно
- **Актин** уургийн мономер нь G бөмбөлөг уураг бөгөөд хоорондоо шүрэн зүүлт шиг холбогдож гинж үүсгэн 2 ийм гинж хоорондоо эрчилдэж F актиныг (8нм диаметр) үүсгэнэ.



- F актин дээр 38-40нм зай тутамд **тропонин** уураг байрлана.

Тропонин 3 дэд зохицуулгын уургаас тогтсон комплекс уураг бөгөөд
-С хэсэг нь Ca^{2+} ионтой холбогдох

-Т хэсэг нь тропомиозин уурагтай холбогдох

-I хэсэг нь булчин тайван үед актины филамент, тропомиозиныг тогтвортой барьсанаар нарийн филаментыг миозины толгойтой холбогдуулахгүй байх үүрэгтэй.

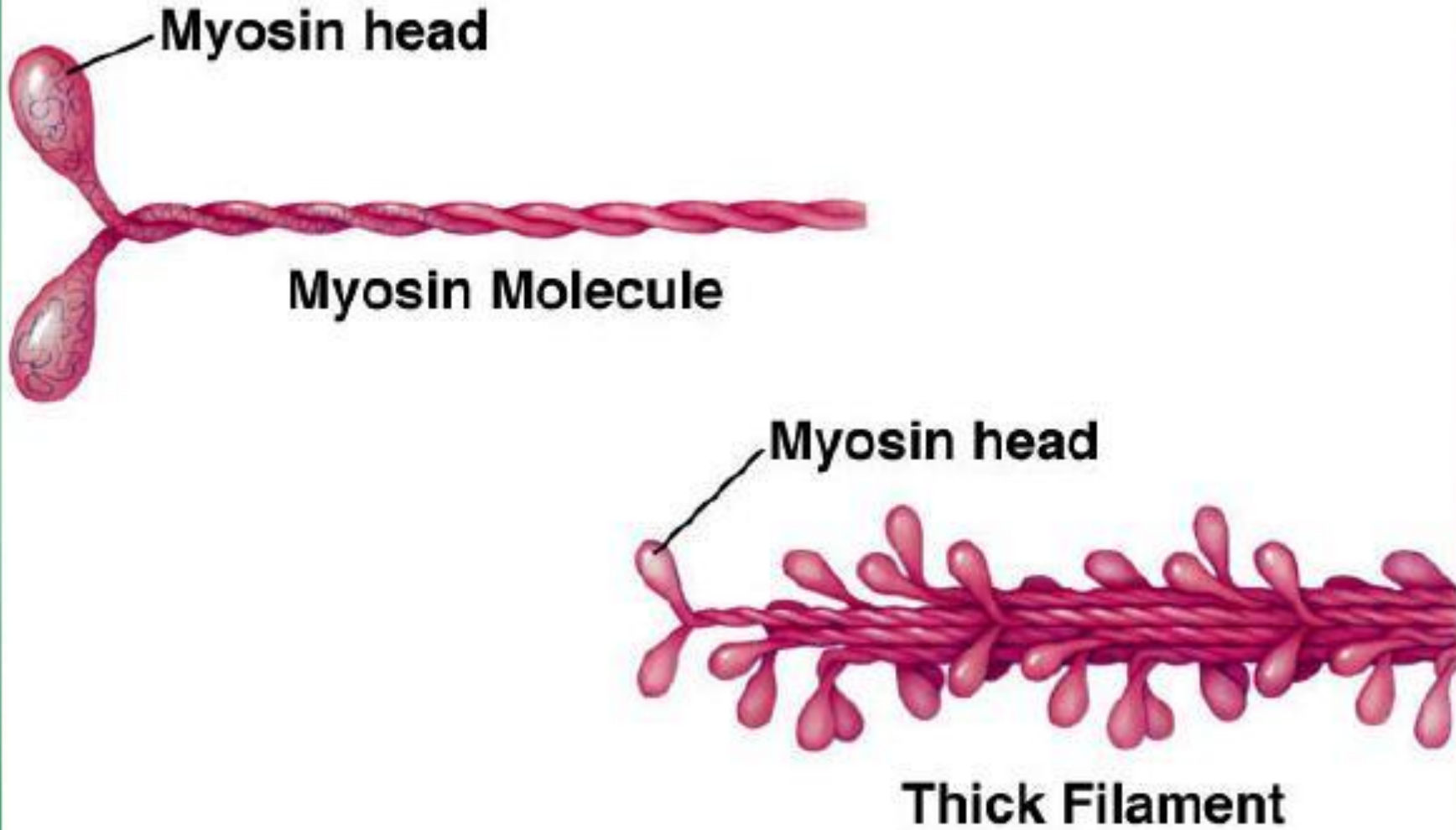
- **Тропомиозин** уураг нь 41 нм орчим урттай

Энэ уураг нь F актины ховилд байрладаг бөгөөд булчин тайван үед актины утаслагыг миозины толгойтой холбогдохыг саатуулж байдаг.

Бүдүүн филамент

- Миозин агшилтын /мотор уургуудаас тогтоно.
- Миозин уураг нь толгой, хүзүү, сүүл хэсэгтэй
- Толгой нь бөмбөлөг хэлбэртэй уургаас тогтох ба актинд бэхлэгдэж гулсах хөдөлгөөн хийнэ
- Толгой нь 5-10 АТФ/ сек задлах чадвартай.
- Миозины уураг хүзүүгээрээ нугарах чадвартай

Thick Filaments



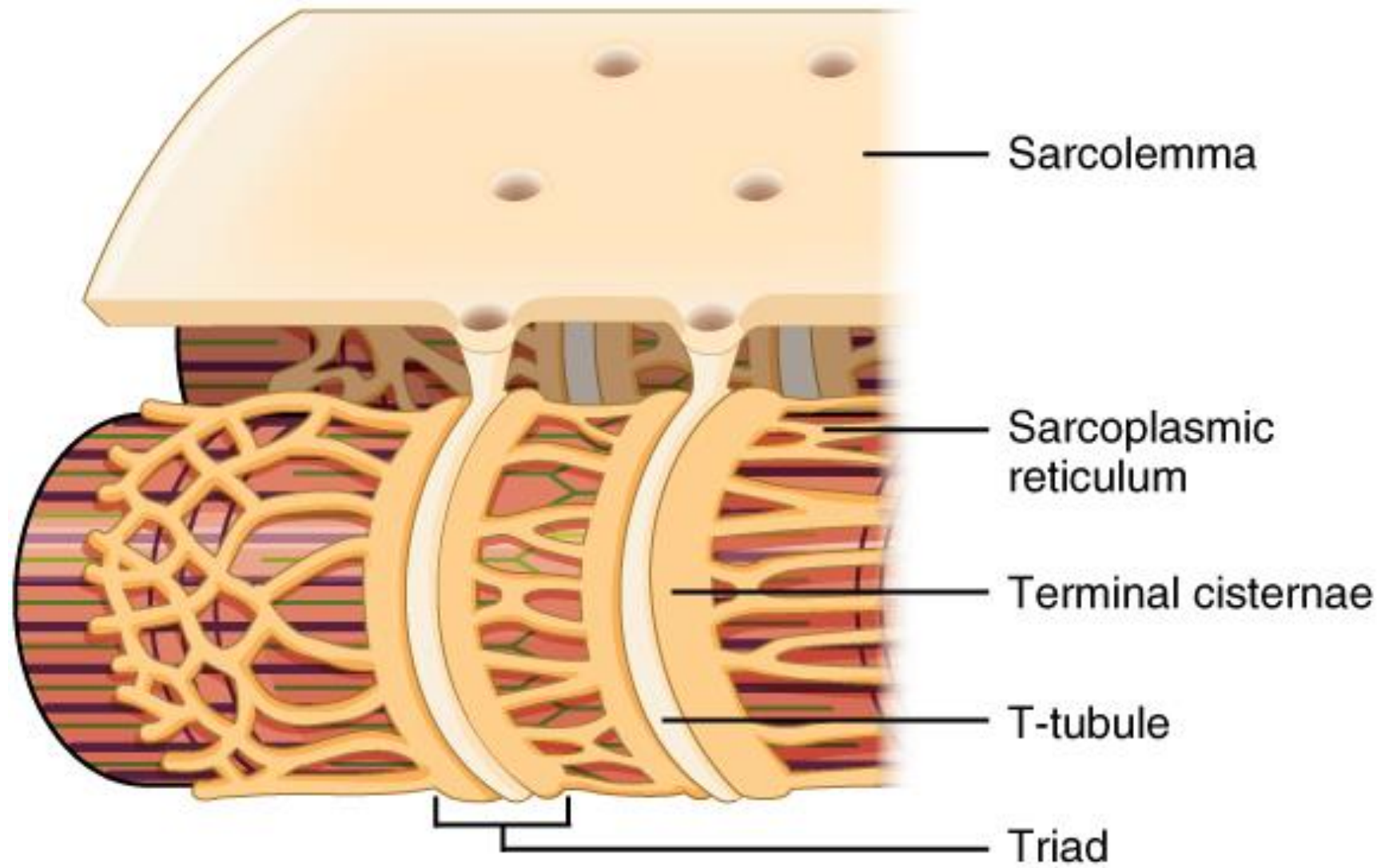
Хөндлөн судалт булчин

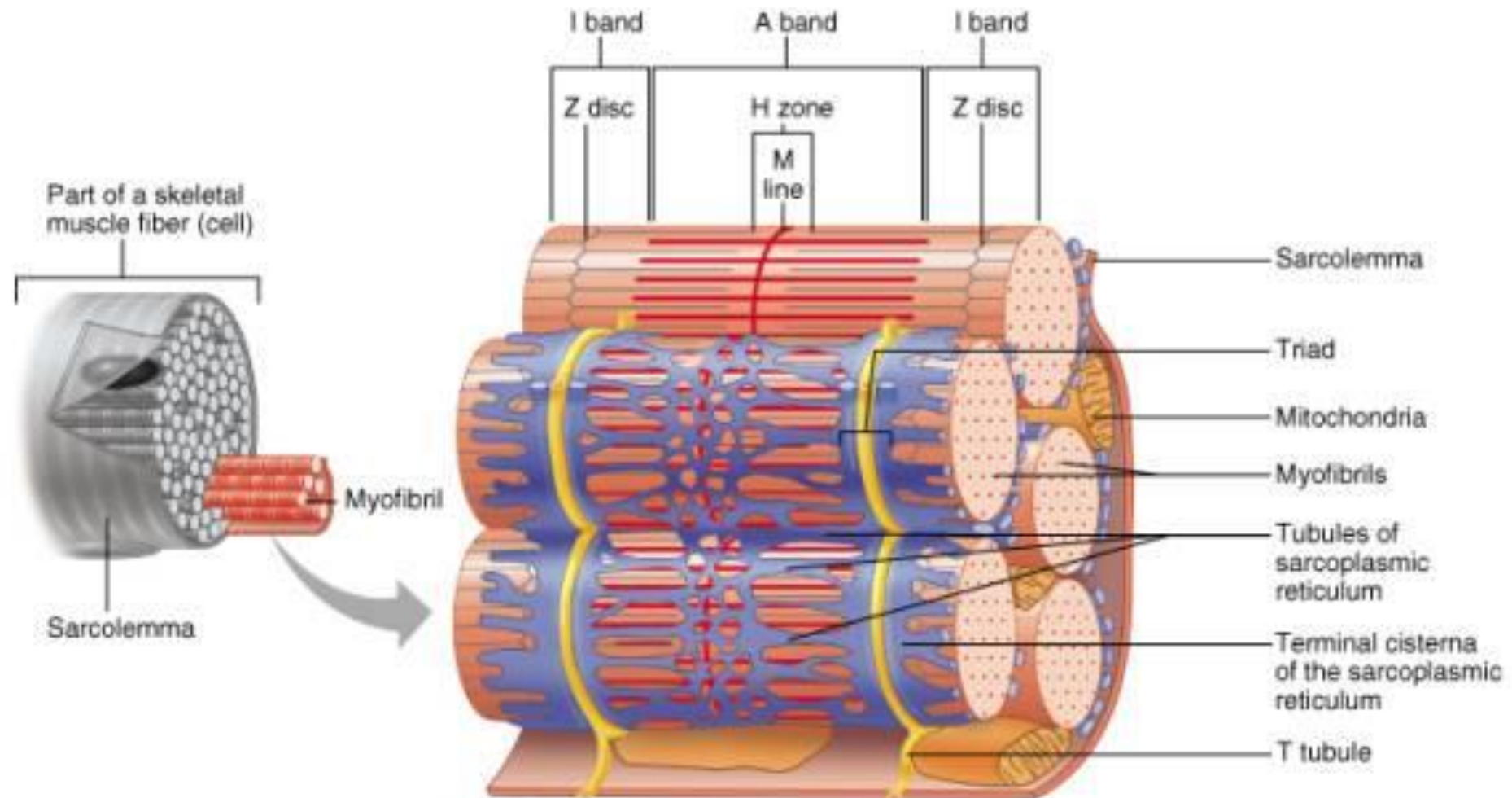
- Хөндлөн судалт булчингийн нэгж myofiber буюу ширхэг юм. Энэ нь хэдэн хэдэн миобластууд нийлж үүсгэсэн олон бөөмтэй өвөрмөц бүтэц юм.
- Ширхэгийн дотор миофибриллүүд нь маш эмх цэгцтэй байрладаг учраас микроскопд энэ булчин нь хөндлөн судлуудтай (А болон I судал) болж харагддаг.
- Саркомерыг бүрдүүлэгч бүдүүн нарийн филаментүүд нь хоорондоо зөрж гулсаж орох замаар булчин агшина

T систем

Хөндлөн судалт булчингийн ширхгийн мембран буюу сарколемма нь саркоплазм руу орсон хөндлөн хоолойг үүсгэдэг, үүнийг *T тубул* гэнэ.

Үүний хоёр талаар *саркоплазмын тор* нь сарколемматай параллель дагуу хоолойнуудыг үүсгэдэг.





Агшилтийн механизм

Сарколемма дээр
сэрэл үүснэ




T тубулээр дамжин
сэрэл саркоплазмд
орно




Саркоплазмын
торноос Ca^{2+} ионууд
саркоплазмд
чөлөөлөгдөнө







Тропонин С Ca^{2+}
ионтой холбогдоно,
конформацийн
өөрчлөлт болно

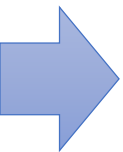


Тропонин I актины
утаслагаас сална



Тропомиозин
актины утаслагын
ховилын гүн лүү
орно





Актин дээрх
миозинтой
холбогддог хэсэг
чөлөөлөгдөнө



Миозины толгой
азтанд бэхлэгдэнэ



Миозин нарийн
филаментийн дундуур
гулсах хөдөлгөөн
хийж булчин агшина

- Миозины толгой актинд нэг удаа бэхлэгдэн гулсаад дараа нь барьцаа тавьж дахин актины өөр хэсэгт холбогдоод гулсах хөдөлгөөн хийнэ.
- Нэг удаа бэхлэгдэхэд саркомерын 1 хувьтай тэнцэх хэмжээгээр агшдаг. Тиймээс булчин бүрэн агшихын тулд 100-200 удаа гулсах хөдөлгөөн хийнэ.
- Ca^{2+} конц ихэсэхэд саркоплазмын торын гуурсуудын шахуурга уурга идэвхжэн ионуудыг саркоплазмын тор луу оруулдаг. Энэ үед булчин суларна.
- [video](#)

Нэгчилсэн агшилт

- Нэг удаагийн сэрлийн үйлчлэлээр Ca^{2+} ихсээд буцаж багасах буюу булчин нэг удаа агшаад, нэг удаа сулархыг хэлнэ.
- Зөвхөн лабораторын нөхцөлд л араг ясны булчингийн нэгчилсэн агшилтыг хийдэг.

Нийлмэл агшилт (тетанус)

- Цочруулын давтамж олон байх үед (>20 гц)
- Эхний сэрэлийн дараа булчин суларч амжаагүй байхад шинэ сэрэл үйлчилснээс болж үүснэ.
- Сэрэл болгоноор саркоплазмд Ca^{2+} ионы концентраци ихсэнэ. Түүнийг саркоплазмын тор луу оруулж амждаггүй.
- Тиймээс Тропонин С Ca^{2+} ионы бүрдэл салхгүй байж, миозины толгой актинтай удаан хугацаагаар бэхлэгддэг.

