HUJAYRA MEMBRANASINING TUZILISHI VA MODDALAR TRANSPORTI MEXANIZMLARI

Urchiyev Axrorjon
Toshkent Kimyo Universiteti
Namangan filiali
Davolash ishi 2-bosqich talabasi

Annotatsiya. Maqolada plazmatik membrananing tuzilishi, uning lipid tarkibi va suyuq-mozaika modeli, shuningdek, membrana orqali moddalar tashilishining asosiy turlari: oddiy va yengillashtirilgan diffuziya, osmos hamda faol transport ko‘rib chiqiladi. Membrana tuzilishi va transport tizimlaridagi o‘zgarishlarning tibbiyotdagi ahamiyati misollar bilan yoritilgan.

Kalit so‘zlar: plazmatik membrana, fosfolipidlar, suyuq-mozaika modeli, diffuziya, osmos, akvaporinlar, faol transport.

Аннотация. В статье рассматриваются строение плазматической мембраны, её липидный состав и жидкостно-мозаичная модель, а также основные виды транспорта веществ через мембрану: простая и облегчённая диффузия, осмос и активный транспорт. На примерах показано медицинское значение нарушений строения мембран и транспортных систем.

Ключевые слова: плазматическая мембрана, фосфолипиды, жидкостно-мозаичная модель, диффузия, осмос, аквапорины, активный транспорт.

Abstract. The article reviews the structure of the plasma membrane, its lipid composition and the fluid mosaic model, as well as the main types of membrane transport: simple and facilitated diffusion, osmosis and active transport. The medical significance of membrane disorders is illustrated with examples.

Key words: plasma membrane, phospholipids, fluid mosaic model, diffusion, osmosis, aquaporins, active transport.

KIRISH

Hujayra tirik organizmning asosiy tuzilma va funksional birligi hisoblanadi. Uning ichki muhitini tashqi muhitdan plazmatik membrana ajratib turadi. Membrana hujayrani shunchaki o‘rab olmaydi: u qaysi moddalar hujayraga kirishi va undan chiqishi mumkinligini tanlab nazorat qiladi. Shu sababli membrana tuzilishini bilish tibbiy biologiyaning keyingi bo‘limlari, jumladan fiziologiya, farmakologiya va patologiyani o‘zlashtirish uchun zarur asos bo‘ladi.

Maqolaning maqsadi plazmatik membrananing tuzilishini, uning suyuqligini belgilovchi omillarni va membrana orqali moddalar tashilishining asosiy mexanizmlarini birinchi kurs talabalari uchun tushunarli tarzda bayon etishdir.

1. MEMBRANANING TUZILISHI

Hozirgi tasavvurlarga ko‘ra hujayra membranasi suyuq-mozaika modeli asosida tushuntiriladi. Bu model 1972-yilda S. Singer va G. Nikolson tomonidan taklif etilgan [8]. Unga ko‘ra membrana suyuq lipid qavatidan iborat bo‘lib, unga turli oqsillar xuddi mozaika bo‘laklaridek joylashgan.

Lipid qavat hujayra membranalari tuzilishining universal asosi hisoblanadi [1]. Hayvon hujayralari membranalari massasining taxminan 50 foizini lipidlar tashkil etadi, qolgan qismi deyarli to‘liq oqsillardir [1]. Membrana lipidlarining eng ko‘p tarqalgan vakillari fosfolipidlardir. Ularning molekulasi qutbli (gidrofil) bosh qismi va ikkita gidrofob uglevodorod dumidan iborat, ya’ni amfipatik tuzilishga ega [1]. Suvli muhitda bunday molekulalar o‘z-o‘zidan ikki qavatli tuzilma hosil qiladi: gidrofil boshlar suvga qaragan, gidrofob dumlar esa qavat ichida suvdan himoyalangan holda joylashadi [1].

Lipid qavatning muhim xususiyati uning o‘z-o‘zini tiklashidir. Qavatda kichik yirtiq hosil bo‘lsa, lipidlar energetik jihatdan noqulay erkin chetni yo‘qotish uchun qayta joylashadi, shuning uchun qavat yopiq bo‘shliq hosil qilishga moyil bo‘ladi [1]. Aynan shu xususiyat tirik hujayraning vujudga kelishi uchun asos bo‘lgan.

2. MEMBRANA SUYUQLIGI VA LIPID TARKIBI

Lipid qavat ikki o‘lchamli suyuqlik kabi harakat qiladi. Alohida lipid molekulasi o‘z qavati ichida qo‘shnilari bilan juda tez o‘rin almashadi, natijada u taxminan 1 soniyada 2 mkm masofaga, ya’ni yirik bakteriya hujayrasi uzunligiga teng yo‘lga siljiydi. Aksincha, molekulaning bir qavatdan ikkinchisiga o‘tishi (flip-flop) har bir molekula uchun oyiga bir martadan kam uchraydi [1].

Membrana suyuqligi uning tarkibiga bog‘liq. Yog‘ kislotalari dumlari qisqa bo‘lsa yoki ularda sis-qo‘sh bog‘lar bo‘lsa, dumlar bir-biriga zich joylasha olmaydi va membrana past haroratda ham suyuqligicha qoladi [1]. Eukariot hujayralarning plazmatik membranasida xolesterin ko‘p bo‘lib, uning miqdori har bir fosfolipid molekulasiga bittagacha yetadi. Xolesterin lipid qavatning to‘siqlik xususiyatini kuchaytiradi, kichik suvda eruvchi molekulalarga o‘tkazuvchanlikni kamaytiradi va uglevodorod zanjirlarining kristallanib qotib qolishiga yo‘l qo‘ymaydi [1].

Membrananing ikki qavati tarkibi jihatidan bir xil emas. Masalan, eritrotsit membranasida fosfatidilserin asosan ichki qavatda joylashgan [1]. Hujayra apoptozga uchraganda bu lipid tashqi qavatga o‘tadi va qo‘shni hujayralar, jumladan makrofaglar uchun o‘lgan hujayrani fagotsitoz qilish signali bo‘lib xizmat qiladi [1]. Glikolipidlar esa faqat tashqi qavatda bo‘lib, hayvon hujayralari tashqi qavati lipidlarining taxminan 5 foizini tashkil etadi; ular hujayralarning bir-birini tanishida ishtirok etadi [1].

3. MEMBRANA ORQALI MODDALAR TRANSPORTI

3.1. Membrananing o‘tkazuvchanligi

Oqsilsiz lipid qavat turli moddalarni turlicha o‘tkazadi. Molekula qancha kichik va yog‘da yaxshi erisa, qavatdan shuncha tez diffuziyalanadi. Kichik qutbsiz molekulalar, masalan O_2 va CO_2, qavatda oson eriydi va tez o‘tadi. Suv va mochevina kabi kichik zaryadsiz qutbli molekulalar ancha sekin o‘tadi, ionlar esa o‘lchamidan qat’i nazar deyarli o‘tmaydi. Sun’iy lipid qavat suvni Na^+ yoki K^+ ionlariga qaraganda taxminan 10^9 marta yaxshi o‘tkazadi [2].

Qutbli molekulalar va ionlar hujayraga transport oqsillari yordamida kiradi. Ularning ikki asosiy sinfi mavjud: tashuvchi oqsillar va kanal oqsillari. Tashuvchi oqsil o‘zi tashiydigan moddani bog‘laydi va konformatsiyasini o‘zgartirib uni membrananing narigi tomoniga o‘tkazadi. Kanal oqsillari esa lipid qavatni kesib o‘tuvchi suvli teshiklar hosil qiladi va moddalar bilan kuchsizroq bog‘lanadi, shuning uchun ular orqali tashish tashuvchilarga qaraganda ancha tez kechadi [2]. Kanallar orqali transport doimo passiv bo‘ladi, tashuvchilar esa passiv ham, faol ham bo‘lishi mumkin [2].

3.2. Passiv transport

Hujayra energiya sarflamasdan moddalarning konsentratsiya gradienti bo‘yicha, ya’ni yuqori konsentratsiyadan past konsentratsiya tomon harakati passiv transport deyiladi [3]. U quyidagi shakllarda uchraydi:

oddiy diffuziya bu O_2 va CO_2 kabi kichik yog‘da eruvchi gazlarning lipid qavat orqali bevosita o‘tishi. Kislorod odatda hujayraga kiradi, chunki metabolizm jarayonida uning hujayra ichidagi miqdori kamayib turadi, CO_2 esa hujayra ichida hosil bo‘lgani uchun tashqariga chiqadi [3];

yengillashtirilgan diffuziya bu hajmi, zaryadi yoki qutbliligi tufayli lipid qavatdan o‘ta olmaydigan moddalarning gradient bo‘yicha oqsillar orqali o‘tishi. Misol uchun, Na^+ ionlari natriy kanallari orqali, glyukoza esa GLUT4 tashuvchi oqsili yordamida hujayraga kiradi. Kanal va tashuvchining farqi shundaki, tashuvchi jarayonda odatda shaklini o‘zgartiradi, kanal esa o‘zgartirmaydi [3];

osmos bu suvning yarim o‘tkazuvchan membrana orqali suv ko‘proq tomondan kamroq tomonga diffuziyasi. Barcha hujayralar membranasida suv o‘tishini tezlashtiruvchi akvaporin kanallari mavjud [3]. Akvaporinlarning kashf etilgani uchun P. Agre 2003-yilda kimyo bo‘yicha Nobel mukofotiga sazovor bo‘lgan [5]. Odam akvaporinlari oltita transmembran qismga ega oqsillar bo‘lib, ba’zilari suvdan tashqari glitserin va mochevinani ham o‘tkazadi. Masalan, AQP7 va AQP9 glitserinni yog‘ hujayralaridan jigarga tashishda ishtirok etadi [6].

Osmosning hujayra uchun ahamiyati eritma tonikligi bilan bog‘liq. Hujayra ichidagi va tashqi eritmalardagi erigan moddalar konsentratsiyasi teng bo‘lsa, eritma izotonik deyiladi va hujayra o‘z shakli hamda faoliyatini saqlaydi. Gipertonik eritmada hujayradan suv chiqib, u burishadi; gipotonik eritmada esa suv hujayraga kirib, uni shishiradi va hatto yorilishiga olib kelishi mumkin [3].

3.3. Faol transport

Moddalarni gradientga qarshi, ya’ni past konsentratsiyadan yuqori konsentratsiya tomonga tashish uchun hujayra energiya sarflaydi. Bunday transport faol transport deyiladi va nasos deb ataluvchi tashuvchi oqsillar yordamida amalga oshadi. Nasosning ishi energiya manbai bilan, ya’ni ATF gidrolizi yoki ion gradienti bilan mustahkam bog‘langan bo‘ladi [2]. Energiya to‘g‘ridan-to‘g‘ri ATFdan olinsa, birlamchi faol transport, boshqa modda gradienti energiyasidan foydalanilsa, ikkilamchi faol transport (kotransport, antiport) deyiladi [4, 7]. Birlamchi faol transportga Na^+/K^+-ATFaza nasosi misol bo‘la oladi [4].

Yirik zarralar va suyuqlik tomchilari esa hujayraga endotsitoz (fagotsitoz, pinotsitoz, retseptor vositasidagi endotsitoz), hujayradan chiqishi esa ekzotsitoz yo‘li bilan o‘tadi [4]. 1-jadvalda membrana transportining asosiy turlari taqqoslangan.

1-jadval. Membrana transportining asosiy turlari

Transport turi	Energiya	Yo‘nalishi	Misol
Oddiy diffuziya	Talab etilmaydi	Konsentratsiya gradienti bo‘yicha, lipid qavat orqali	O_2 va CO_2 [2, 3]
Yengillashtirilgan diffuziya	Talab etilmaydi	Gradient bo‘yicha, kanal yoki tashuvchi oqsil yordamida	Na^+ (kanal), glyukoza (GLUT4 tashuvchisi) [3]

Transport turi	Energiya	Yo‘nalishi	Misol
Osmos	Talab etilmaydi	Suv yuqori suv konsentratsiyasidan past tomonga	Suvning akvaporinlar orqali o‘tishi [3]
Faol transport	ATF gidrolizi yoki ion gradienti	Gradientga qarshi, nasos-oqsillar yordamida	Na^+/K^+-ATFaza [2, 4]

4. MEMBRANA BUZILISHLARINING TIBBIY AHAMIYATI

Membrana tuzilishi va transport tizimlaridagi nuqsonlar kasalliklarga olib kelishi mumkin. Ba’zi irsiy kasalliklarda aniq bir moddaning buyrak, ichak va boshqa hujayralar orqali tashilishi buziladi. Masalan, sistinuriya bilan og‘rigan odamlar ayrim aminokislotalarni, jumladan sistinni siydik yoki ichakdan qonga o‘tkaza olmaydi, natijada siydikda sistin to‘planib, buyraklarda sistin toshlari hosil bo‘ladi [2].

Glikolipidlar ayrim bakterial toksinlar uchun kirish eshigi bo‘lib xizmat qiladi. Gangliozid GM1 vabo toksinining retseptori hisoblanadi: toksin faqat sirtida GM1 bo‘lgan hujayralarga, shu jumladan ichak epiteliysi hujayralariga kiradi. Natijada hujayra ichida siklik AMF miqdori uzoq vaqt oshib, ichakka Na^+ va suvning ko‘p chiqishi kuzatiladi [1]. Suv va elektrolitlar muvozanatining buzilishi esa tonikligi bilan bog‘liq jarayonlarning organizm uchun naqadar muhimligini ko‘rsatadi [3].

XULOSA

Plazmatik membrana suyuq lipid qavat va unga joylashgan oqsillardan iborat dinamik tuzilma bo‘lib, uning xususiyatlari lipid tarkibiga, xususan yog‘ kislotalari zanjirlariga va xolesterin miqdoriga bog‘liq. Lipid qavat faqat kichik qutbsiz molekulalarni erkin o‘tkazadi, qutbli moddalar va ionlar uchun esa transport oqsillari zarur. Moddalar membrana orqali oddiy va yengillashtirilgan diffuziya, osmos, faol transport hamda endotsitoz va ekzotsitoz yo‘llari bilan o‘tadi. Bu mexanizmlarni bilish kasalliklarning kelib chiqish sabablarini tushunishga yordam beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Alberts B., Johnson A., Lewis J. et al. Molecular Biology of the Cell. 4th ed. The Lipid Bilayer. New York: Garland Science, 2002. NCBI Bookshelf. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26871/(murojaat sanasi: 10.10.2026).
2. Alberts B., Johnson A., Lewis J. et al. Molecular Biology of the Cell. 4th ed. Principles of Membrane Transport. New York: Garland Science, 2002. NCBI Bookshelf. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26815/(murojaat sanasi: 10.10.2026).
3. Bach L., Al-muhtasib N., King L., Thometz N. Human Physiology. Chapter 4.3. Passive Transport. Loyola Marymount University (Pressbooks), CC BY-SA. URL: https://lmu.pressbooks.pub/humanphysiology/?p=629(murojaat sanasi: 10.10.2026).
4. Membrane Transport. PubMed Central (PMC7182113). URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7182113/(murojaat sanasi: 10.10.2026).
5. Agre P. Aquaporin Water Channels. Nobel Lecture, 8 December 2003. NobelPrize.org. URL: https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2003/agre/lecture/(murojaat sanasi: 10.10.2026).
6. Passive transport by Aquaporins (Homo sapiens). WikiPathways, WP1877. URL: https://oldclassic.wikipathways.org/index.php/Pathway:WP1877(murojaat sanasi: 10.10.2026).
7. Passive and Active Transport. In: BS1005 course book (Bookdown), section 11.3. URL: https://bookdown.org/jcog196013/BS1005/passive-and-active-transport.html(murojaat sanasi: 10.10.2026).

8. Singer S.J., Nicolson G.L. The fluid mosaic model of the structure of cell membranes // Science. 1972. Vol. 175, No. 4023. P. 720–731. DOI:https://doi.org/10.1126/science.175.4023.720