NERV IMPULSINING HOSIL BO‘LISHI VA UZATILISHI: HARAKAT POTENSIALI, MIYELIN VA SINAPS (ADABIYOTLAR SHARHI)

Xamidjonova Maxliyo
Toshkent Kimyo Xalqaro Universiteti
Namangan filiali
Davolash ishi 2-kurs talabasi

Annotatsiya. Maqsad — nerv impulsining hosil bo‘lishi, tarqalishi va neyronlararo uzatilishi mexanizmlarini tibbiyot talabalari uchun izchil bayon qilish. Metodlar — ochiq o‘quv qo‘llanmalari va xalqaro ilmiy maqolalarning tahliliy sharhi. Natijalar — neyron membranasining tinchlik potensiali taxminan −70 mV, bo‘sag‘a potensiali −55 mV, harakat potensialining cho‘qqisi +30 mV; depolyarizatsiyani Na^+ kanallari, repolyarizatsiyani K^+ kanallari ta’minlaydi. Miyelinli aksonlarda impuls Ranvye bo‘g‘imlari orasida sakrab o‘tadi; bo‘g‘imlar taxminan 1 μm uzunlikda bo‘lib, Na^+ kanallari zichligi ularda bo‘g‘imlararo qismga nisbatan juda yuqori (taxminan 1200 va 20–25 kanal/μm²). Sinapsda impuls Ca^{2+} kirishi va SNARE oqsillari ishtirokidagi pufakchalar qo‘shilishi orqali uzatiladi. Xulosa — membrana potensiali, ion kanallari va sinaptik uzatilishni birga o‘rganish nerv tizimi kasalliklarida o‘tkazuvchanlik buzilishlarini tushunishga asos bo‘ladi.

Kalit so‘zlar: harakat potensiali, tinchlik potensiali, miyelin, Ranvye bo‘g‘imi, sakrovchi o‘tkazuvchanlik, sinaps, neyromediator, SNARE.

Аннотация. Цель — последовательно изложить для студентов-медиков механизмы возникновения и распространения нервного импульса и передачи между нейронами. Методы — аналитический обзор открытых учебных пособий и международных научных статей. Результаты — потенциал покоя мембраны нейрона составляет примерно −70 мВ, пороговый потенциал −55 мВ, пик потенциала действия +30 мВ; деполяризацию обеспечивают каналы Na^+, реполяризацию — каналы K^+. В миелинизированных аксонах импульс «перепрыгивает» между перехватами Ранвье; длина перехвата около 1 мкм, а

плотность натриевых каналов в нём значительно выше, чем в межузловом участке (около 1200 и 20–25 каналов/мкм²). В синапсе передача происходит за счёт входа Ca^{2+} и слияния везикул с участием белков SNARE. Выводы — совместное изучение мембранного потенциала, ионных каналов и синаптической передачи помогает понять нарушения проводимости при заболеваниях нервной системы.

Ключевые слова: потенциал действия, потенциал покоя, миелин, перехват Ранвье, сальтаторное проведение, синапс, нейромедиатор, SNARE.

Abstract. Aim — to describe, coherently for medical students, how a nerve impulse is generated, propagated and transmitted between neurons. Methods — an analytical review of open textbooks and international scientific papers. Results — the resting membrane potential of a neuron is about −70 mV, the threshold is −55 mV and the action potential peaks at +30 mV; depolarization is produced by Na^+ channels and repolarization by K^+ channels. In myelinated axons the impulse jumps between nodes of Ranvier; a node is about 1 µm long and its sodium channel density is far higher than in the internode (about 1,200 versus 20–25 channels/µm²). At the synapse, transmission depends on Ca^{2+} entry and SNARE-mediated vesicle fusion. Conclusion — studying membrane potential, ion channels and synaptic transmission together helps to understand conduction disorders in diseases of the nervous system.

Keywords: action potential, resting potential, myelin, node of Ranvier, saltatory conduction, synapse, neurotransmitter, SNARE.

KIRISH

Nerv tizimi ma’lumotni elektr va kimyoviy signallar shaklida qabul qiladi, uzatadi va qayta ishlaydi. Bu jarayonning asosida neyron membranasidagi ion harakati yotadi. Anatomiya neyronning tuzilishini, fiziologiya esa uning qanday “ishlashini” tushuntiradi. Ushbu maqolada nerv impulsining hosil bo‘lishi, aksonda tarqalishi va sinapsda keyingi hujayraga uzatilishi ochiq o‘quv manbalari va ilmiy sharhlar asosida bayon qilinadi.

1. TINCHLIK VA HARAKAT POTENSIALI

Tinch holatdagi neyron membranasining potensiali taxminan −70 mV ga teng va tashqi ta’sir bo‘lmaguncha o‘zgarmaydi [1, 2]. Natriy ionlarining konsentratsiyasi hujayra tashqarisida ichkarisidagiga nisbatan taxminan 10 barobar yuqori [1]. Ta’sir membranani −55 mV bo‘sag‘aviy qiymatgacha depolyarizatsiya qilsa, kuchlanishga bog‘liq Na^+ kanallari ochiladi va harakat potensiali boshlanadi; bo‘sag‘adan past depolyarizatsiya impuls bermaydi [1, 2].

Harakat potensiali bir necha bosqichdan iborat. Depolyarizatsiyada Na^+ hujayra ichiga kirib, potensial −70 mV dan +30 mV gacha ko‘tariladi. Repolyarizatsiyada sekinroq ochiladigan K^+ kanallari orqali K^+ tashqariga chiqadi va potensial tinchlik darajasiga qaytadi. K^+ kanallari biroz kechikib yopilgani sababli potensial qisqa muddat −70 mV dan pastga tushadi (giperpolyarizatsiya), so‘ng sizib o‘tish kanallari va Na^+/K^+ nasosi hisobiga tinchlik holati tiklanadi [1, 2]. Butun jarayon taxminan 2 ms davom etadi, rivojlanish davomida umumiy o‘zgarish taxminan 100 mV ni tashkil etadi [1].

Natriy kanallarining ikki “darvozasi” bor: faollashtiruvchi darvoza bo‘sag‘ada ochiladi, inaktivatsiya darvozasi cho‘qqi yaqinida yopiladi [1, 2]. Shu sababli mutlaq refrakter davrda yangi harakat potensiali hosil bo‘lmaydi, nisbiy refrakter davrda esa faqat kuchliroq ta’sirga javob beradi [1]. Harakat potensiali “hammasi yoki hech narsa” qoidasiga bo‘ysunadi: kuchliroq ta’sir impuls balandligini emas, ularning sonini va tezligini oshiradi [1, 2].

2. IMPULSNING AKSONDA TARQALISHI

Harakat potensiali akson boshlang‘ich qismida (trigger zonasi) hosil bo‘ladi, chunki u yerda kuchlanishga bog‘liq Na^+ kanallari zichligi yuqori [3]. Miyelinsiz aksonda impuls uzluksiz tarqaladi: kirgan Na^+ membrana ichida qo‘shni qismga tarqalib, u yerdagi kanallarni ochadi. Mutlaq refrakter davr impulsning orqaga qaytmasdan faqat akson uchlari tomon ketishini ta’minlaydi [3].

Miyelinli aksonlarda Na^+ kanallari Ranvye bo‘g‘imlarida to‘plangan, impuls esa bo‘g‘imdan bo‘g‘imga “sakrab” o‘tadi (sakrovchi o‘tkazuvchanlik) va bu

uzluksiz o‘tkazuvchanlikka qaraganda tezroq [3]. Bo‘g‘imlar orasidagi masofa optimal bo‘lishi kerak: masofa juda katta bo‘lsa, keyingi bo‘g‘imda kanallarni faollashtirish uchun depolyarizatsiya yetarli bo‘lmaydi, juda kichik bo‘lsa, tarqalish sekinlashadi [3]. Sharh ma’lumotlariga ko‘ra, bo‘g‘im uzunligi taxminan 1 μm, Na^+ kanallari zichligi bo‘g‘imda taxminan 1200 kanal/μm², bo‘g‘imlararo qismda esa 20–25 kanal/μm² ni tashkil etadi. Bu kanallarni tejab, energiya sarfini kamaytiradi [4].

3. O‘TKAZUVCHANLIK TEZLIGIGA TA’SIR ETUVCHI OMILLAR

Impuls tezligi akson diametriga bog‘liq: yo‘g‘onroq akson tezroq o‘tkazadi [3]. Harorat ko‘tarilsa, ionlar harakati tezlashib, tarqalish ham tezlashadi [3]. Miyelin tezlikni oshiradi, chunki aksonni izolyatsiya qilib, sig‘imini kamaytiradi. Sharhda keltirilishicha, markaziy nerv tizimining miyelinsiz aksonlarida tezlik taxminan 0,2–1,45 m/s, motoneyronlarda esa taxminan 80 m/s gacha yetadi [4].

4. SINAPTIK UZATILISH

Kimyoviy sinapsda harakat potensiali presinaptik membranani depolyarizatsiya qilib, faol zonadagi Ca^{2+} kanallarini ochadi; Ca^{2+} kirishi neyromediator chiqishini boshlaydi [5]. Tez chiqish impuls kelgandan so‘ng millisekundlar ichida sodir bo‘ladi. Nerv uchlarida asosan N va P/Q tipidagi kanallar ishlaydi, ulardan P/Q tipi chiqish zonasiga eng yaqin joylashgan [5].

Pufakchalarning membrana bilan qo‘shilishi SNARE kompleksi hosil bo‘lishi orqali amalga oshadi: sintaksin-1 va SNAP-25 (t-SNARE) sinaptobrevin/VAMP (v-SNARE) bilan birikadi. Pufakchalarni qo‘shilishga tayyorlashda Munc13-1 markaziy rol o‘ynaydi. Sinaptotagmin-1 Ca^{2+} sensori sifatida sinxron chiqishni boshqaradi, kompleksin esa o‘z-o‘zidan chiqishni to‘xtatib turadi va Ca^{2+} sinaptotagminga birikkach, bu “tormoz” bo‘shaydi [5].

5. KLINIK AHAMIYATI

Miyelin shikastlanganda (demielinizatsiya) o‘tkazuvchanlikning ishonchlilik koeffitsiyenti pasayadi. Bo‘g‘imlarda bu koeffitsiyent normada taxminan 5–7 bo‘lib, 1 dan pastga tushsa, impuls o‘tmaydi (o‘tkazuvchanlik bloki) [4]. Shuning uchun

miyelin tuzilishi va Na^+ kanallarining joylashuvi nerv kasalliklarini tushunishda muhim.

XULOSA

Nerv impulsi neyron membranasidagi Na^+ va K^+ kanallari orqali hosil bo‘ladi, aksonda uzluksiz yoki (miyelinli aksonlarda) sakrovchi usulda tarqaladi va sinapsda Ca^{2+} ga bog‘liq ravishda neyromediator chiqishi orqali keyingi hujayraga uzatiladi. Maqola sharh xarakterida bo‘lib, original eksperimental ma’lumot keltirilmagan; keltirilgan raqamlar ko‘rsatilgan manbalardan olingan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Hannah R., Joo E. Animal Physiology. Chapter 20: The Action Potential. Pressbooks (CC BY 4.0). URL: https://ua.pressbooks.pub/animalphysiology/chapter/the-action-potential/(murojaat sanasi: 29.10.2026).
2. Biga L.M. et al. Anatomy & Physiology (adaptatsiya: Basic Human Physiology, Chapter 14: Action potentials). Indiana University Pressbooks (CC BY-SA 4.0). URL: https://iu.pressbooks.pub/humanphys/?p=197(murojaat sanasi: 29.10.2026).
3. Davis J., Cobb E., lucsmall. Basic Human Physiology, Chapter 16: Action potential conduction. Indiana University Pressbooks. URL: https://iu.pressbooks.pub/humanphys/chapter/action-potential-conduction/(murojaat sanasi: 29.10.2026).
4. Freeman S.A., Desmazières A., Fricker D. et al. Mechanisms of sodium channel clustering and its influence on axonal impulse conduction // Cellular and Molecular Life Sciences. 2016. Vol. 73. P. 723–735. DOI: 10.1007/s00018-015-2081-1. URL: https://link.springer.com/10.1007/s00018-015-2081-1(murojaat sanasi: 29.10.2026).
5. He R., Zhang J., Yu Y., Jizi L., Wang W., Li M. New Insights Into Interactions of Presynaptic Calcium Channel Subtypes and SNARE Proteins in

Neurotransmitter Release // Frontiers in Molecular Neuroscience. 2018. Vol. 11. Article 213. DOI: 10.3389/fnmol.2018.00213. URL: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnmol.2018.00213/full(murojaat sanasi: 29.10.2026).