



ELECTROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF IMPULSE GENERATION AND CONDUCTION IN THE SINOATRIAL NODE

Abdusalomova Yasmina

Fourth-Year Student, Faculty of Medicine, Alfraganus University

Abstract

This scientific thesis examines the electrophysiological and molecular mechanisms underlying the generation of bioelectrical impulses in the sinoatrial (SA) node, the heart's primary pacemaker, and their propagation through the atria. It provides a detailed analysis of the interaction between the unstable resting membrane potential of SA nodal pacemaker cells, spontaneous diastolic depolarization (SDD), hyperpolarization-activated I_f ("funny") currents, and the calcium clock. The dynamics of impulse transmission through specialized conduction pathways to the atria and atrioventricular node are also discussed, along with their diagnostic and therapeutic significance in clinical cardiology.

Keywords

sinoatrial node, pacemaker cells, spontaneous diastolic depolarization, I_f currents, HCN4 channels, calcium clock, conduction system, electrophysiology.

SINOATRIAL TUGUNDA IMPULS HOSIL BO'LISHI VA TARQALISHINING ELEKTROFIZIOLOGIK MEKANIZMLARI

Abdusalomova Yasmina

Alfraganus universiteti, Tibbiyot fakulteti, 4-bosqich talabasi

Annotatsiya. Ushbu ilmiy tezisda yurakning birinchi darajali ritm haydovchisi hisoblangan sinoatrial (SA) tugunda bioelektr impulsining shakllanishi va uning bo'lmachalarga tarqalishining elektrofiziologik hamda molekulyar mexanizmlari yoritilgan. SA tugun p-hujayralaridagi turg'un bo'lmagan tinchlik potentsiali, spontan diastolik depolyarizatsiya (SDD) jarayoni, giperpolyarizatsiya bilan faollashuvchi I_f



“SOG’LIQNI SAQLASHDA YANGI YONDASHUVLAR”
nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

("funny") toklari va kaltsiy "soati" (Calcium clock) o'rtasidagi sinxron ta'sir atroflicha tahlil qilingan. Shuningdek, impulsning ixtisoslashgan tutamlar orqali bo'lmachalarga va atrioventrikulyar tugunga uzatilish dinamikasi hamda uning kardiologik amaliyotdagi tashxisiy va davolash ahamiyati ko'rib chiqilgan.

Kalit so'zlar: Sinoatrial tugun, peysmaker hujayralari, spontan diastolik depolyarizatsiya, I_f toklari, HCN4 kanallari, kaltsiy soati, o'tkazuvchanlik tizimi, elektrofiziologiya.

Kirish. Yurak-qon tomir tizimining regulyar va uzluksiz nasos funksiyasini ta'minlashda sinoatrial (SA) tugun hal qiluvchi o'rin tutadi. SA tugun o'ng bo'lmachaning yuqori devorida, yuqori kovak vena quyilish joyida joylashgan bo'lib, yurakning asosiy peysmakeri (ritm haydovchisi) hisoblanadi. Oddiy ishchi kardiomiotsitlardan farqli o'laroq, SA tugunning p-hujayralari (pacemaker cells) spontan avtomatizm xususiyatiga ega. Bioelektr impulsning hosil bo'lishi va uning bo'lmachalar bo'ylab to'g'ri tarqalishi butun kardio-gemodinamikaning barqarorligini ta'minlaydi. So'nggi yillarda ion kanallari hamda hujayra ichi kalsiy regulyatsiyasining genetik va molekulyar mexanizmlari chuqur o'rganilishi natijasida sinus tuguni disfunktsiyasi va bradiaritmialarni davolashda yangi bio-muhandislik yondashuvlari shakllanmoqda. Ushbu ishning maqsadi SA tugundagi impuls generatsiyasi va tarqalishining elektrofiziologik qonuniyatlarini tizimli ravishda tahlil qilishdan iborat.

Asosiy qism va muhokama. Sinoatrial tugun hujayralarida harakat potentsialining shakllanishi va impuls tarqalishi bir-biri bilan uzviy bog'liq bo'lgan murakkab biokimyoviy va biofizik bosqichlardan tashkil topgan:

1. Spontan diastolik depolyarizatsiya (SDD) va Membrana soati: SA tugun p-hujayralarida turg'un tinchlik potentsiali mavjud emas. Repolyarizatsiya fazasi yakunida membrana potentsiali -60 mV ga yetganda, giperpolyarizatsiya bilan faollashuvchi I_f ("funny" toklari, HCN4 gen mahsuli) kanallari ochiladi. Na^+



ionlarining hujayra ichiga sekin oqib kirishi hisobiga membrana potentsiali asta-sekin bo'sag'a qiymatiga qarab siljiydi.

2. Kaltsiy soati (Calcium Clock) integratsiyasi: SDD ning ikkinchi yarmida sarkoplazmatik retikulumdan (SR) ryanodin retseptorlari (RyR2) orqali Ca^{2+} ionlarining mikroskopik ajralib chiqishi sodir bo'ladi. Bu sub-membranal Ca^{2+} ko'tarilishi $\text{Na}^{+}/\text{Ca}^{2+}$ almashinuvchi transporterni (NCX) faollashtiradi va har bir chiqarilgan Ca^{2+} evaziga 3 ta Na^{+} hujayra ichiga kirib, qo'shimcha depolyarizatsiyalovchi tok yaratadi.

3. Depolyarizatsiya va repolyarizatsiya fazalari: Membrana potentsiali bo'sag'a qiymatiga (taxminan -40 mV) erishganda L-tipdagi kaltsiy kanallari ($I_{\text{Ca,L}}$) faollashib, harakat potentsialining keskin ko'tarilishini ta'minlaydi. Repolyarizatsiya esa delayed rectifier kaliy kanallari (I_{Kr} va I_{Ks}) orqali K^{+} ionlarining chiqishi natijasida yuzaga keladi.

4. Impulsning tarqalish dinamikasi: SA tugunda shakllangan impuls sinoatrial tutashuv zonasi orqali o'ng va chap bo'lmachalarga ixtisoslashgan o'tkazuvchi yo'llar — Baxman (Bachmann), Venkebax (Wenckebach) va Torel (Thorel) tutamlari bo'ylab 0.8–1.0 m/s tezlikda tarqaladi. Bu impuls bo'lmachalar miokardining ketma-ket va sinxron qisqarishini ta'minlab, atrioventrikulyar (AV) tugunga uzatiladi.

Xulosa. Sinoatrial tugunda impuls hosil bo'lishi membrana ion kanallari hamda hujayra ichi kaltsiy siklining mukammal muvofiqlashgan ta'siri natijasidir. SDD jarayonida I_f va NCX toklari yetakchi rol o'ynaydi. SA tugun elektrofiziologiyasini chuqur o'rganish sinus tuguni disfunktsiyasi bo'lgan bemorlarda o'tkazuvchanlik buzilishlarini barvaqt aniqlash hamda biologik va genetik peysmakerlarni amaliyotga tatbiq etishda g'oyat muhim ahamiyatga ega.

Adabiyotlar / References:



"SOG'LIQNI SAQLASHDA YANGI YONDASHUVLAR"
nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

1. DiFrancesco, D. (2010). The role of funny channels in pacemaker activity. *Circulation Research*, 106(3), 434-446.
2. Lakatta, E. G., & Vinogradova, T. M. (2009). Deciphering the sinoatrial node pacemaker concept: It's a clock shop. *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*, 47(4), 456-466.
3. Mangoni, M. E., & Nargeot, J. (2008). Genesis and regulation of the heart automaticity: physiological and pathological aspects. *Physiological Reviews*, 88(3), 919-982.
4. Monfredi, O., Maltsev, V. A., & Lakatta, E. G. (2013). Modern concepts of sinoatrial node pacemaker cell automaticity. *Journal of Internal Medicine*, 273(4), 361-378.
5. Boyett, M. R., Honjo, H., & Kodama, I. (2000). The sinoatrial node, a heterogeneous structure. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 74(1-2), 119-156.
6. Irisawa, H., Brown, H. F., & Giles, W. (1993). Cardiac pacemaking in the sinoatrial node. *Physiological Reviews*, 73(1), 197-227.