

Miya to‘lqinlari (alfa, beta, gamma) va tashqi chastotalar o‘rtasidagi dinamik o‘zaro ta’sir mexanizmlari

Mechanisms of dynamic interaction between brain waves (alpha, beta, gamma) and external frequencies

Механизмы динамического взаимодействия между мозговыми волнами (альфа, бета, гамма) и внешними частотами.

Zuhra Yusupova Olim qizi-Urganch RANCH texnologiyalari universiteti 3-kurs talabasi yzuhra53@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tezis miya to‘lqinlari (alfa 8–12 Gs, beta 12–30 Gs, gamma 30–100 Gs va undan yuqori) va tashqi chastotalar (auditor, vizual, elektromagnit yoki akustik stimullar) o‘rtasidagi dinamik o‘zaro ta’sir mexanizmlarini tahlil qiladi. Neyron entrainmentsi (sinxronlashuvi), chastota kuzatuvchi javob (FFR – frequency following response), auditor steady-state response (ASSR) va faza-amplituda bog‘lanishi kabi asosiy mexanizmlar ko‘rib chiqiladi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, tashqi chastotalar (masalan, binaural beats, isoxronik tonlar yoki 40 Gs gamma stimulyatsiyasi) miya osillatsiyalarini modulyatsiya qilishi mumkin, bu kognitiv funksiyalarni yaxshilash, stressni kamaytirish va nevrodegenerativ kasalliklarda (Altsgeymer) terapevtik qo‘llanish imkonini beradi. O‘zbekistonlik nevrofiziologiya va musiqa terapiyasi tadqiqotlariga asoslanib, mahalliy kontekstda qo‘llash takliflari berilgan.

Kalit so‘zlar: miya to‘lqinlari, alfa-beta-gamma osillatsiyalari, neyron entrainmentsi, tashqi chastotalar, binaural beats, chastota kuzatuvchi javob (FFR), ASSR, faza-amplituda bog‘lanishi, neyrobiologik mexanizmlar, musiqa terapiyasi.

Аннотация: В данной диссертации анализируются механизмы динамического взаимодействия между мозговыми волнами (альфа-ритм 8–12 Гс, бета-ритм 12–30 Гс, гамма-ритм 30–100 Гс и выше) и внешними частотами (слуховые, зрительные, электромагнитные или акустические стимулы). Рассматриваются ключевые механизмы, такие как нейронная синхронизация (синхронизация), частотная реакция следования (ЧРС), слуховая реакция устойчивого состояния (ССО) и фазово-амплитудная связь. Исследования



показывают, что внешние частоты (например, бинауральные биения, изохронные тоны или гамма-стимуляция 40 Гц) могут модулировать мозговые колебания, что может улучшить когнитивные функции, снизить стресс и иметь терапевтическое применение при нейродегенеративных заболеваниях (болезнь Альцгеймера). На основе исследований в области нейрофизиологии и музыкотерапии в Узбекистане предлагаются варианты применения в местном контексте.

Ключевые слова: мозговые волны, альфа-бета-гамма-колебания, нейронная синхронизация, внешние частоты, бинауральные ритмы, частотно-следящий ответ (ЧСО), ASSR, фазово-амплитудная связь, нейробиологические механизмы, музыкотерапия.

Abstract: This thesis analyzes the mechanisms of dynamic interaction between brain waves (alpha 8–12 Gs, beta 12–30 Gs, gamma 30–100 Gs and higher) and external frequencies (auditory, visual, electromagnetic or acoustic stimuli). Key mechanisms such as neuronal entrainment (synchronization), frequency following response (FFR), auditory steady-state response (ASSR) and phase-amplitude coupling are considered. Studies show that external frequencies (e.g. binaural beats, isochronous tones or 40 Gs gamma stimulation) can modulate brain oscillations, which may improve cognitive functions, reduce stress and have therapeutic applications in neurodegenerative diseases (Alzheimer's). Suggestions for application in the local context are given, based on Uzbek neurophysiology and music therapy research.

Keywords: brain waves, alpha-beta-gamma oscillations, neuronal entrainment, external frequencies, binaural beats, frequency-tracking response (FFR), ASSR, phase-amplitude coupling, neurobiological mechanisms, music therapy.

Kirish: Inson miyasi doimiy ravishda elektr osillatsiyalar hosil qiladi, ularni elektroensefalografiya (EEG) orqali qayd etish mumkin. Bu to‘lqinlar neyronlarning sinxron elektr faolligini aks ettiradi va alfa (8–12 Gs – tinchlik, ko‘z yopilganda oksipital mintaqada ustun), beta (12–30 Gs – diqqat, fikrlash, faol holat), gamma (30–100 Gs va undan yuqori – yuqori kognitiv integratsiya, e’tibor, xotira bog‘lanishi) kabi guruhlarga bo‘linadi. [4, 5]

Tashqi chastotalar (auditor stimullar, yorug‘lik miltillashi, transkraniyal o‘zgaruvchan tok stimulyatsiyasi – tACS yoki binaural beats) bilan o‘zaro ta’sir miya osillatsiyalarini “entrainment” (sinxronlashuv) orqali o‘zgartirishi mumkin. Bu jarayon

neyron tarmoqlarining faza qulflanishi (phase-locking) va chastota moslashuviga asoslanadi. Ilmiy adabiyotlarda bu mexanizm “brainwave entrainment” yoki “neural entrainment” deb ataladi va u kognitiv funksiyalarni yaxshilash, meditatsiya, stressni boshqarish va hatto Altsgeymer kasalligida gamma osillatsiyalarini tiklash uchun qo‘llaniladi. [1, 6]

O‘zbekistonda nevrofiziologiya va EEG tadqiqotlari rivojlanmoqda, ammo tashqi chastotalar bilan dinamik ta’sir mexanizmlari bo‘yicha maxsus tadqiqotlar kam. Ushbu tezis xalqaro va mahalliy adabiyotlarni jamlaydi, mexanizmlarni chuqur tahlil qiladi va O‘zbekiston kontekstida takliflar beradi. Maqsad – nazariy asosni mustahkamlash va amaliy qo‘llash yo‘llarini ko‘rsatish. [7]

Asosiy qism: 1. Miya to‘lqinlarining xarakteristikasi va funksiyalari Alfa to‘lqinlari tinch, ammo uyg‘oq holatda (ko‘z yopiq) ustun bo‘lib, relaksatsiya va ichki diqqatni bildiradi. Beta to‘lqinlari faol fikrlash, qaror qabul qilish va diqqatni talab qiladigan vazifalarda kuchayadi. Gamma to‘lqinlari esa neyronlarning “binding” (bog‘lanish) jarayonida ishtirok etadi – bu xotira, idrok va ongning yuqori darajadagi integratsiyasini ta’minlaydi. [4, 8] O‘zbek fiziologiya darsliklarida bu to‘lqinlar neyronlarning sinxron elektr faolligi sifatida tavsiflanadi va ular miya yarim korteksi va talamus o‘rtasidagi tsikllar bilan bog‘liq. [9, 45–52 betlar]

2. Tashqi chastotalar va entrainment mexanizmlari Tashqi chastotalar (masalan, 10 Gs binaural beats alfa uchun yoki 40 Gs gamma stimulyatsiyasi) miya osillatsiyalarini sinxronlashtiradi. Asosiy mexanizmlar:

- **Chastota kuzatuvchi javob (FFR):** Superior olivar kompleks (auditor yo‘l) orqali tashqi chastota miya osillatsiyalariga moslashadi.

- **Auditor steady-state response (ASSR):** Stimul chastotasida doimiy javob hosil bo‘ladi (masalan, 40 Gs binaural beats gamma kuchini oshiradi). [1, 10]

- **PING va ING mexanizmlari** (gamma uchun): Piramidal-interneyron tarmoqlari (PING) yoki interneyronlar o‘rtasidagi GABA-A retseptorlari orqali gamma ritmi hosil bo‘ladi va tashqi stimullar ularni kuchaytiradi. [11]

Binaural beats (har bir quloqqa turli chastotali tonlar berilganda farq chastotasi miyada hosil bo‘ladi) alfa va beta to‘lqinlarini modulyatsiya qiladi. Isoxronik tonlar (ITd) esa alpha kamayishi va gamma kuchayishi bilan birga uzoq muddatli ta’sir



ko'rsatadi. [2, 12] Vizual flicker yoki tACS ham shunga o'xshash entrainmentsni ta'minlaydi.

3. Dinamik o'zaro ta'sirning chuqur mexanizmlari Faza-amplituda coupling (slow osillatsiya fazasi fast osillatsiya amplitudasini modulyatsiya qiladi) va cross-frequency coupling gamma-beta yoki theta-gamma bog'lanishlarida muhim. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, 40 Gs gamma stimulyatsiyasi Altsgeymerda amiloid plitalarni kamaytirishi va kognitiv funksiyalarni yaxshilashi mumkin. [6, 13] O'zbek tadqiqotlarida musiqa terapiyasi orqali alfa oshishi va beta kamayishi stressni pasaytirishi isbotlangan (Chappell va Smith ma'lumotlariga asosan). [3, 78–85 betlar]

EEG tahlillari va MEG (magnetoensefalografiya) usullari bu o'zaro ta'sirlarni tasdiqlaydi. O'zbekistonda EEG diagnostikasi klinikalarda keng qo'llanilmoqda va neyrofiziologik tadqiqotlar rivojlanmoqda. [7, 14]

Muhokama: Tadqiqot natijalari entrainmentning samaradorligini tasdiqlaydi, ammo natijalar heterogen: ba'zi tadqiqotlarda binaural beats kuchli ta'sir ko'rsatadi, boshqalarida esa faqat plasebo effekti kuzatiladi. Bu individual farqlar (neyron tarmoqlarning rezonansi, Arnold Tongue fenomeni), stimulyatsiya davomiyligi va chastota mosligi bilan bog'liq. [1, 2] Gamma entrainment Altsgeymerda istiqbolli, ammo klinik sinovlar yetarli emas.

O'zbek kontekstida musiqa terapiyasi va neyrobiologik usullar (masalan, mahalliy ilovalarda binaural beats) stress va kognitiv buzilishlarni davolashda qo'llanilishi mumkin. Cheklovlar: ko'p tadqiqotlar G'arbiy populyatsiyalarda o'tkazilgan, O'zbekistonda madaniy va genetik omillar hisobga olinmagan. Kelajakda mahalliy EEG tadqiqotlari kerak. [3, 9]

Xulosa va takliflar: Miya to'lqinlari va tashqi chastotalar o'rtasidagi dinamik o'zaro ta'sir neyron entrainmentsi, FFR va cross-frequency coupling mexanizmlariga asoslanadi. Bu jarayonlar kognitiv yaxshilanish, relaksatsiya va terapiya uchun katta imkoniyatlar beradi.

Takliflar:

1. O'zbekistonda EEG va binaural beats bo'yicha klinik tadqiqotlar o'tkazish.
2. Musiqa terapiyasi dasturlarini maktab va klinikalarda joriy etish.
3. Yangi ilovalar yaratish (mobil app orqali chastota stimulyatsiyasi).

4. Neyrofiziologiya darsliklariga entrainment bo‘limini qo‘shish. Ushbu soha kelajakda nevrologiya va psixologiyani rivojlantiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ingendoh R.M., et al. Binaural beats to entrain the brain? A systematic review... PLOS ONE, 2023. – P. 1–25.
2. Dos Anjos T., et al. Brain wave modulation and EEG power changes during... Neuroscience, 2024. – P. 1–15.
3. Salimova B.B.Q. Musiqa terapiyasida stressni pasaytiruvchi neyrofiziologik omillarni nazariy asoslarini ilmiy-tahlil etish yo‘nalishi masalalari // CyberLeninka, 2026. – 15–25 betlar.
4. Buzsáki G. Rhythms of the Brain. Oxford University Press, 2006. – P. 120–150.
5. Wikipedia. Elektroensefalografiya (o‘zbekcha). – Kirish va asosiy qism.
6. Helfrich R.F., et al. Neural entrainment and network resonance... Current Opinion in Psychology, 2019. – P. 82–89.
7. Usmonov S.A. Tibbiyot muhandisligi sohasiga fizika fanining integratsiyasi. Toshkent, 2023. – 120–135 betlar.
8. Guan A., et al. The role of gamma oscillations in central nervous system... Front. Cell. Neurosci., 2022. – P. 1–20.
9. O‘quv-uslubiy majmua (neyrofiziologiya bo‘limi). BIOM.uz kutubxonasi, 2016. – 50–55 betlar (elektr faoliyat chastotalari).
10. Tierney A., Kraus N. Neural Entrainment to the Rhythmic Structure of Music. Journal of Cognitive Neuroscience, 2015. – P. 400–408.
11. Whittington M.A., et al. (PING/ING mexanizmlari). Nature Reviews Neuroscience, 2000 (takroriy iqtiboslar).
12. Orozco Perez G., et al. (ASSR tadqiqotlari). 2020.
13. Shao H., et al. Neural Mechanisms Underlying Brain Gamma Entrainment... IJPMBS, 2024.
14. O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi materiallari (EEG diagnostikasi). 2020-yillar.