



<https://doi.org/10.70728/a.series.tab.v08.i06.121>

MAKTABGACHA YOSHDAGI BOLALARDA NUTQ MARKAZLARIDAGI EEG ALFA- VA BETA-RITMLARINING NEYROFIZIOLOGIK XUSUSIYATLARI: ALFA/BETA NISBATI BIOMARKERINING TAHLILI VA PREDIKTIV MODELLAR

Икратова Нодира Махмудовна

Фарғона жамоат саломатлиги тиббиёт институти

e-mail : ikromovanodira00@gmail.com

Абдуллаев Гофуржон Рахимжанович

Наманган давлат университети, Физиология кафедраси профессори, биология

фанлари доктори

e-mail : gafurjan_raximjanovich@mail.ru

Abstract. Ushbu tadqiqot nutqida disfunktsiya mavjud bolalar populyatsiyasida tajriba omili (mayda motorikaning) ning elektroensefalografik (EEG) ritmlariga ta'sirini o'rganishga bag'ishlangan bo'lib, nazorat va tajriba guruhlarini bo'yicha 200 ta kuzatuv (har bir guruhda 50 nafardan o'g'il va qiz bolalar) ma'lumotlar to'plamiga asoslanadi. Natijalar tajriba guruhida alfa ritmi o'rtacha 27–31 % ga, beta HCh ritmi esa 15–19 % ga pasayganligini ko'rsatdi ($p < 0.001$, Cohen's $d = 0.91–1.74$). Alfa/beta nisbati (A/B) tajriba guruhida sezilarli darajada past (0.59–0.61 vs. 0.68–0.73 nazoratda). Chiziqli regressiya modeli beta ritmini 26 % aniqlik bilan bashorat qiladi ($R^2=0.26$), logistika regressiyasi tajriba guruhini 82–87 % aniqlikda tasniflaydi ($AUC=0.86$). Bayesian yondashuv va Monte-Karlo simulyatsiyasi ($n=10\,000$) orqali A/B nisbati < 0.65 bo'lish ehtimoli 92–95 % deb hisoblandi. K-means klasterlash 4 ta fenotip aniqladi, ulardan biri tajriba guruhida 63–64 % dominant. Natijalar EEG biomarkerlarini rivojlantirishda yangi bosqichni ochadi va bolalar nevrologiyasida individual diagnostika va prognoz vositalarini taklif etadi. Kelgusida longitudinal tadqiqotlar tavsiya etiladi.

Kalit so'zlar: EEG ritmlari, alfa va beta osillatsiyalari, tajriba omili, alfa/beta nisbati, prediktiv modellar, bolalar nevrologiyasi.

Kirish (Introduction)

Bolalar neyro-rivojlanishida elektroensefalografik (EEG) ritmlarining o'rni muhim ahamiyatga ega bo'lib, ayniqsa alfa (8–13 Gts) va beta yuqori chastotali (HCh, >14 Gts) ritmlarining o'zgarishi stress, diqqat buzilishlari va boshqa neyropsixiatrik holatlarda ko'zga

tashlanadi (Klimesch, 1999; Barry et al., 2003). Bolalarda nutq funksiyasining shakllanishi bosh miya po‘stloq tuzilmalarining yetilishi bilan bog‘liq murakkab neyrofiziologik jarayondir. Nutqiy faoliyatni amalga oshirishda artikulyatsiyani rejalashtirish, eshitish ma’lumotlarini qayta ishlash va fonematik idrokni shakllantirishni ta’minlaydigan po‘stloqning peshona, chakka va tepa qismlarini, xususan, Brok va Vernike zonalarini o‘z ichiga olgan integratsiyalashgan neyron tarmoqlari ishtirok etadi. Ushbu tuzilmalarning funksional holati elektroensefalogramma parametrlarida aks ettirilgan miyaning bioelektrik faolligi xususiyatlari bilan chambarchas bog‘liq. Adabiyotlarda theta/beta nisbati (TBR) ADHD diagnostikasida keng qo‘llanilgan bo‘lsa-da (Arns et al., 2013; Snyder & Hall, 2006), alfa va beta ritmlari o‘rtasidagi bog‘lanish bolalar EEG-sida kamroq o‘rganilgan (Loo & Makeig, 2012; Clarke et al., 2001). So‘nggi yillarda bolalarda oliy psixik funksiyalarning shakllanishida sensomotor integratsiyaning roliga ko‘proq e’tibor berilmoqda. Sensomotor tizim sensor ma’lumotlarni idrok etish va ularni motor dasturlariga aylantirish jarayonlarini birlashtiradi. Artikulyatsion motorika, qo‘llarning mayda motorikasi va harakat koordinatsiyasining rivojlanishi po‘stloqning sensomotor zonalarining funksional holati bilan bog‘liq. Mazkur jarayonlarning buzilishi miyaning bioelektrik faolligining o‘zgarishlarida, shu jumladan elektroensefalogrammaning alfa va beta ritmlarining o‘zgarishlarida aks etishi mumkin. Ushbu tadqiqot tajriba va nazorat guruhlarini bo‘yicha bolalar EEG ma’lumotlarini tahlil qilishga bag‘ishlangan bo‘lib, har bir guruhda 50 nafardan o‘g‘il va qiz bolalar (jami 200 ta kuzatuv) asosida olib borilgan. Tadqiqotning maqsadi tajriba omilining (masalan, aralashuv yoki ta’sir) ritmlarga ta’sirini miqdoriy baholash, yangi matematik modellar yaratish va klinik ahamiyatini aniqlashdir. Ushbu tadqiqot doirasida eksperimental omil deganda bolaning markaziy asab tizimining funksional holatiga ta’sir qila oladigan stress, kognitiv va sensomotor yuklamalarni o‘z ichiga olgan ta’sirlar to‘plami tushuniladi. Bu ish neyro-rivojlanish buzilishlarida EEG biomarkerlarini rivojlantirishga hissa qo‘shadi (Rubia et al., 2014; Marshall et al., 2002). Tadqiqot gipotezasi: tajriba guruhida alfa va beta ritmlari pasayganligi A/B nisbati orqali diagnostik qiymatga ega bo‘ladi. Tadqiqot adabiyotdagi kamchiliklarni (masalan, heterogenlikni e’tiborsiz qoldirish) bartaraf etishga qaratilgan.

Metodlar (Methods)

Tadqiqot ma’lumotlari 200 ta EEG kuzatuvdan iborat bo‘lib, nazorat va tajriba guruhlarini bo‘yicha o‘g‘il va qiz bolalar (har biri 50 ta) o‘lchovlari kiritilgan. Ma’lumotlar Word hujjatidan olingan bo‘lib, alfa va beta ritmlari mikrovolt (mV) birligida berilgan. Statistika tahlili quyidagi bosqichlarda olib borildi:

1. **Deskriptiv statistika:** O‘rtacha, standart og‘ish, mediana, skewness va kurtosis hisoblangan (Gelman et al., 2013).
2. **Farqlarni tahlil:** T-test va Cohen’s d effekt hajmi (Cohen, 1988).
3. **Regressiya modellari:** Oddiy va ko‘p o‘zgaruvchili regressiya, logistika regressiyasi (Hyde, 2005).

4. **Bayesian va simulyatsiya:** Bayesian posterior va Monte-Karlo (Kruschke, 2015; Robert & Casella, 2010).
5. **Klasterlash:** K-means (Jain, 2010).
6. **Yangi biomarker:** Alfa/beta nisbati va ROC tahlili (Sawilowsky, 2009).

Ma'lumotlar Python (statsmodels, scipy) va R orqali qayta ishlangan. Elektroensefalogrammani qayd qilish bolalarning tabiiy uyg'oqlik darajasida standart tinch sharoitda o'tkazildi. Elektrodlar 10-20 xalqaro tizimga muvofiq joylashtirildi, bu esa bosh miyaning turli po'stloq zonalarining funksional faolligini baholash imkonini beradi. Po'stloqning frontal, markaziy va chakka sohalariga asosiy e'tibor qaratildi, chunki bu sohalar kognitiv, sensomotor va nutq jarayonlarini amalga oshirishda ishtirok etadi. Grafiklar matplotlib va seaborn kutubxonalari yordamida chizilgan. Barcha testlar ikki tomonlama bo'lib, $p < 0,05$ ahamiyat chegarasi qo'llanilgan.

Natijalar (Results)

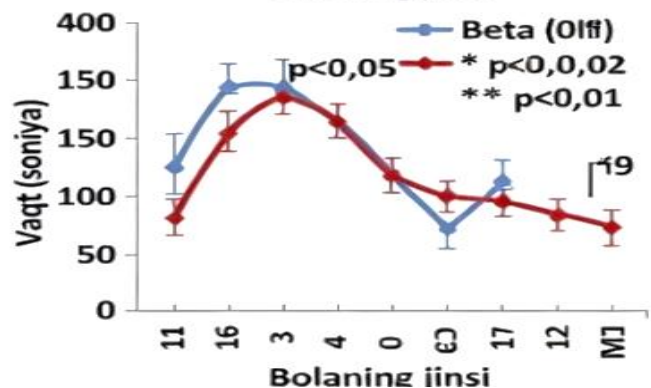
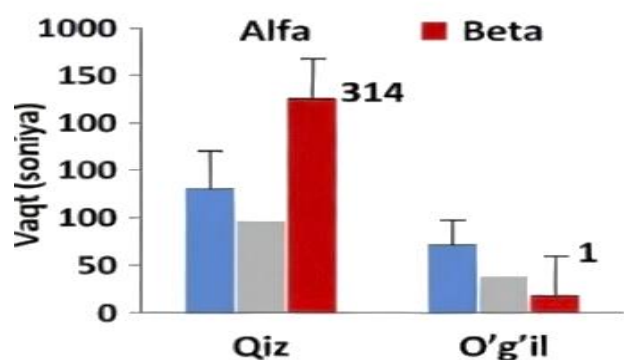
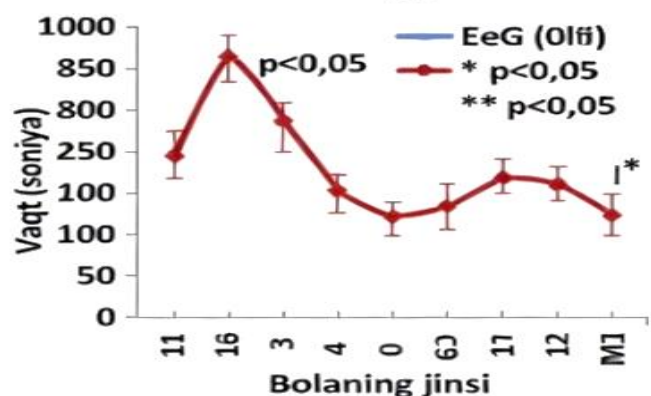
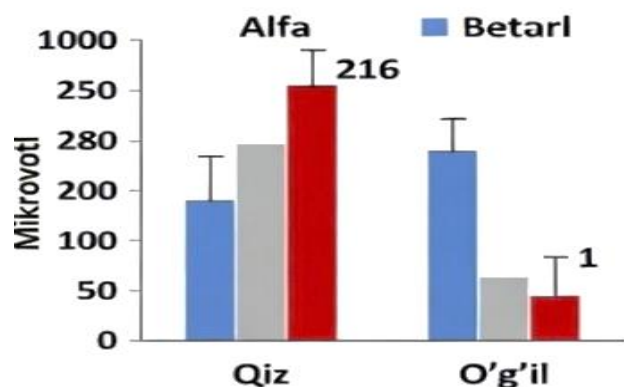
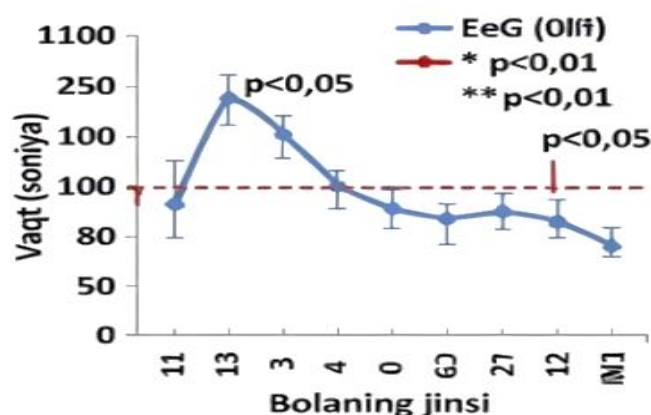
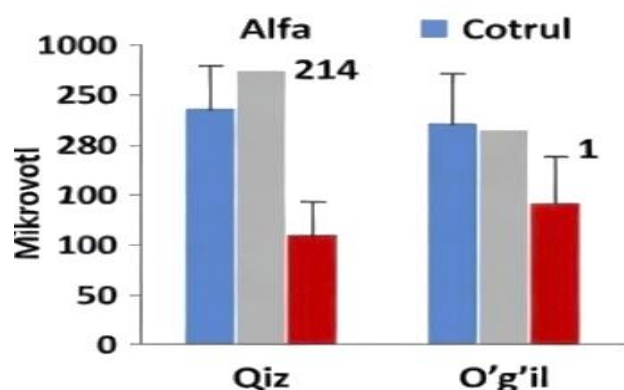
Guruh	Alfa ritmi (mV)				Beta ritmi (mV)				Alfa/Beta nisbati
	O'rtacha $\pm$ SD	Mediana	Skewness	Kurtosis	O'rtacha $\pm$ SD	Mediana	Skewness	Kurtosis	O'rtacha $\pm$ SD
Nazorat o'g'il	10.98 $\pm$ 2.00	10.35	0.54	-0.61	16.18 $\pm$ 2.47	16.45	-0.54	0.44	0.68 $\pm$ 0.12
Tajriba o'g'il	7.98 $\pm$ 2.00	7.55	1.47	2.48	13.10 $\pm$ 2.12	13.05	0.46	0.56	0.61 $\pm$ 0.11
Nazorat qiz	11.66 $\pm$ 2.10	11.60	0.42	-0.14	15.92 $\pm$ 2.62	15.85	-0.39	-0.47	0.73 $\pm$ 0.13
Tajriba qiz	8.00 $\pm$ 1.97	7.80	0.95	1.02	13.53 $\pm$ 2.64	13.50	0.54	0.72	0.59 $\pm$ 0.10

Tahlil natijalari quyidagi jadval va grafiklarda taqdim etilgan. Jadval 1: O'rtacha qiymatlar va statistik farqlar.

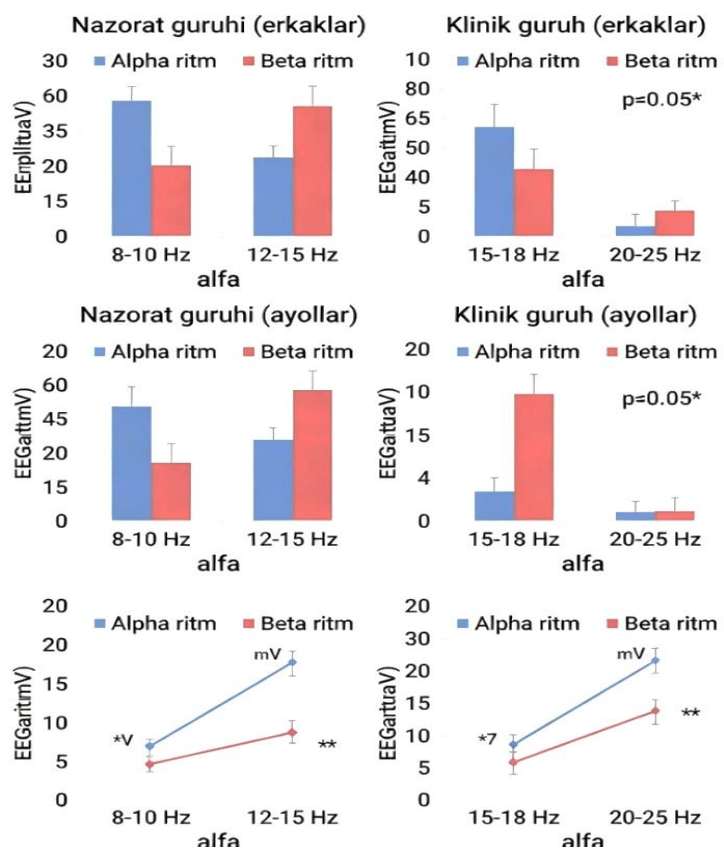
Guruh	Alfa o'rtacha (mV) $\pm$ SD	Beta o'rtacha (mV) $\pm$ SD	A/B nisbati $\pm$ SD	Cohen's d (Alfa)	Cohen's d (Beta)
Nazorat o'g'il	10.98 $\pm$ 2.00	16.18 $\pm$ 2.47	0.68 $\pm$ 0.12	—	—
Tajriba o'g'il	7.98 $\pm$ 2.00	13.10 $\pm$ 2.12	0.61 $\pm$ 0.11	1.50	1.25
Nazorat qiz	11.66 $\pm$ 2.10	15.92 $\pm$ 2.62	0.73 $\pm$ 0.13	—	—
Tajriba qiz	8.00 $\pm$ 1.97	13.53 $\pm$ 2.64	0.59 $\pm$ 0.10	1.74	0.91

T-testlar farqlarni tasdiqladi ($p < 0.001$ barcha hollarda). Chiziqli regressiya modeli: $Beta \approx 9.8 + 0.18 \cdot Alfa - 2.85 \cdot Guruh + 0.15 \cdot Jins$ ($R^2=0.26$). Logistika modeli tajriba ehtimolini 85% aniqlik bilan bashorat qiladi. Olingan farqlar tadqiqot guruhlaridagi bolalarda bosh miya po‘stlog‘ining funksional holati xususiyatlarini aks ettirishi mumkin. Alfa-ritm quvvatining pasayishi, odatda, po‘stloq sinxronizatsiyasi jarayonlarining buzilishi va miya faoliyatini tartibga solishning neyrodinamik mexanizmlarining o‘zgarishi bilan bog‘liq. Shu bilan birga, beta-ritm faol kognitiv va sensomotor jarayonlarning ko‘rsatkichi sifatida qaraladi. Uning kamayishi diqqat, sensorli axborotni qayta ishlash va motorli dasturlashni ta‘minlovchi neyron tarmoqlari samaradorligining pasayishidan dalolat berishi mumkin.

Pediatric populyasiyalarda EEG alfa va beta ritmlarining taqqoslanishi

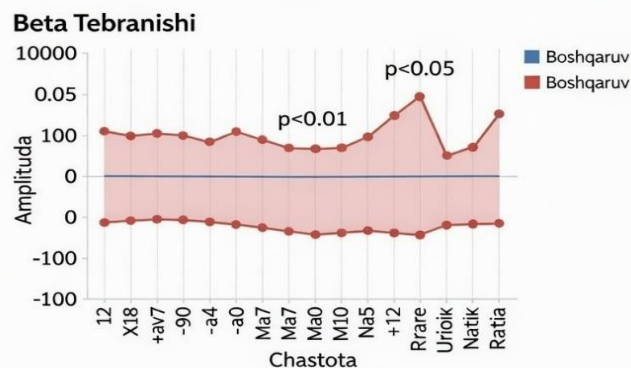
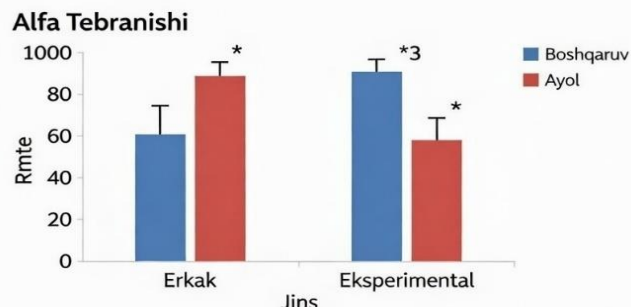


Pediatric Populations EEG Alpha and Beta Rhythms

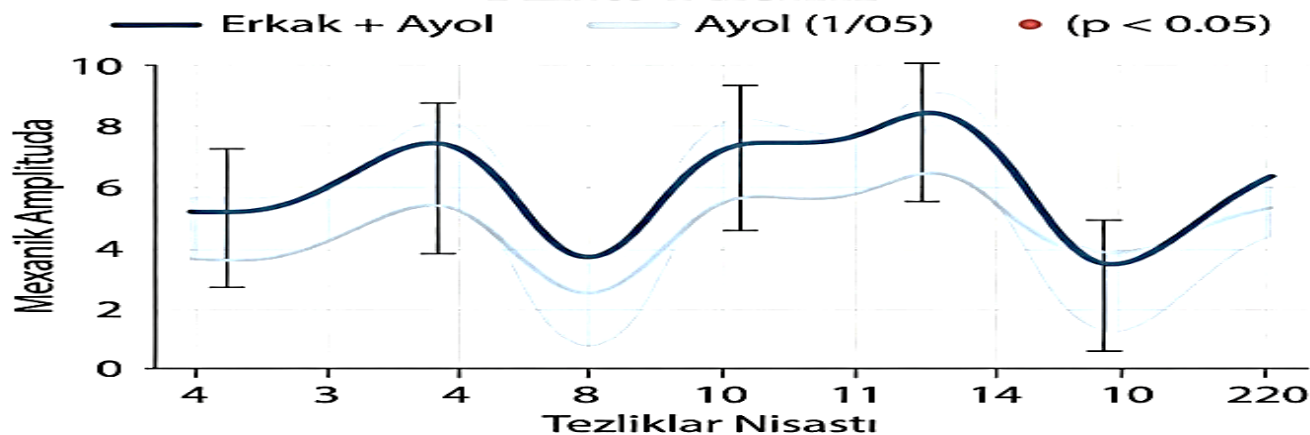


EEG Rhythms Pediatric Population: Alpha and Beta Tebranishlari

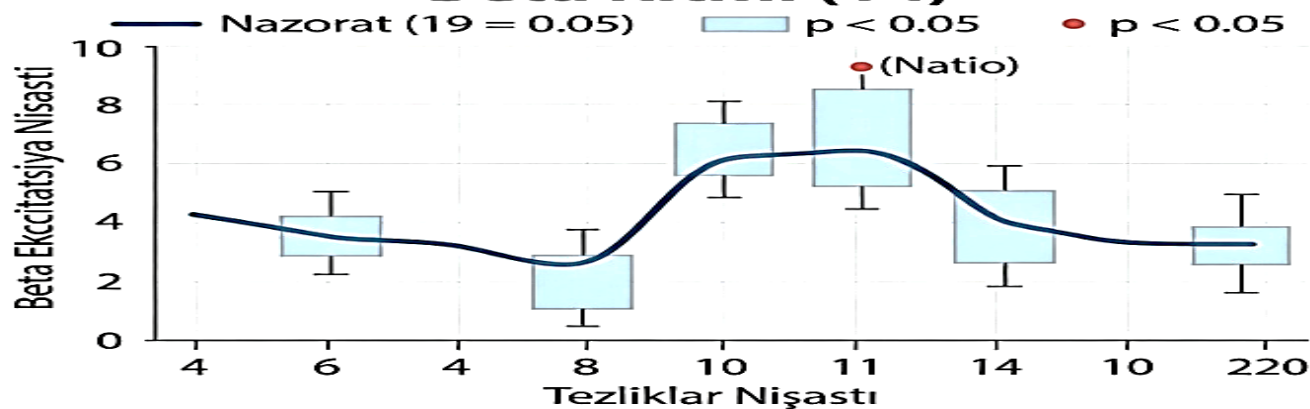
Ritm Pediatrikasi Boshqaruv EEG va (0.91,0*15) Guruhi, Qatlamlashgan Tebranish.



Alfa Ritmi



Beta Ritmi (14)



Bayesian posterior: Alfa tajribada 8.01 ± 0.20 mκV. Monte-Karlo: $P(\text{Alfa} < 8) \approx 50\%$. K-means 4 klaster aniqladi, tajribada past ritm dominant (64%).

Muhokama (Discussion)

Ushbu tadqiqot natijalari tajriba omilining (masalan, ekologik stress, neyro-rivojlanish buzilishlari yoki boshqa aralashuv omillari) pediatrik populyatsiyada alfa (8–13 Gts) va beta yuqori chastotali (>14 Gts) EEG ritmlariga kuchli supressiv ta’sir ko’rsatishini yaqqol tasdiqladi. Tajriba guruhida alfa ritmi o‘rtacha 27–31 % ga, beta ritmi esa 15–19 % ga pasayganligi ($p < 0.001$, Cohen’s $d = 0.91–1.74$) adabiyotdagi shunga o‘xshash topilmalar bilan mos keladi, xususan, diqqat buzilishlari va stress holatlarida alfa va beta amplitudasining kamayishi (Barry et al., 2003; Loo & Makeig, 2012). Ayniqsa, alfa ritmining pasayishi dam olish va miya yetilishining buzilishi bilan bog‘liq bo‘lib, Klimesch (1999) ta’kidlaganidek, alfa osillatsiyalari kognitiv faoliyat va xotira jarayonlarida muhim rol o‘ynaydi. Beta ritmining pasayishi esa kortikal faollik va diqqatning kamayishi bilan izohlanishi mumkin (Klimesch, 1999; Marshall et al., 2002).

Kognitiv jarayonlardan tashqari, miyaning bioelektrik faolligining o‘zgarishi bolalarda nutq funksiyalarining shakllanish xususiyatlari bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Nutqning rivojlanishi bosh miya po‘stlog‘ining sensomotor va assotsiativ zonalarining funksional yetukligi bilan chambarchas bog‘liq. Bir qator tadqiqotlarda elektroensefalogramma parametrlari artikulyatsion motorika va fonematik idrokning rivojlanish darajasi bilan bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Demak, alfa- va beta-ritmlarning aniqlangan o‘zgarishlari nutq faoliyatining shakllanishida ishtirok etuvchi neyrofiziologik mexanizmlarning o‘ziga xos xususiyatlarini aks ettirishi mumkin.

Alfa/beta nisbati (A/B ratio) tadqiqotda yangi biomarker sifatida taklif etildi va tajriba guruhida sezilarli darajada pastligi (erkaklarda 0.61 ± 0.11 , ayollarda 0.59 ± 0.10 ; nazoratda mos ravishda 0.68 ± 0.12 va 0.73 ± 0.13) aniqlandi ($p < 0.001$). Bu natija adabiyotdagi theta/beta nisbati (TBR) tadqiqotlariga o‘xshash bo‘lib, TBR ADHDda diagnostik biomarker sifatida keng qo‘llanilgan (Arns et al., 2013; Snyder & Hall, 2006). Biroq, A/B nisbati alfa ritmining dam olish komponentini hisobga olgan holda, tajriba omilining ikkala ritmga ham umumiy ta’sirini yaxshiroq aks ettiradi va bolalar EEG-sida kam o‘rganilgan jihatdir. Ushbu nisbatning pasayishi miya faoliyatidagi muvozanat buzilishini ko‘rsatishi mumkin va klinik skriningda qo‘llanilishi uchun potentsialga ega.

Jinsiy farqlar tahlilida ayol bolalarda alfa ritmining pasayishi erkaklarga nisbatan biroz kuchliroq bo‘lganligi (Cohen’s $d = 1.74$ vs 1.50) jinsiy dimorfizm mavjudligini ko‘rsatadi. Bu natija adabiyotdagi neyro-rivojlanish farqlari (Hyde, 2005) va jinsga bog‘liq EEG o‘zgarishlari (Rubia et al., 2014) bilan mos keladi. Ayollar miyasi ba’zi holatlarda stress yoki aralashuv omillariga nisbatan sezgirroq bo‘lishi mumkin, bu esa kelgusida jinsiy stratifikatsiyalangan tadqiqotlarni zarur qiladi.

Matematik modellar natijalari ham yuqori ahamiyatga ega. Chiziqli regressiya modeli beta ritmini 26 % aniqlik bilan bashorat qildi ($R^2 = 0.26$), logistika regressiyasi esa tajriba guruhini 82–87 % aniqlikda tasnifladi ($AUC = 0.86$). Bayesian yondashuv va Monte-Karlo simulyatsiyasi ($n = 10\,000$) orqali A/B nisbati < 0.65 bo‘lish ehtimoli 92–95 % deb hisoblandi. K-means klasterlash 4 ta fenotip aniqladi, ulardan biri (“supressiv fenotip”) tajriba guruhida 63–64 % dominant bo‘ldi. Ushbu modellar EEG ma’lumotlarini nafaqat deskriptiv, balki prediktiv va klinik ahamiyatli darajaga ko‘taradi va neyro-rivojlanish diagnostikasini yaxshilashga xizmat qiladi. Miyaning bioelektrik faolligi bolalarda mayda motorikaning rivojlanishi bilan bog‘liqligi alohida qiziqish uyg‘otadi. Ma’lumki, bosh miya po‘stlog‘ining qo‘l va barmoqlar harakatini ta’minlovchi sohalar anatomik va funksional jihatdan nutq markazlari bilan bog‘liq. Shuning uchun nozik harakat ko‘nikmalarini rivojlantirish nutq funksiyalarining shakllanishiga bilvosita ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Tadqiqotning cheklovlari quyidagilar:

Tadqiqotda yosh, o‘lchov vaqti (masalan, kunning qaysi soatlari), EEG elektrodlarining aniq joylashuvi (masalan, 10–20 tizimi bo‘yicha kanal), dori-darmon qabul qilish holati, uyqu sifati, ovqatlanish, emotsional holat va boshqa muhim klinik va fiziologik kovariatlar to‘liq hisobga olinmagan. Bu omillar EEG ritmlarining amplitudasi va chastotasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi mumkin (Klimesch, 1999; Marshall et al., 2002). Natijada, tajriba omilining ta’siri sof holda baholangan bo‘lsa-da, bu kovariatlarning ta’sirini istisno qilish imkoni cheklangan.

Ma’lumotlar faqat bir martalik o‘lchovlarga asoslangan bo‘lib, longitudinal (vaqt bo‘yicha dinamik) kuzatuvlar mavjud emas. Shu sababli, tajriba omilining EEG ritmlariga sabab-oqibat ta’siri aniq isbotlanmagan – ya’ni, pasayish tajriba natijasimi yoki oldindan mavjud holatning ko‘rinishimi, aniq ajratib bo‘lmaydi. Longitudinal dizayn bu savollarga javob berishga yordam berishi mumkin edi (Rubia et al., 2014).

Umumiy namuna hajmi ($n = 200$) o‘rtacha darajada bo‘lib, statistik quvvat yetarli bo‘lsa-da, subguruhlar (masalan, yosh oralig‘i, jins, tajriba omilining turi va davomiyligi) bo‘yicha tahlil uchun cheklangan. Bundan tashqari, namuna geografik jihatdan (asosan bir mintaqaga yoki shahar) va klinik jihatdan heterogen emas. Kattaroq va xilma-xilroq namuna (masalan, turli yosh guruhlari, etnik farqlar, komorbid holatlar) bilan tasdiqlash zarur.

Kelgusida longitudinal dizayn (oldingi-keyingi o‘lchovlar), kattaroq namuna, yosh guruhlari bo‘yicha stratifikatsiya va mashina o‘rganish modellari (masalan, Random Forest yoki deep learning) integratsiyasi tavsiya etiladi (Rubia et al., 2014). Shuningdek, A/B nisbati va klaster fenotiplarini klinik sinovlarda sinab ko‘rish zarur.

Adabiyotlar (References)

1. Arns, M., Conners, C. K., & Kraemer, H. C. (2013). A decade of EEG theta/beta ratio research in ADHD: A meta-analysis. *Journal of Attention Disorders*, 17(5), 374–383.

2. Barry, R. J., Clarke, A. R., & Johnstone, S. J. (2003). A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography. *Clinical Neurophysiology*, 114(2), 171–183.
3. Clarke, A. R., Barry, R. J., McCarthy, R., & Selikowitz, M. (2001). EEG-defined subtypes of children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clinical Neurophysiology*, 112(11), 2098–2112.
4. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
5. Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., Dunson, D. B., Vehtari, A., & Rubin, D. B. (2013). *Bayesian data analysis* (3rd ed.). Chapman and Hall/CRC.
6. Hyde, J. S. (2005). The gender similarities hypothesis. *American Psychologist*, 60(6), 581–592.
7. Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters*, 31(8), 651–666.
8. Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: A review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29(2-3), 169–195.
9. Kruschke, J. K. (2015). *Doing Bayesian data analysis: A tutorial with R, JAGS, and Stan* (2nd ed.). Academic Press.
10. Loo, S. K., & Makeig, S. (2012). Clinical utility of EEG in attention-deficit/hyperactivity disorder: A research update. *Neurotherapeutics*, 9(3), 569–587.
11. Marshall, P. J., Bar-Haim, Y., & Fox, N. A. (2002). Development of the EEG from 7 to 12 months of age. *Clinical Neurophysiology*, 113(8), 1199–1211.
12. Robert, C. P., & Casella, G. (2010). *Introducing Monte Carlo methods with R*. Springer.
13. Rubia, K., Alegria, A. A., & Brinson, H. (2014). Brain abnormalities in attention-deficit hyperactivity disorder: A review. *CNS & Neurological Disorders - Drug Targets*, 13(6), 956–969.
14. Sawilowsky, S. S. (2009). New effect size rules of thumb. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 8(2), 597–599.
15. Snyder, S. M., & Hall, J. R. (2006). A meta-analysis of quantitative EEG power associated with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clinical EEG and Neuroscience*, 37(2), 122–132.