

DOI: 10.34921/amj.2026.2.026

EMOSİONAL STRESS VƏZİYYƏTLƏRİNDƏ BEYİN STRUKTURLARININ ELEKTRİK FƏALLIĞININ FORMALAŞMASINDA ADRENERGİK MEXANİZMLƏRİN ROLU**A.M.Cəfərova, A.X.Əliyev***Azərbaycan Tibb Universitetinin Normal fiziologiya kafedrası, Bakı, Azərbaycan*

Məqalədə eksperimental stress vəziyyətlərində, beyin qabığı və qabıqaltı strukturlar arasında funksional əlaqələri öyrənmək üçün həmin strukturlarda qeyd alınan elektroensefaloqram dalğalarının qarşılıqlı kross-korrelyasiya əlaqələrini, faza sürüşmələrini və bu proseslərdə adrenergik mexanizmlərin iştirakını araşdırmaq məqsədilə aparılmış tədqiqat işi haqqında məlumat verilmişdir. Beyin strukturlarında bioelektrik fəallığının zaman və məkan daxilində qarşılıqlı əlaqələri altı baş eksperimental dovşan üzərində, “NS-Neurosoft” tipli elektroensefaloqraf vasitəsilə, kross-korrelyasiya analizi üsulu ilə öyrənilmişdir. Eksperimental stress modelini yaratmaq üçün arxa ətrafların elektrodermal qıcıqlandırılması üsulundan və bununla əlaqədar şərti işıq siqnallarından istifadə olunmuşdur. Stressin müxtəlif fazalarında monoaminergik sistemin rolunu göstərmək üçün venadaxili aminazin tətbiq edilmişdir.

Nəticələr göstərmişdir ki, stressin müxtəlif fazaları beyin qabığı ilə qabıqaltı strukturlar arasında qarşılıqlı funksional əlaqələrin dəyişiklikləri ilə müşayiət edilir. Aminazinin təsiri ilə ilkin funksional əlaqələrin qismən bərpa olunması isə stressin formalaşmasında arxa hipotalamusun peysmeyker rolunun adrenergik mənşəli olmasını təsdiq edir.

Açar sözlər: kross-korrelyasiya, faza sürüşməsi, stress, beyin qabığı, hipotalamus, retikulyar formasiya

Ключевые слова: кросс-корреляция, фазовый сдвиг, стресс, кора головного мозга, гипоталамус, ретикулярная формация

Keywords: cross-correlation, phase shift, stress, cerebral cortex, hypothalamus, reticular formation

Həyat fəaliyyəti nəticəsində yaranmış müxtəlif vəziyyətlər insanlarda psixo-emosional gərginliyin yaranmasına səbəb ola bilər. Xüsusilə ağır xəstəliklər (məsələn, onkoloji xəstəliklər), pandemiyalar, müharibələr və digər sosial-psixoloji amillər fərdlərdə stress reaksiyalarının formalaşmasına gətirib çıxarır [1,2]. Stress vəziyyətlərində beyin qabığı ilə qabıqaltı strukturların qarşılıqlı əlaqələrində əhəmiyyətli dəyişikliklər baş verir ki, bu da koqnitiv və vegetativ funksiyaların tənzim mexanizmlərində müəyyən dəyişikliklərə səbəb olur. Emosional oyanmalar zamanı beyin qabığına ən çox aktivləşdirici təsiri arxa hipotalamus göstərir, eyni zamanda, onun ön hissələrinin də kortikoseptal təsiri vardır. Beyin qabığına hipotalamik təsirlərin yayılması həm birbaşa, həm də qabıqaltı strukturlar (talamus, retikulyar formasiya, amiqdala və s.) vasitəsilə həyata keçirilə bilər. Hipotalamusun bu cür sıx əlaqələrə malik olması, onun, neokorteks daxil olmaqla beynin bütün strukturlarının integrasiyasını tələb edən mürəkkəb reaksiyaların, o cümlədən emosional stressin formalaşmasında iştirakını təmin edir.

Stress zamanı beyin qabığı ilə qabıqaltı strukturların elektrik fəaliyyətinin öyrənilməsində ən geniş yayılmış metodlardan biri də elektroensefaloqrafiya (EEQ) metodudur [3]. Lakin, EEG beynin müxtəlif strukturlarının funksional aktivliyini öyrənmək üçün istifadə olunsada, onlar arasında qarşılıqlı təsirlərin qiymətləndirilməsində məhdud imkana malikdir [4]. Ənənəvi EEG-dən fərqli olaraq, kross-korrelyasiya analizi beyin strukturları arasında zaman və məkan daxilində qarşılıqlı əlaqələri hərtərəfli öyrənməyə imkan verir [5].

Bu məqsədlə eksperimental stress vəziyyətlərində beyin qabığı ilə qabıqaltı strukturlar arasında funksional əlaqələrin kross-korrelyasiya analizi aparılmış və eyni zamanda bu proseslərdə adrenergik mexanizmlərin rolu araşdırılmışdır. Bunun üçün EEG-də fon aktivliyi və stressə cavab reaksiyaları müqayisə olunmuş, həmçinin aminazinin təsiri ilə həmin reaksiyaların dəyişiklikləri öyrənilmişdir.

Tədqiqatın material və metodları. Eksperimentlər “Heyvanların mühafizəsi haqqında” Avropa Konvensiyasına uyğun olaraq 6 baş dovşan üzərində aparılmışdır [6]. Elektrik aktivliyinin qeyd olunması

üçün elektrodlar, stereotaksis cihazının köməyi ilə xronik olaraq arxa hipotalamusu (Hip), orta beyin retikulyar formasıyasına (RF) və beyin qabığının sensomotor sahəsinə (SM) implantasiya edilmişdir. EEQ yazıları “NS-Neurosoft” tipli elektroensefaloqraf cihazı ilə qeydə alınmışdır.

Eksperimentlər iki hissədə aparılmışdır:

Birinci hissədə stress reaksiyası qısamüddətli – ilkin (“Stress Fon I”) və uzunmüddətli – son (“Stress Fon II”) mərhələlərdən ibarət olmaqla, şərti siqnalla yaradılmış və bu mərhələlər üzrə, yuxarıda göstərilən strukturlar arasında, kross-korrelyasiya əmsalları və faza sürüşmələri qeydə alınaraq öz aralarında və fon göstəriciləri ilə müqayisə olunmuşdur.

İkinci hissədə isə vena daxilinə 2 mq/kq dozada aminazin yeridilmiş və həmin mərhələlər üzrə qeydiyyatlar təkrar aparılaraq aminazin təsirinə qədər və ondan sonra alınan göstəricilər ilə müqayisə edilmişdir.

Materialların statistik təhlili ANOVA testi vasitəsilə aparılmış, statistik dürüstlük dərəcəsi Fişer meyarı ilə müəyyən edilmişdir.

Tədqiqatın nəticələri və onların müzakirəsi. Əldə olunmuş nəticələrə görə, uzunmüddətli güclü mənfi emosiyalar zamanı beynin müxtəlif sahələrində qoruyucu tormozlanma yaranır ki, bu da informasiyanın düzgün analizini zəiflədir və davranışın idarə olunmasını çətinləşdirir [7]. Stress şəraitində məqsədyönlü davranışın belə pozuntuları beyin qabığı ilə qabıqaltı strukturlar arasında kross-korrelyasiya əmsallarında azalmaya, faza sürüşmələrində isə əhəmiyyətli dərəcədə artıma səbəb olur. Qabıqaltı strukturlar arasında isə bunun əksi olan dəyişikliklər müşahidə olunur. Məsələn, birinci tədqiqat qrupunda fon göstəricilərinə nisbətən “Stress Fon I” və “Stress Fon II”-də hipotalamus ilə retikulyar formasıya arasında kross-korrelyasiya əmsallarında artım tendensiyası

aşkar müşahidə edilib. Belə ki, kross-korrelyasiya əmsalları üçün orta göstərici təxminən $0,60 \pm 0,04$ olduğu halda, “Stress Fon I” və “Stress Fon II”-də bu göstərici müvafiq olaraq $0,85 \pm 0,03$ və $0,91 \pm 0,01$ olmuşdur. Həmin strukturlar arasında faza sürüşmələri fonda $18,2 \pm 3,0$ ms olmuş, “Stress Fon I” və “Stress Fon II”-də kəskin şəkildə azalıb, müvafiq olaraq $6,5 \pm 1,5$ ms və $6,0 \pm 1,7$ ms olmuşdur (Cədvəl 1).

EEQ-də kross-korrelyasiya əmsalının və faza sürüşməsinin stressin əsas göstəricilərindən biri olduğunu nəzərə alsaq, deyə bilərik ki, stressin yaranma mexanizmi bu strukturlar arasında olan qarşılıqlı münasibətlə sıx əlaqəlidir.

Vena daxilinə aminazin yeridilməsi nəticəsində stressə qədər fonda kross-korrelyasiya əmsalları $0,86 \pm 0,004$ olduğu halda “Stress Fon I”-də azalaraq $0,56 \pm 0,04$, “Stress Fon II”-də tədricən artaraq $0,66 \pm 0,03$ olmuş, faza sürüşmələri isə fonda $8,0 \pm 2,0$ ms olduğu halda “Stress Fon I”-də $42,8 \pm 4,6$ ms “Stress Fon II”-də isə $35,0 \pm 3,5$ ms olmuşdur (Cədvəl 1).

Kifayət qədər böyük dəyişikliklər arxa hipotalamusla sensomotor qabıq arasında qeydə alınmışdır. Fonda $0,61 \pm 0,03$ olan kross-korrelyasiya əmsalı “Stress Fon I”-də yüksələrək $0,80 \pm 0,04$, “Stress Fon II”-də isə kəskin azalaraq $0,36 \pm 0,04$ olmuşdur. Ədəbiyyatda mövcud olan məlumatlara görə, əlaqələrin bu cür zəifləməsi güclü mənfi emosiyalar nəticəsində yaranan həddindən artıq oyanmaya cavab kimi meydana çıxan qoruyucu tormozlanmanın təzahürüdür [8,9]. Aminazin tətbiqindən sonra isə kross-korrelyasiya əmsalı stressogen təsir verilənə qədər $0,86 \pm 0,04$, “Stress Fon I”-də $0,46 \pm 0,05$, “Stress Fon II”-də $0,65 \pm 0,03$ olmuşdur (Cədvəl 2).

Cədvəl 1. Arxa hipotalamusla retikulyar formasıya arasında kross-korrelyasiya əmsalları və faza sürüşmələrinin (ms) venadaxili aminazin (VDA) infuziyasından asılılığı

Göstəricilər	Kross-korrelyasiya əmsalları		Faza sürüşmələri (ms)	
	VDA-dan əvvəl	VDA-dan sonra	VDA-dan əvvəl	VDA-dan sonra
Fon	$0,60 \pm 0,04$ P=0,002	$0,86 \pm 0,04$ P=0,002	$18,2 \pm 3,0$ P=0,018	$8,0 \pm 2,0$ P=0,018
Stress fon I	$0,85 \pm 0,03$ P<0,001	$0,56 \pm 0,04$ P<0,001	$6,5 \pm 1,5$ P<0,001	$42,8 \pm 4,6$ P<0,001
Stress fon II	$0,91 \pm 0,01$ P<0,001	$0,66 \pm 0,03$ P<0,001	$6,0 \pm 1,7$ P<0,005	$35,0 \pm 3,5$ P<0,001

Cədvəl 2. Hipotalamusla sensomotor qabıq sahəsi arasında kross-korrelyasiya əmsalları və faza sürüşmələrinin (ms) venadaxili aminazin (VDA) infuziyasından asılılığı

Göstəricilər	Kross-korrelyasiya əmsalları		Faza sürüşmələri (ms)	
VDA-dan əvvəl və sonra	VDA-dan əvvəl	VDA-dan sonra	VDA-dan əvvəl və sonra	VDA-dan əvvəl
Fon	0,61±0,03 P<0,001	0,86±0,03 P<0,001	7,7±1,8 P=0,003	16,7±2,1 P=0,002
Stress fon I	0,80±0,04 P<0,003	0,46±0,04 P<0,003	51,2±8,2 P=0,002	7,0±1,5 P<0,001
Stress fon II	0,36±0,04 P<0,001	0,65±0,04 P<0,001	54,2±6,5 P<0,001	10,2±1,8 P<0,001

Göründüyü kimi, uzunmüddətli stress nəticəsində arxa hipotalamus ilə sensomotor qabıq arasında 0,36±0,04-ə qədər enmiş kross-korrelyasiya əlaqələri aminazin təsirindən 0,65±0,03-ə qədər yüksələrək bərpa olunmuşdur. Aminazinin təsiri ilə, kross-korrelyasiya əmsallarının demək olar ki, əvvəlki dəyərlərinə qədər bərpa olunması həmin strukturlar arasında kross-korrelyasiya münasibətlərinin monoaminergik mexanizmlərlə əlaqədar olduğunu və onların aminazınla farmakoloji korreksiya olunmasının mümkünlüyünü göstərir.

Nəzərə çarpacaq bərpa prosesi, həmçinin, “Stress Fon I”-də və “Stress Fon II”-də arxa hipotalamus ilə sensomotor qabıq arasındakı faza sürüşmələrində də müşahidə olunmuşdur. Belə ki, aminazin tətbiqinə qədər faza sürüşmələri fonda 7,7±1,8 ms, “Stress Fon I”-də 51,2±8,2 ms, “Stress Fon II”-də 54,2±6,5 ms olmuşdur. Aminazinin venadaxili tətbiqindən sonra isə faza sürüşmələri fonda 16,7±2,1 ms, “Stress Fon I”-də 7,0±1,5 ms, “Stress Fon II”-də isə 10,2±1,8 ms olmuşdur ki, (Cədvəl 2) bu da aminazinin məlum adrenoblokator və anksiolitik xüsusiyyətləri ilə izah edilə bilər

[10].

Öyrənilən strukturlar arasındakı müşahidə etdiyimiz fərqlər göstərir ki, stressin yaranması və biokimyəvi mexanizmi beyin qabığında və qabıqaltı strukturlarda homogen xarakter daşımır, əksinə, xüsusi funksional sahələri selektiv şəkildə əhatə edir.

Beləliklə, stressor amillərin təsir müddəti uzandıqca stressdə iştirak edən qabıqaltı strukturlar arasında kross-korrelyasiya əmsalları güclənir, faza sürüşmələri azalır, qabıqla qabıqaltı strukturlar arasında isə əksinə kross-korrelyasiya əmsalları zəifləyir, faza sürüşmələri artır ki, bu da qoruyucu tormozlanma mexanizmi kimi qiymətləndirilə bilər.

Vena daxilinə aminazin yeridilməsi nəticəsində bu dəyişikliklərin, demək olar ki, fon göstəricilərinə qədər bərpa olunması uzunmüddətli-dayanıqlı stressin formalaşmasında arxa hipotalamusun adrenergik strukturlarının peysmeyker rolunu səciyyələndirir və stressin səviyyəsinin korreksiya oluna bilməsi üçün preventiv tədbirlərin həyata keçirilməsinə zəmin yaradır.

ƏDƏBİYYAT

1. Rahimova R.R., Azizova G.I., Sadiqova N.A., Rahimzade A.E. Cortisol levels in students under exam stress // Azerbaijan Medical Journal, 2025, No.4, p.104-109. <https://doi.org/10.34921/amj.2025.4.017>
2. Safarova S.I., Giblaliyeva N.G., Shahverdiyeva I.J., Gaziyeve A.Y. Psychemotional state of women with uterine cancer // Azerbaijan Medical Journal, 2025, No4, p.73-78. <https://doi.org/10.34921/amj.2025.4.012>
3. Niedermeyer E., da Silva F. Electroencephalography. // Lippincott Williams & Wilkins, - 2004. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-99124-5_46
4. Sysoev Y.I., Okovityi S.V. Prospects of Electrocorticography in Neuropharmacological Studies in Small Laboratory Animals. // MDPI, Brain Sci. – 2024. 14(8), - p.772; <https://doi.org/10.3390/brainsci14080772>
5. Parras G.G., Delgado-García J.M., López-Ramos J.C., et al. Cerebellar interpositus nucleus exhibits time-dependent errors and predictive responses. // NPJ, Nature-family article, - 2024. 9, № 12.
6. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific

Purposes.//Strasbourg-1986. <http://www.worldlii.org/int/other/COETSER/1986/1.html>

7. Дамулин И.В. Кортиковые связи, синдром «разобщения» и высшие мозговые функции. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С.Корсакова. - 2015. 115(11), - с. 107-111. [Damulin I.V. Cortical connections, "disconnection" syndrome, and higher brain functions. Zhurnal Nevrologii i Psikhiatrii imeni S.S. Korsakova. 2015;115(11):107-111. (in Russian)]
8. Dong Y., Xu L., Zheng J., et al. A Hybrid EEG-Based Stress State Classification Model. // Brains, MDPI, - 2024. 14(6), - p.595. <https://doi.org/10.3390/brainsci14060595>
9. Tops M., Schlinkert C., Tjew-A-Sin M., et al. Protective Inhibition of Self-Regulation and Motivation: Extending a Classic Pavlovian Principle to Social and Personality Functioning //July 2015. doi:10.1007/978-1-4939-1236-0_6.
10. Aude Castel, Angel Abuelo. Tranquilizers, Sedatives, and Analgesics for Treatment of Animals. // MSD Veterinary Manual, - Aug 2025.

РОЛЬ АДРЕНЕРГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ В ФОРМИРОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СТРУКТУР МОЗГА ПРИ ЭМОЦИОНАЛЬНОМ СТРЕССЕ

А.М.Джафарова, А.Х.Алиев

*Кафедра нормальной физиологии Азербайджанского медицинского университета,
Баку, Азербайджан*

Резюме. В статье представлены результаты исследования, проведенного с целью изучения функциональных связей между корой головного мозга и подкорковыми структурами в условиях экспериментального стресса. С этой целью проведён анализ кросс-корреляции и фазового сдвига электроэнцефалографических (ЭЭГ) сигналов, а также изучена роль адренергических механизмов. Исследование выполнено на 6 экспериментальных кроликах с использованием электроэнцефалографа «NS-Neurosoft». Стресс моделировали с помощью электро-дермальной стимуляции задних конечностей в сочетании со световыми сигналами. Для оценки роли моноаминаргической системы внутривенно вводили аминазин. Результаты показали, что различные стадии стресса сопровождаются изменениями функциональных связей между корой головного мозга и подкорковыми структурами. Частичное восстановление этих связей под влиянием аминазина подтверждает адренергическую природу пейсмейкерной роли заднего гипоталамуса в формировании стресса.

THE ROLE OF ADRENERGIC MECHANISMS IN THE FORMATION OF ELECTRICAL ACTIVITY OF BRAIN STRUCTURES UNDER EMOTIONAL STRESS CONDITIONS

A.M.Jafarova, A.Kh.Aliyev

Department of Normal Physiology, Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan

Summary. This article presents a study conducted to investigate, under experimental stress conditions, the cross-correlation relationships and phase shifts of the electroencephalogram waves recorded in the cerebral cortex and subcortical structures, as well as the involvement of adrenergic mechanisms in these processes, in order to examine the functional connections between these structures. The temporal and spatial interrelationships of bioelectrical activity in brain structures were studied in six experimental rabbits using an "NS-Neurosoft" electroencephalograph by means of cross-correlation analysis. To create the experimental stress model, the method of electrodermal stimulation of the hind limbs and associated conditioned light signals was employed. To demonstrate the role of the monoaminergic system in the various phases of stress, chlorpromazine was administered intravenously.

The results showed that the different phases of stress are accompanied by changes in the reciprocal functional connections between the cerebral cortex and subcortical structures. The partial restoration of the initial functional connections under the influence of chlorpromazine confirms that the pacemaker role of the posterior hypothalamus in the formation of stress is of adrenergic origin.

Müəlliflə əlaqə üçün:

Cəfərova Aygün Mirdamətqızı – Azərbaycan Tibb Universitetinin Normal Fiziologiya kafedrası

E-mail: aceferova@amu.edu.az

Əliyev Aqil Xosrov oğlu – Azərbaycan Tibb Universitetinin Normal Fiziologiya kafedrası

E-mail: aqaliyev@gmail.com

Təqdim edilmişdir: 22.01.2026

Qəbul edilmişdir: 15.04.2026