

UOT 612

E. C. Mehbalıyeva
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
mehbaliyeva79 @gmail.ru

HİPOKSIYANIN İLKİN VƏ SONRAKI EFFEKTƏLƏRİ, ÜMUMİ TƏSİR MEXANİZMİ HAQQINDA MÜASİR ELMİ TƏSƏVVÜRLƏR

Açar sözlər: hipoksiya, stress, dovşan, neyromediator, şəkər

Məqalədə son illərdə hipoksiya üzrə problematik məsələlərin öyrənilməsi sahəsində eksperimental metodlar vasitəsilə əldə edilmiş bəzi mühüm elmi nailiyyətlər, hipoksiyanın mərhələli təsir effektləri və mexanizmi barədə elmi təsəvvürlərdən bəhs edilir. Göstərilir ki, hipoksiya və onun variasiyaları mürəkkəb və geniş təsir mexanizmlərə malikdir. Onların əsasını orqanizmin hüceyrələrində başlıca bioenerji daşıyıcısı olan adenozintrifosfat (ATF) birləşmələrinin mitoxondrial metabolik oksidləşmə-fosforlaşma tsiklində sintezinin pozulması və onun fizioloji normalardan az hasil olması təşkil edir. Nəticədə, mərkəzi sinir sistemində və onun tənzimləyici təsiri altında olan funksional proseslərdə (hormonal və s.) dayanıqlı molekulyar, metabolik və digər xarakterli patofizioloji dəyişikliklər baş verir.

Э. Дж. Мехбалиева

ПЕРВИЧНЫЕ И ПОСЛЕДУЮЩИЕ ЭФФЕКТЫ, СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОБЩЕМ МЕХАНИЗМЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГИПОКСИИ

Ключевые слова: гипоксия, стресс, заяц, нейромедиатор, глюкоза

В статье приведены некоторые важные научные достижения, достигнутые за последние годы экспериментальными методами в области изучения проблематичных вопросов по гипоксии, некоторые последовательные эффекты и представления о механизме воздействия гипоксии. Показано, что гипоксия и ее вариации обладают сложными и широкими механизмами влияния. Их основу составляет нарушение синтеза главного носителя биологической энергии соединения аденозинтрифосфата (АТФ) в митохондриальном метаболическом цикле окислительного-фосфорилирования и уменьшение его выработки ниже физиологических норм. В результате в центральной нервной системе и в функциональных процессах, находящихся под ее регулирующим влиянием (гормональные и т.д.) происходят устойчивые молекулярные, метаболические и другого характера патофизиологические нарушения.

E.J.Mehbaliyeva

PRIMARI AND SUBSEQUENT EFFECTS, MODERN SCIENTIFIC REPRESENTATIONS ON GENERAL MECHANISM OF EXPOSURE TO HYPOXIA

Keywords: *hypoxia, stress, rabbit, neurotransmitter, glucos*

The article deals with scientific considerations on some important scientific achievements, experimental methods, hypoxia stages effects, and mechanisms of hypoxia. It is shown that hypoxia and its variations have complex and extensive mechanisms of action. Their basis is the violation of the synthesis of adenosinephosphate (ATF) compounds, which is the main bioenergy carrier in the body's cells, in the mitochondrial metabolic oxidation-phosphorylation cycle and its extraction from physiological conditions. Consequently, there is a stable molecular, metabolic and other pathophysiological changes in the central nervous system and its functional processes (hormonal, etc.) under its regulatory influence.

Biologiyada mövcud təsəvvülərə görə canlı aləmin təkamülünün müəyyən dövründə (təxminən 1,5-2 milyard il əvvəl) suda və quruda yaşayan çoxhüceyrəli orqanizmlər öz həyat fəaliyyəti proseslərinin enerji təminatı üçün əvvəlkinə (anaerob metabolizm) nisbətən daha effektiv enerji hasilatı – mexanizm-molekulyar oksigenlə (O_2) tənəffüs mübadiləsi (aerob metabolizm) mexanizmi qazanmışlar. Bu mexanizm oksigenin iştirakı ilə orqanizmdə qida maddələrinin (şəkər, yağ turşuları, aminturşular və s.) oksidləşməsi hesabına böyük həcmərdə bioloji enerji daşıyıcıları (ATF və s.) hasilətmə, biokimyəvi fermentativ reaksiyaların, fizioloji proses və funksiyaların intensivliyini daha yüksək səviyyədə həyata keçirmə imkanları yaratmışdır (18).

İnsanın və heyvanların orqanizmi, üzv (orqan) və toxumaları metabolizm və funksiyalar baxımından ətraf mühitdən udulan yaxud da orqanizmdə paylanılan oksigendən müxtəlif asılılıqlardadır (17; 25). Orqanizmin böyüməsi və inkişafı, qidalanması, hərəkətliliyi, müdafiə-uyğunlaşma reaksiyaları, sinir-psixi funksiyaları, davranışının fəallığı və digər fizioloji proseslər bu asılılıqlar ilə nisbi korrelyasiyadadır (26; 32).

İnsanda və yüksək inkişaf etmiş heyvanlarda oksigenə ən çox ehtiyacı olan orqanlar baş beyin, ürək, skelet əzələləri və böyrəklər, yəni ən intensiv işləyən üzvlər sayılır. Onların və digər orqanların funksiyaları və fəaliyyətlərinin templəri hər birində saxlanılan oksigen gərginliyinin qiymətləri (pO_2) ilə müəyyənləşir (31). Halbuki, aktiv fəaliyyətdə olan bəzi toxuma və üzvlər (məsələn, işləyən skelet əzələləri) orqanizmdə kəskin O_2 çatışmazlığı zamanı qısa müddətlərdə lazımi miqdarlarda enerjini qlükoliz (qlükozanın anaerob parçalanması) reaksiyaları hesabına əldə edə bilirlər (32).

Oksigen çatışmazlığı və ya hipoksiya ilk növbədə, ekzogen faktor, yəni ətraf mühitdə oksigenin miqdarının azlığı ilə şərtlənən abiotik amil kimi xarakterizə olunur. Amma orqanizmin özündə yaranan oksigen çatışmazlığı bəzi anormal fizioloji və biokimyəvi vəziyyətlər ilə bağlıdır. Bu ağciyərlərdə qazlar (O₂ və CO₂) mübadiləsinin pozulması, qanın azlığı, qanda hemoglobin miqdarının aşağı olması və ya onun oksigenə hərisliyinin zəifliyi, qanın (deməli, oksigenin) orqan və toxumalar arasında paylanması, oksigenin hüceyrələrə transmembran diffuziya proseslərində və mitoxondrial oksidləşdirici-bərpaedici metabolik tsiklə (üçkarbonlu turşular tsikli, limon turşusu tsikli və ya Kreps tsikli) qoşulmasında yaranan əngəllər ilə də bağlı ola bilər (17; 22). Belə hallarda orqanizmdə hipoksiya endogen faktor kimi xarakterizə olunur.

Əksər tədqiqatçılar hipoksiyanı, istər onun kəskin, istərsə də xroniki formasını ekstremal stressor, daha çox patogen və destruktiv vəziyyətlərə aid edir, bunu təsdiq edən çoxlu müşahidələr, o cümlədən kliniki və eksperimental dəlillər mövcuddur. Hipoksiya haqqında müasir fundamental təsəvvürlərin əksəriyyəti eksperimental modellər üzrə aparılmış tədqiqatlar nəticəsində əldə edilmişdir ki, bu aspekt hal-hazırda hipoksiya probleminə həlledici rol oynayır. Qeyd etmək lazımdır ki, hipoksiyanın müxtəlif effektləri, xüsusən də ayrı-ayrı morfofunksional sistemlərdə doğurduğu dəyişiklikləri müəyyən etmək üçün ənənəvi olaraq məsələnin xüsusi vacibliyi nəzərə alınaraq iki təcrübi aspektdə – prenatal və erkən postnatal aspektlərdə öyrənilir və indi bu istiqamətlər daha aktual sayılır.

Hipoksiya problemi üzrə aparılan eksperimental tədqiqat işlərində açıq-aydın görünən tendensiya ondan ibarətdir ki, bu faktorun təsiri zamanı orqanizmdə yaranan dəyişikliklər bir neçə səviyyədə – fiziki-kimyəvi, molekulyar-hüceyrə, metabolizm, orqan və toxumalar, funksional sistemlər və davranış reaksiyaları səviyyələrində öyrənilir. Bununla əlaqədar olaraq hipoksik effektlərin təsnifatları (klassifikasiyaları) müəyyənləşdirilir. Hal-hazırda mövcud təsəvvürlərə görə, hipoksik effektlər öz təbiətinə və inkişaf xəttinə uyğun olaraq aşağıdakı sxemə tabedir: birincili effektlər, ikincili effektlər və üçüncülü effektlər (29; 31). Buradan belə müddəa irəli sürmək olar ki, ilkin effektlər sonrakı effektlər üçün sanki “buraxılış”, “induksiyaedici” mexanizmi rolu oynaya bilər.

Belə bir situasiyanı da konstataasiya etmək lazımdır ki, ümumiyyətlə, hipoksiyanın törətdiyi təzadları eksperimentdə, heyvana təcrübədə, süni şəkildə müxtəlif dərəcəli hipoksiya epizodları tətbiq etməklə öyrənilməsi eksperimental fiziologiyada və biokimyada üstün, metodik cəhətdən daha münasib elmi yanaşmalardan biri sayılır, məhz elə ona görə də təcrübi hipoksiya məsələləri üzrə bu vaxta qədər külli miqdarda elmi işlər dərc olunmuşdur. Ayrıca qeyd edilməlidir ki, Azərbaycan fizioloqları və biokimyəçiləri, ələlxüsus AMEA-nın

akademik A.İ.Qarayev adına Fiziologiya İnstitutunun əməkdaşları son iki onillik ərzində həm prenatal, həm də postnatal eksperimental hipoksiya məsələləri üzrə çoxsaylı fundamental tədqiqat işləri yerinə yetirmiş, maraqlı faktlar üzə çıxarmış, müəyyən elmi təsəvvürlər irəli sürmüşlər (1; 3; 4; 12; 14).

Hipoksiyanın orqanizmə təsirindən bəhs edərkən nəzərə almalıyıq ki, bu sahədə çox əhəmiyyətli təcrübi işlər mərkəzi sinir və neyroendokrin sistemləri, periferik endokrin vəziləri, ürək-qan damar sistemi, davranış reaksiyaları ilə əlaqədar olub. Hipoksiyanın effektləri müzakirə olunarkən əsas diqqət məhz bu aspektlərə yönəlməlidir. Burada sinir və hormonal mexanizmlər, əvvəla, çox güclü tənzimləyici, koordinasiyaedici və adaptasiyaedici mexanizmlərdir, ikincisi də, onların hipoksiyaya reaksiyaları sonralar bir sıra posthipoksik effektləri bilavasitə və dolayı olaraq şərtləndirir.

Baş beyin neyronları, eləcə də digər toxumaların hüceyrələri səviyyəsində hipoksiya zamanı qeydə alınan əsas ilkin (birincili) dəyişikliklər, yaxud effektlər sırasında, ilk növbədə, aşağıdakıları göstətmək olar: kəskin hipoksiyadan sonra hüceyrədaxili mühitdə pH, AMF, ADF, istifadə olunmayan metabolitlər artır. NAD⁺-H və NAD⁺ kofaktorları azalır, hüceyrə homeostazının hiperdəyişməsi baş verir (25; 38). Eyni zamanda mitoxondrilərdə tənəffüs fermentlərinin (sitoxrom a, b və s.) inaktivasiyası, ATF sintezinin azalması, plazmatik membran enzimlərinin (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺ və Mg⁺⁺ -ATF-azalar, adenilatsiklaza və s.) inhibisiyası gedir (16; 27; 34). Neyronlar səviyyəsində qeydə alınan metabolik dəyişikliklər daha geniş spektrdə baş verir. Bura aiddir: baş metabolik yolların dezinteqrasiyası, neyrospesifik zülalların, peptidlərin, fermentlərin, bəzi neyromediatorların (asetilxolin, noradrenalin, serotonin, qlütamat və s.) fəallığının azalması (1; 6; 16; 23; 28; 35), tormozlayıcı neyromediatorların (QAYT və s.) artması (2), sinaptik membranların fiziki-kimyəvi destabilizasiyası (35; 38).

İkincili posthipoksik effektlər artıq verilmiş toxuma (beyin toxuması, əzələ toxuması, qaraciyər toxuması və s.) səviyyəsində inkişaf edir. Bu halda daha xarakterik dəyişiklikləri: xromoliz, mikrodegenerativ proseslər, toxuma trofikası və homeostazının pozulması, hüceyrələr arasında tələfolma (apoptoz) faizinin artması, sinaptik və digər hüceyrəvi qovucuqların (vezikulların) şişməsi, sinapsların qismən destruksiyası, molekulyar resepsiyanın, eləcə də membranlarda aktiv və passiv keçiriciliyin zəifləməsi və s. (15; 20; 21; 25; 34; 36).

Üçüncülü posthipoksik effektlər sırasında beyin EEG-göstəricilərində desinxronlaşma, aşağıtezlikli bioelektrik dalğaların üstünlük kəsb etməsi, beyin qabığında və qabıqaltı strukturlarda potensialların hiperpolyarlaşması (4; 19; 36), reflektor və instinktiv fəaliyyətin pozulması, koqnitiv funksiyaların qeyri-sabitliyi (5; 6; 21; 26), emosional sferada və davranışda kəskin və dayanıqlı

dəyişikliklər (36; 37) lokomasiyanın süstləşməsi, qeyri-adekvat hərəkət reaksiyaları, adaptasiyaya cəhdlər (10; 11; 26; 30) özünü bürüzə verir.

Hipoksiyanın təsirinə neyrogen təbiətli reaksiyalar fonunda neyroendokrin strukturlarının oyanıqlığı məsələsi də böyük maraq doğurur, belə ki, artıq qeyd olunduğu kimi, hormonal mexanizmlər ekstremal və stressor təsirlərə qarşı orqanizmdə təcili cavab reaksiyalarının təşəkkülündə və adaptiv xarakterli dəyişikliklərin inkişafında güclü tənzimləyici rol oynayırlar.

Məlumdur ki, mərkəzi neyroendokrin aparat kimi hipotalamusun neyrosekretor hüceyrələri həm spesifik neuropeptidləri, həm də hipofizin trop funksiyalarını tənzimləyən hormon təbiətli maddələri – azad edici faktorları (rilizing-faktorlar) hasil edir. Hipoksiya ilə aparılmış təcrübələrdə hipotalamusda çox maraqlı dəyişikliklər müəyyən edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, kəskin eksperimental hipoksiya vaxtı əvvəlcə hipotalamusun müxtəlif neyron populyasiyalarında oyanıcılıq getdikcə artır, sonra neyrosekretor hüceyrələr, xüsusən də paraventrikulyar nüvələrin sekretor neyronları, aktivləşirlər (24; 33). Bu reaksiyalar ona gətirib çıxarır ki, hipotalamik sekretor neyronların aksonları vasitəsilə neyrohormonlar hipofizin arxa payına (neyrohipofizə) daxil olur, kortikotropin-rilizing faktor, tireotropin-rilizing faktor kimi mərkəzi hormonal tənzimləyicilər hipofizin ön payında (adrenohipofizdə) adrenokortikotrop hormonun (AKTH) və tireotrop hormonun (TTH) sintezini stimullaşdırır. Bu, eyni zamanda o deməkdir ki, AKTH öz növbəsində adrenokortikal vəzin (böyrəküstü vəzilərin qabıq maddəsi) glükokortikoid funksiyasını – kortikosteron, kortizol kimi steroid hormonların ("stres hormonların"), TTH isə qalxanvari vəzidə tireoid hormonların (tiroksin və s.) sekresiyalarını intensivləşdirir. Həqiqətən də bir sıra tədqiqatçıların təcrübə işləri göstərmişdir ki, hətta nisbətən mülayim eksperimental hipoksiya yükləri altında qanda tez bir zamanda AKTH, kortizol, kortikostreon, TTH və tiroksin hormonlarının səviyyəsi artır (7; 8). Ən maraqlısı da budur ki, qanda AKTH və kortikosteroidlər vaxt etibarilə TTH və tiroksinə nisbətən daha tez artırlar. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, adrenokortikal vəzilərin glükokortikoid hormonları orqanizmdə şəkər, lipid və zülal mübadiləsini katabolizmə doğru intensivləşdirməklə hipoksiyaya qarşı müdafiə-uyğunlaşma qüvvələrinin yüksəlməsinə (bir çox mənfi streslərdə olduğu kimi) səbəb olur. Bu da maraqlıdır ki, nə mülayim, nə də ağır hipoksiya zamanı qanda androgen və estrogen cinsi hormonların (testosteron və estradiolun) miqdarları ciddi dəyişikliklərə uğramır, halbuki xroniki hipoksiya onların sekresiyalarının azalmasına gətirib çıxarır. Belə faktlar bizim tədqiqatlarımızda aşkar olunmuşdur (9).

Hipoksiya üçün xarakterik olan təsir mexanizmi haqqında ədəbiyyatda yekdil mülahizə hələ ki, yoxdur, bir qədər ziddiyyətli təsəvvülər mövcuddur. Ən tutarlı mühakimə ondan ibarətdir ki, orqanizmdə hipoksiya hüceyrələr

səviyyəsində enerji (ATF) sintezinin xeyli dərəcədə azalmasını şərtləndirir, bunun da əsas səbəbi mitoxondrilərdə tənəffüs fermentlərinin fəallığının qismən, yaxud da kəskin surətdə inhibisiyası (“mitoxondrial şok”) prosesidir (27). Belə təsəvvür də var ki, orqanizmdə, onun hüceyrələrində oksigen çatışmazlığı səbəbindən yaranan kəskin və ya davamlı enerji qıtlığı hüceyrə metabolizmin və funksiyalarının, eləcə də orqan və sistemlərin fəaliyyətinin gedişatında birincili və ikincili dönər və donməz dəyişikliklər (effektlər), əksər hallarda patoloji təzadlar doğurur. Bu da hipoksiyanın təsir mexanizmin miqyasını xeyli dərəcədə artırır, bütöv orqanizm səviyyəsində daha da ümumiləşmiş posthipoksik somato-vegetativ, emosional və digər davranış reaksiyalarının anormal təzahürlərinə səbəb olur. Hesab edilir ki, hipoksiyanın ümumi təsir mexanizmində, mərkəzi sinir sistemində və endokrin sistemində ikincili posthipoksik sinir və hormonal effektlər xüsusi yer tutur və onlar həm də orqanizmin hipoksiyaya adaptasiya olunmasında mühüm rol oynayır. Belə uyğunlaşmalardan biri də hipoksiya zamanı bəzi orqan və toxumalarda anaerob metabolizm – qlükoliz hesabına enerji qıtlığını müəyyən dərəcədə aradan qaldırılması mexanizmidir. Bir sıra eksperimental tədqiqatlarda müəyyən edilmişdir ki, məsələn, beyin toxumasında hipoksiya zamanı əsas qlükolitik fermentlər (glükoza-6-fosfatdehidrogenaza, heksokinaza, pirovatkinaza, laktatdehidrogenaza və i.a.) xeyli aktivləşir (3; 12; 13; 14), bu zaman orqanizm az enerji tələbatına qlükozanın anaerob “oksidləşməsi” (parçalanması) hesabına müvəqqəti olaraq ödəyə bilər.

Beləliklə, insan və ya heyvan orqanizmi elə strateji fizioloji və biokimyəvi mexanizmlərə malikdir ki, onların köməkliyilə oksigen çatışmazlığı problemi müxtəlif yollarla həll oluna bilər. Bu zaman oksigeni az məsrəf etməklə sağ-salamat qalmaq və funksiyalaşma (adaptasiya), kompensator strategiya (aerobioza qayıdış), oksigensiz metabolizmə önəm verilməsi, oksigen qıtlığı olan mühitdən uzaqlaşma və ya oksigen olan mühitə qaçma və digər adaptiv hərəkətlər hipoksiya mexanizmində əhəmiyyətli rol oynayır (32). Biokimyəvi və fizioloji səviyyələrdə oksigen çatışmazlığının mənfi effektlərinin azalmasının mühüm mexanizmi hətta ən az oksigeni toxumalara çatdırması, həddən artıq O₂ qıtlığı zamanı onun balansını kifayət qədər effektiv saxlaması, oksigeni daha çox tələb edən toxuma və orqanlara, digər toxuma və orqanlar hesabına onu adaptiv olaraq yönəltməsi, ağır hipoksiya yüklərinə az-çox uyğunlaşma prosesləridir.

ƏDƏBİYYAT

1. Ağayev T.M., Xairova V.R. Postnatal ontogenezdə birillik siçovulların baş beyində qlutaminsintetazanın fəallığına hipoksiyanın təsiri //A.İ.Qarayev adına Fiziologiya İnstitutunun və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin elmi əsərlərinin külliyyatı. Bakı, 2011, XXIX cild, s.33-37

2. Ağayev T.M., Hacıyev Ş.M., Qurbanova G.A. Baş beyin strukturlarında qlütamat-QAYT metabolik tsiklin fermentlərinin fəallığına hipoksiyanın təsiri //A.İ.Qarayev adına Fiziologiya İnstitutunun və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin elmi əsərlərinin külliyyatı, Bakı, 2014, XXXII cild, s.7-14

3. Baba-zadə S.N., Məmmədyanova V.V. Orqanogenez dövründə müxtəlif səviyyəli hipoksiyaya məruz qalmış ağ siçovulların postnatal ontogenezdə baş beyin subfraksiyalarında heksokinaza və qlükoza-6-fosfat dehidrogenaza fermentlərinin fəallığına təsiri //A.İ.Qarayev adına Fiziologiya İnstitutunun və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin elmi əsərlərinin külliyyatı. Bakı, 2017, XXXV cild, s.24-30

4. Qaziyev A.Q., Məmmədov X.B., Hüseynov A.H. Prenatal ontogenezin son mərhələsi hipoksiyanın dovşan balalarında beyin qabığının görmə zonasının fəallığına təsiri // A.İ.Qarayev adına Fiziologiya institutunun və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin elmi əsərlərinin külliyyatı, Bakı, 2012, XXX c., s.102-107

5. Mehbalıyeva E.C. Prenatal hipoksiyanın siçovullarda postnatal ontogenezdə davranış reaksiyalarına təsiri // A.İ.Qarayev adına Fiziologiya institutunun və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin elmi əsərlərinin külliyyatı, Bakı, 2004, XXII c., s.131-138

6. Mehbalıyeva E.C., Fərəcov Ə.N., Qaziyev A.Q. Fərdi inkişafın prenatal dövründə hipoksiyaya məruz edilmiş 15-20 günlük siçovullarda şərti reflektor fəaliyyət və baş beyin strukturlarında serotoninin miqdarının dinamikası // Sağlamlıq. Elmi-praktik jurnal, Bakı, 2007, №6, s.108-113

7. Mehbalıyeva E.C. Azyaşlı siçovul balalarında təcrübə hipoksiya zamanı hipofizar-adrenokortikal sistemin erkən reaksiyaları // A.İ.Qarayev adına Fiziologiya İnstitutu və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin Elmi əsərlərinin külliyyatı, XXXIII c., 2015, s.107-112

8. Mehbalıyeva E.C. Kiçik yaşlı siçovullarda kəskin hipoksiya zamanı ön hipofiz – qalxanavari vəzi funksional sisteminin erkən hormonal reaksiyalarının xüsusiyyətləri // Pedaqoji Universitetin Xəbərləri, Bakı, 2015, №2, s.57-60

9. Mehbalıyeva E.C. Xroniki hipoksiyanın cinsi yetişkənlik prosesinə təsirinin təcrübədə öyrənilməsi / Book of Abstracts. Akademik Elm həftəliyi-2015ASW-2015, s.392

10. Mehbalıyeva E.C. Oksigen çatışmazlığına məruz qalan cavan siçovullarda hərəkəti fəallığının eksperimentdə tədqiqi //Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası. A.İ.Qarayev adına Fiziologiya İnstitutu və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin Elmi əsərlərinin külliyyatı. Fiziologiya və Biokimyayın problemləri. XXXIV c., 2016, s.71-75

11. Mehbalıyeva E.C., Əliyev Ə.H. Oksigen çatışmazlığı (hipoksiya) şəraitində davranışın təcrübə öyrənilməsi məsələləri // Bakı Dövlət Universitetinin Xəbərləri, 2017, №4. s.45-49

12. *Məmmədخانова V.V.* Xroniki hipoksiyaya məruz qalmış ağ siçovulların baş beynin müxtəlif strukturlarında Q-6-F-D fermentinin fəallığı // A.İ.Qarayev adına Fiziologiya İnstitutunun və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin elmi əsərlərinin külliyyatı, Bakı, 2011, XXIX cild, s.96-100

13. *Hüseynova L.M., Rəşidova A.M.* Kəskin hipoksiyaya məruz qalmış ağ siçovulların baş beynində pirovatkinaza fermentinin fəallığının öyrənilməsi / Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin akademik A.İ.Qarayevin anadan olmasının 100 illiyinə həsr olunmuş IV qurultayın materialları, 2010, c.63-65

14. *Rəşidova A.M.* Kəskin hipoksiyaya məruz qalmış ağ siçovullarda baş beynin müxtəlif strukturlarının subfraksiyalarında pirovatkinaza fermentinin fəallığının dəyişmə dinamikası // A.İ.Qarayev adına Fiziologiya İnstitutunun və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin elmi əsərlərinin külliyyatı, Bakı, 2011, XXIX c., s.110-123

15. *Абелашвили Д.И., Нитардзе Г.И.* Функциональное состояние печени при гипоксических поражениях центральной нервной системы // Сооб. АН Грузинской ССР, 1988, т. 19, №2, с.417-420

16. *Белеган Е.А., Самойлов М.О.* Влияние асфиксии на активность аденилатциклазы в коре головного мозга кошки // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 1997, т. 124, № 8, с.131-134

17. *Березинский В.А., Горчаков В.Ю., Сушко Б.С.* О механизмах физиологической регуляции поступления кислорода в клетку / Тезисы. докл. XIV съезда Всесоюз. Физиол. Общ. им. И.П.Павлова, Баку, 1983, т.1, с.281

18. *Брода Э.* Эволюция биоэнергетических процессов. М.: Мир, 1978, 254 с.

19. *Бурых Э.А.* Взаимосвязь изменений локальных и пространственно временных спектральных характеристик ЭЭГ при гипоксическом воздействии у человека // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова, 2005, т. 91, №11, с.1260-1268

20. *Васильев Д.С., Туманова Н.А., Журавин И.А.* Структурные изменения в нервной ткани новой коры в онтогенезе крыс после гипоксии на разных сроках эмбриогенеза // Журнал эволюционной биохимии и физиологии, 2008, т. 44, №3, с.258-267

21. *Ватаева Л.А., Отеллин В.А., Кассиль В.Г. и др.* Гипоксия в раннем постнатальном онтогенеза крысы: развитие мозга и формирование поведения / Доклады РАН, 1998, т. 363, №3, с.409-411

22. *Жукова Т.П., Палат Х., Мочалова Л.Д.* Причины гипоксии / В кн. Перинатальная патология, под. ред. М.Я.Студеникина, М.: Медицина, 1984, с.43-47

23. *Захаров Е.М., Свинов М.М., Германова Э.Л. и др.* Механизмы вовлечения холинергических систем в процессы морфофункциональной реорганизации неокортекса и гиппокампа в условиях гипоксии / Сб. Проблемы гипоксии: молекулярные, физиологические и медицинские аспекты, М., Истоки, 2004, с. 268-296

24. *Колесник Ю.М., Ористенко Ю.К., Абрамов А.В.* Состояние вазорессин – окситоцин-кортиколиберин синтезирующих структур гипоталамуса у крыс при гипоксических воздействиях // Физиологический журнал им. И.М.Сеченова, 1993, т. 79, №9, с. 34-41

25. *Колчев А.И., Коровин А.Б.* Гипоксия органов и систем / В кн.: Гипоксия: адаптация, патогенез, клиника, М.: Медицина, 2000, с.189-214
26. *Константинов В.А.* К вопросу о различных формах гипоксии и адаптации к ним / В кн.: Проблемы космической биологии, М., Наука, 1985, с.27-34
27. *Лукьянова Л.Д.* Митохондриальная дисфункция-типовой патологический процесс, молекулярный механизм гипоксии / В кн.: Проблемы гипоксии: молекулярные, физиологические и медицинские аспекты. М., 1998, с.8-17
28. *Лунец Е.Ф., Маслова Г.Т., Васильева Л.П., Полюкович Г.С.* Влияние кислородной недостаточности на некоторые компоненты адренергической и холинергической систем головного мозга / В кн.: Физиология и биохимия медиаторных процессов, М., 1980, с.124-132
29. *Мехбалиева Э.Дж.* Первичные и вторичные реакции нервной ткани на нехватку кислорода и их отражение в сложно-системных функциях мозга // Вестник Московского Государственного областного Университета, Естественные науки, 2014, №4, с.32-38
30. *Мехбалиева Э.Дж.* Хроническая гипоксия угнетает двигательной активности незрелых животных / Мат. XXIII съезда Физиологического Общества им. И.П.Павлова, 18-22 сентября 2017, Воронеж, с.1512-1513
31. *Новиков В.С., Шанин В.Ю., Козлов К.А.* Гипоксия как типовой патологический процесс, его систематизация / В кн.: Гипоксия: адаптация, патогенез, клиника, М.: Медицина, 2000, с.12-22
32. *Хочачка Т., Самеро Дж.* Стратегия биохимической адаптации М.: Мир, 1977, 398 с.
33. *Chen X.* Hypoxia influences enkephalin release in rats // *Neuroreport*, 2000, v.1, No 7, pp.1555-1558
34. *Jones D., Sillan A.* Defining the resistance to oxygen transfer in tissul hypoxia // *Experientia*, 1990, v. 46, No 11-12, pp.1180-1187
35. *Krnjevic K., Leblond J.* Changes in membrane currents of hypokampal neurons evoked by brief anoxia // *J. Neurophysiology*, 1989, v. 62, No 1, pp.15-30
36. *Michiels C.* Physiological and pathological responses to hypoxia // *J. Pathol.*, 2004, N 6, p.1875-1882
37. *Mikati M., Zeinieh M., Kurdi R. et al.* Longterm effects of acute and of chronic hypoxia on behavior // *Brain Res.*, 2009, v.157, pp.98-102
38. *Mishra O., Delhoria M.* Cellular mechanisms of hypoxic injury in the developing brain // *Brain Res. Bull.*, 1999, v.48, pp.233-238