

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
A.İ. QARAYEV adına FİZİOLOGİYA İNSTİTUTU

Əlyazma hüququnda

Z A U R B A L A R Z A O Ğ L U R Z A Y E V

**SKELET ƏZƏLƏLƏRİNİN FİZİKİ YÜKLƏRƏ ANTIOKSIDANT
REAKSIYALARININ SUBHÜCEYRƏ XÜSUSİYYƏTLƏRİ**

2411.01 – İnsan və heyvan fiziologiyası

Biologiya üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş
dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

BAKİ - 2014

Dissertasiya Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının A.İ.Qarayev adına Fiziologiya İnstitutunda yerinə yetirilib.

Elmi rəhbər:

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor

Ə.M.HACIYEV

Rəsmi opponentlər:

Biologiya elmləri doktoru, professor
Tibb elmləri namizədi, dosent

Ə.H.ƏLİYEV
M.Ə.BABAYEV

Aparıcı təşkilat:

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
İnsan və heyvan fiziologiyası kafedrası

Müdafiə « 25 » __06__ 2014-cü il saat __ -də Azərbaycan MEA-nın A.İ.Qarayev adına Fiziologiya İnstitutunun nəzdində elmlər doktoru və fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün fəaliyyət göstərən D01.051 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1100, Bakı şəhəri, Şərifzadə küç., 2

Dissertasiya ilə Azərbaycan MEA-nın A.İ.Qarayev adına Fiziologiya İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat « ____ » _____ 2014-cü il tarixində göndərilib.

D01.051 Dissertasiya Şurasının elmi katibi,
biologiya üzrə fəlsəfə doktoru

Y.O. Bayramova

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Problemin aktuallığı. Son illərdə fiziki yükün təsiri zamanı orqanizmdə oksidativ proseslərin güclənməsi və bunun nəticəsində müxtəlif toxumalarda, o cümlədən skelet əzələlərində pro- və antioksidant təbiətli maddələrin balansının pozulması, oksidativ stresin yaranması haqqında bir çox ədəbiyyat məlumatları meydana gəlmişdir (*Ji, 1999; McArdle et al., 2000; Гаджувев и др., 2006; Jackson, 2008*). Hər bir əzələ işi orqanizm tərəfindən oksigen sərfini gücləndirir və artmış oksigen səviyyəsi oksidləşdirici fosforlaşma proseslərində iş üçün daha çox enerjinin yaranmasında istifadə olunur. Lakin digər tərəfdən oksigenin miqdarının həddindən yüksək səviyyəsi hüceyrələrin həyat fəaliyyəti üçün təhlükə yaradır; oksigenin yüksək səviyyəsi yüksək reaksiya qabiliyyətinə malik olan oksigenin aktiv formalarının (OAF) yaranma ehtimalını da artırır. Bu birləşmələr lipidlərlə, zülallarla, nüklein turşuları ilə reaksiyaya girərək uyğun olaraq hüceyrə membranlarını, zülal-ferment sistemlərini, genetik aparatı zədələyə bilən potensial faktorlardır. Bu nöqtəyi-nəzərdən skelet əzələləri üçün oksigenin oksidləşdirici-zədələyici təsiri daha ciddidir, çünki onlarda intensiv fiziki iş zamanı başqa orqanlara nisbətən oksigen sərfi daha çox, 100 dəfədən də çox artır.

Əzələlər və digər orqanlar OAF və onların yaratdığı digər sərbəst radikallarla mübarizə üçün antioksidant müdafiə sisteminin resurslarından istifadə edir və bu sistemin köməyi ilə oksidləşmə-reduksiya balansının tənzimlənməsi həyata keçirilir (*Clarkson et al., 2000*). Fiziki yüklərin həm xroniki, həm də kəskin şəraitdə təsirindən orqanizmin antioksidant müdafiə sisteminin necə dəyişməsi, gələcək daha yüksək yüklənmələrə uyğunlaşma proseslərinin necə getməsi fundamental və praktiki nöqtəyi-nəzərdən çox maraqlı və vacib tədqiqat mövzudur.

OAF-dan olan superoksid radikalının skelet əzələlərində başlıca mənbəyi mitoxondrilərdir. İntensiv əzələ fəaliyyəti zamanı bu növ əzələlər tərəfindən oksigenin udulmasının yüksək dərəcədə şiddətlənməsi mitoxondrilərdə superoksid radikalının generasiyasının sürətlənməsinə gətirir. Anion xarakterli bu radikallar superoksiddismutaza fermentinin mitoxondrilərə məxsus izoformunun (Mn-SOD) vasitəsilə hidrogen peroksidinə çevrilərək membranlardan keçmək qabiliyyəti qazanır. Sitoplazmaya keçən mitoxondri mənşəli, eləcə də digər mənbələrdən irəli gələn oksidant xarakterli birləşmələrin (əsasən OAF) çoxluğu əzələdə oksidativ stres vəziyyətinin yaranmasına səbəb olur ki, yüksək intensivlikli

yüklənmələr zamanı bu vəziyyət daha da dərinləşir. Ehtimal olunur ki, əzələlərin yorulması, onların müxtəlif disfunksiyalarının yaranmasının əsasında fiziki yüklənmələr zamanı oksidativ stresin yaranması durur.

Fizioloji antioksidant sistemin vacib tərkib hissəsi olan qlütation sistemi də hüceyrə və toxumaların sərbəst radikalların dağıdıcı təsirindən müdafiədə başlıca rol oynayır. Bu sistemə daxil olan qlütationperoksidaza fermenti (GPO) qlütationdan bir hidrogen donoru kimi istifadə etməklə müxtəlif peroksidləri, o cümlədən hidrogen peroksidini və lipid peroksidlərini, reduksiya edərək zərərsizləşdirir. Bu zaman əmələ gələn oksidləşmiş qlütation digər bir ferment, qlütationreduktaza (GR) tərəfindən reduksiyaedici agent NADPH-in iştirakı ilə reduksiya olunur.

Heyvanlar üzərində aparılan tədqiqatlar, hətta son illərdə insanlarda aparılan tədqiqatlar skelet əzələlərində SOD, GPO və GR fermentlərinin uzunmüddətli fiziki məşq yükləri nəticəsində adaptiv dəyişikliklərə uğramaları haqda nəticələr üzə çıxarmışlar (*Ji, 1999; McArdle et al., 2001*). Lakin bəzi tədqiqatlar adaptiv dəyişikliklərin fermentlərin aktivliklərinin yüksəlməsi istiqamətində olduğunu göstərsə, digərləri yalnız bəziləri üçün belə nəticələr göstərir, və ya hec göstərmir. Hesab olunur ki, antioksidant sistemin fiziki yüklərə adaptasiyası üzrə nəticələr arasında belə fərqlər orqanizmə verilən fiziki yüklərin növü, şiddəti, müddəti ilə, eyni zamanda tədqiq olunan əzələnin növündən asılı olaraq yaranır.

Bunlarla yanaşı tədqiq olunan antioksidant fermentlərin izoform müxtəlifliyinin, subfraksiya mənsubiyyətlərinin də bu fərqlərin üzə çıxmasında rolu mümkündür. Sonuncu aspekt skelet əzələlərində fiziki yüklərə antioksidant adaptasiya məsələlərinin öyrənilməsində müxtəlif subfraksiyalarda ayrı-ayrı fermentlərin aktivliyinin tədqiqatlarının həyata keçirilməsini aktual edir. Sürət tipindən asılı olaraq skelet əzələlərinin antioksidant sisteminin tərkib hissələrinin tətbiq olunan fiziki yüklərə reaksiyasının xüsusiyyətlərinin üzə çıxarılması aspekti də idman fiziologiyasının tətbiqi məsələləri üçün vacib əhəmiyyət daşıyır.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin məqsədi skelet əzələlərində antioksidant sisteminin tərkib hissələri olan superoksiddismutaza, qlütationperoksidaza və qlütationreduktaza fermentlərinin subfraksiya aktivliklərinin və qeyri-ferment tiol birləşmələrinin orqanizmin fiziki yüklənməsinə adaptiv reaksiyalarının öyrənilməsidir.

Bu məqsədin həyata keçirilməsi üçün aşağıdakı tədqiqat məsələləri həll edilmişdir:

1) Xroniki məşq yüklərinə məruz qalmış və məruz qalmamış orqanizmin skelet əzələlərində (ağ və qırmızı) antioksidant ferment *superoksiddismutazanın* mitoxondrial və sitozol aktivliyinin sakitlik halında və birdəfəlik fiziki yükədən sonra öyrənilməsi;

2) Xroniki məşq yüklərinə məruz qalmış və məruz qalmamış orqanizmin skelet əzələlərində (ağ və qırmızı) antioksidant ferment *qlütationperoksidazanın* mitoxondrial və sitozol aktivliyinin sakitlik halında və birdəfəlik fiziki yükədən sonra öyrənilməsi;

3) Xroniki məşq yüklərinə məruz qalmış və məruz qalmamış orqanizmin skelet əzələlərində (ağ və qırmızı) antioksidant ferment *qlütationreduktazanın* mitoxondrial və sitozol aktivliyinin sakitlik halında və birdəfəlik fiziki yükədən sonra öyrənilməsi;

4) Xroniki məşq yüklərinə məruz qalmış və məruz qalmamış orqanizmin skelet əzələlərində (ağ və qırmızı) müxtəlif növ tiol birləşmələrin miqdarının sakitlik halında və birdəfəlik fiziki yükədən sonra öyrənilməsi;

5) Xroniki məşq yüklərinə məruz qalmış və məruz qalmamış orqanizmin skelet əzələlərində (ağ və qırmızı) və digər əlaqəli orqanlarda reduksiya olunmuş qlütationun səviyyəsinin sakitlik halında və birdəfəlik fiziki yükədən sonra tədqiqi.

Elmi yenilik. Bədən tərbiyəsi və idman fiziologiyasının aktual məsələlərindən biri olan intensiv əzələ fəaliyyətinə orqanizmin adaptasiyasının tərkib hissəsi kimi antioksidant adaptasiyanın xüsusiyyətləri öyrənilmişdir. İlk dəfə olaraq eyni bir obyekt (ağ siçovullar) üzərində, eyni skelet əzələlərində, eyni eksperimental şəraitdə antioksidant müdafiə sistemini təşkil edən ferment (superoksiddismutaza, qlütationreduktaza, qlütationperoksidaza) antioksidantların, qeyri-ferment antioksidantların (reduksiya olunmuş müxtəlif növ tiolların) orqanizmin xroniki məşq yükləri ilə yüklənməsinin, birdəfəlik fiziki yüklərin təsiri altında adaptiv dəyişmələri tədqiqata cəlb edilmişdir. Antioksidant göstəricilərin *m.gastrocnemius* skelet əzələsinin ağ və qırmızı hissələrinin subhüceyrə fraksiyalarında ölçmələri əsasında superoksiddismutaza, qlütationreduktaza və qlütationperoksidazanın aktivliklərinin xroniki yüklə induksiyasında fermentin subhüceyrə mənsubiyyətinə görə spesifikliyi üzə çıxarılıb və eyni zamanda əzələnin sürət tipinə (qlikolitik və ya oksidativ) görə fərqlər aşkar edilib. Qeyri-ferment antioksidantların – tiol birləşmələrinin – həmin eksperimental şəraitdə paralel tədqiq edilməsi fermentlərin adaptasiya xüsusiyyətlərinin izahına kömək etməklə yanaşı,

antioksidant sisteminin bütövlükdə fəaliyyəti haqda mülahizələr irəli sürməyə imkan verir. Eksperimental tədqiqatın nəticələri ümumiyyətlə adaptasiyanın fiziologiyasına yeni dəlillər təqdim etməklə yanaşı, idman fiziologiyasında təbii əhəmiyyətli, o cümlədən işgörmə qabiliyyətinin yeni kriterilərinin işlənməsi kimi məsələlərin həlli üçün faydalı ola bilər.

Praktiki əhəmiyyət. Orqanizmin antioksidant müdafiə qabiliyyətinin fiziki yüklənməyə uyğunlaşması prosesinin tədqiqi bədən tərbiyəsi və idman fiziologiyasının yeni bir istiqaməti ilə - fiziki hərəkətlərin sərbəst radikal fiziologiyası üçün həm fundamental, həm də praktiki əhəmiyyəti olan tədqiqatdır. Digər tərəfdən fiziki yüklərin skelet əzələlərində, ümumiyyətlə orqanizmdə antioksidant sisteminin vəziyyətinə təsirinin öyrənilməsi müxtəlif ekstremal faktorların toxuma və hüceyrələrə oksidativ təsirinin öyrənilməsi üzrə tədqiqatların sərhədlərini genişləndirir. Müxtəlif sürət tipli skelet əzələlərinin müqayisəli öyrənilməsi nəticəsində aldığımız dəlillər yerinə yetirilmə sürətinə görə fərqlənən idman növləri üçün spesifik olan işgörmə kriterilərinin hazırlanması üçün nəzəri əsaslar ola bilər. Endogen antioksidantların fiziki yüklərə reaksiyasının subhüceyrə xüsusiyyətlərinin üzə çıxarılması, əsasən də xroniki və birdəfəlik fiziki yüklərə adaptiv reaksiyanın spesifik xüsusiyyətləri fərqli idman növlərinə seçilmə prosesinin fundamental əsaslarının dərinləşdirilməsində istifadə edilə bilər. Bütövlükdə götürsək, işin nəticələri ümumi və idman fiziologiyasına fundamental cəhətdən əhəmiyyətli töhfə verməklə yanaşı, praktik idman fiziologiyasında da istifadə edilə biləcəkdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. Xroniki fiziki yüklərin təsiri altında skelet əzələlərində antioksidant sistemin tərkib hissələrinin – superoksiddismutaza, qlütationperoksidaza və qlütationreduktaza fermentlərinin, reduksiya olunmuş tiolların – adaptiv dəyişiklikləri subhüceyrə (mitoxondrial və sitozol) xüsusiyyətlərinə malikdir.

2. Skelet əzələlərində antioksidant göstəricilərin xroniki fiziki yüklə adaptiv dəyişmələri və birdəfəlik yükə reaksiyası əzələnin sürət tipindən, yəni onun qlikolitik və ya oksidativ lif mənsubiyyətindən asılıdır.

3. Skelet əzələlərində antioksidant fermentlərin (SOD, GR, GPO) aktivliyinin xroniki (məşq) və birdəfəlik fiziki yüklərə reaksiyası fermentin subhüceyrə mənsubiyyətindən və əzələnin sürət tipindən asılı olaraq fərqlidir, həm posttranskripsion, həm də posttranslyasion mexanizmlərlə tənzimlənir.

İşin aprobasiyası. Dissertasiyanın əsas materialları aşağıdakı elmi konfrans və simpoziumlarda məruzə edilmişdir:

- AMEA A.İ.Qarayev adına Fiziologiya institutunun və “Hüceyrə metabolizminin biofizikası” laboratoriyasının seminarlarında (2009-2011);

- Bədən tərbiyəsi və idman sahəsində aparılan elmi-tədqiqat işlərinə həsr edilmiş konfransda (ADBTİA, Bakı, 2009);

- “Bioloji sistemlərin mühitin təbii və ekstremal amillərinə adaptasiyası” 3-cü Beynəlxalq elmi-praktik konfransında (*III Международная научно-практическая конференция «Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды, Челябинск, РФ*), Çelyabinsk, Rusiya Federasiyası, 2010;

- Gənc alimlərin I Respublika innovativ ideya yarmarkası 18-23 noyabr 2010, Bakı, 2010;

- Bədən tərbiyəsi və idman sahəsində aparılan elmi-tədqiqat işlərinə həsr edilmiş konfransda (3 fevral 2011-ci il). Azərbaycan DBTİA, Bakı, 2011.

Mövzu üzrə çap olunmuş əsərlər. Dissertasiyanın mövzusu üzrə 12 elmi əsər (10 məqalə və 2 tezis), o cümlədən Rusiya Federasiyasının nüfuzlu periodik jurnalında (“Теория и практика физической культуры”) çap olunmuşdur.

Dissertasiyanın strukturu və həcmi.

Dissertasiya işi 142 kompüter mətni səhifəsində tərtib olunub, girişdən, ədəbiyyat icmalından, obyekt və tədqiqat üsullarının təsvirindən, tədqiqatların nəticələrindən, onların müzakirəsindən, əsas nəticələrdən, nəşr olunmuş əsərlərin və istinad edilmiş mənbələrin siyahılarından ibarətdir. İllüstrativ material 8 cədvəl, 8 şəkilə cəmlənmiş 23 diaqramdan ibarətdir. Ədəbiyyat siyahısı 7-si azərbaycan, 32-si rus və 174-ü ingilis dillərində olan 213 mənbəni əhatə edir.

İŞİN QISA MƏZMUNU

TƏDQIQATIN OBYEKT VƏ ÜSULLARI

Təcrübələr Vistar xəttindən olan 6 aylıq ağ siçovullar üzərində aparılmışdır. Heyvanlar adi vivarium şəraitində saxlanılmışdır. İki qrupa bölünmüş heyvanların bir qrupu müntəzəm olaraq fiziki məşq yükünə məruz qalıb, digər qrup isə qalmayıb. Məşq yükləri diametri 44 sm olan barabanda qaçış yükü ilə verilmişdir: 25 m/dəq sürətlə, ilk günlər 10-20 dəq müddətində, sonra isə 3-cü həftədən başlayaraq 30 dəq müddətində həftədə 5 gün olmaqla, ümumilikdə 4 həftə müddətində fiziki yüklənmələrlə həyata keçirilib. Eksperimental şəraitdə qaçma yüklənməsinə uyğunlaşmaq üçün məşq keçməyən qrupun heyvanları həftədə 1 dəfə 10 dəq müddətində barabanda qaçmaya məruz qoyulublar. Məşqlərin qurtarmasından 1 sutka sonra məşqli qrupun yarısı və məşqsiz qrupun yarısı sakitlik vəziyyətində saxlanmış, digər yarılıarına isə birdəfəlik fiziki yüklənmə tətbiq edilmişdir. Bundan dərhal sonra bütün qruplardan olan heyvanlar dekapitasiya edilib və əzələ toxumaları soyuq şəraitdə ayrılıb. Qastroknemius (*m.gastrocnemius*) əzələsinin qırmızı və ağ hissələri uyğun olaraq oksidativ və qlükolitik lif tipləri kimi tədqiq olunub. Qlütationun qatılığının ölçmələri ilə bağlı təcrübələrdə eyni zamanda qan, qaraciyər və ürək əzələsi də tədqiq olunub.

Mitoxondri fraksiyası saxaroza mühitində toxumanın 10%-li homogenatından çökdürülmüşdür (0,3M saxaroza, 10 mM EDTA pH 7,5). Supernatant sitozol fraksiyasının alınması üçün istifadə edilib (М.И.Прохорова, 1982. Методы биохимических исследований. Изд-во С.-П. Унив: с. 29-43). SOD-nin aktivliyi Dubinina və b. (Дубинина и др., 1984) tərəfindən istinad edilən metodika əsasında təyin edilmişdir. Bu metodika nümunədə olan SOD fermentinin mühitdə yaradılan superoksid radikallarının reduksiyasında nitrosiniy tetrazoli (NST) ilə rəqabətində əsaslanır. Subfraksiyalarda qlütationperoksidazanın aktivliyi Paqliya və Valentine tərəfindən irəli sürülmüş metodika ilə (Paglia & Valentine, 1967), qlütationreduktazanın aktivliyi isə NADPH-in oksidləşməsinə əsaslanan metodika üzrə təyin edilib (Hosoda & Nakamura, 1970). Sulfhidril qrupları Ellman metoduna əsaslanan Lindsey və Sedlakin modifikasiya ilə təklif etdiyi metodikaya əsasən təyin edilmişdir. Ümumi zülalın miqdarı Bredford üsulu ilə təyin edilib.

Nəticələrin statistik analizi parametrik t-testi ilə həyata keçirilib. Statistik əməliyyatlar Microsoft Excel (Office-2003) proqramı çərçivəsində aparılmış və nəticələrin etibarlıq dərəcəsi $p < 0,05$ kafi qəbul edilmişdir.

TƏCRÜBƏLƏRİN NƏTİCƏLƏRİ VƏ MÜZAKİRƏSİ

1. Fiziki yüklərin skelet əzələlərində superoksiddismutaza fermentinin subfraksiya aktivliyinə təsiri

Gastrocnemius əzələsinin ağ və qırmızı hissələrinin mitoxondrial və sitozol fraksiyalarında SOD-nın aktivliyində yüklənmənin xarakterindən və əzələ lifinin növündən asılı olaraq dəyişikliklər qeyd olunmuşdur. Belə ki, bu dəyişikliklərin xarakteri həm əzələnin növündən, həm də hüceyrə fraksiyasından asılıdır (cədv.1).

Cədvəl 1

Fiziki yüklənmələrin ağ siçovullarda skelet əzələlərinin mitoxondrial və sitoplazmatik fraksiyalarında superoksiddismutaza fermentinin aktivliyinə ($\$V/mq_{zülal}$) təsiri, $M \pm m$, $n=5$

Əzələlər	Müntəzəm fiziki yükə <i>məruz qalmayan</i> heyvanlar		Müntəzəm fiziki yükə <i>məruz qalan</i> heyvanlar	
	Sakitlik	Yükdən sonra	Sakitlik	Yükdən sonra
Mitoxondrial SOD				
Ağ əzələ	0,112±0,015	0,234±0,022*	0,307±0,031 [#]	0,267±0,027 [!]
Qırmızı əzələ	0,205±0,025	0,175±0,019	0,243±0,032	0,325±0,045 [!]
Sitoplazmatik SOD				
Ağ əzələ	0,051±0,006	0,052±0,005	0,045±0,006	0,056±0,006
Qırmızı əzələ	0,046±0,005	0,182±0,015**	0,043±0,005	0,102±0,012* [!]

* ** $p < 0,05$ и $p < 0,01$ - sakitlik halı və yüklənmədən sonrakı qiymətlərin müqayisəsi üçün;

[#] $p < 0,05$ - məşq keçməmiş və məşq keçmiş siçovullara sakitlik halında aid olan qiymətlərin müqayisəsi üçün;

[!] $p < 0,05$ - məşq keçmiş siçovulların yüklənmədən sonrakı və məşq keçməmişlərin sakitlik halına aid olan qiymətlərin müqayisəsi üçün.

Nəticələr göstərir ki, xroniki fiziki yükün təsiri ilə induksiya olunan SOD izoformları aktivliyi əzələ lifi növünə münasibətdə spesifikdir. Əsasən qlikolitik liflərdən ibarət ağ əzələdə m-SOD-nın aktivliyinin adaptiv induksiyası xroniki yüklə aydın görünür. Yavaş tipli liflərdən ibarət

qırmızı əzələdə m-SOD-nın aktivliyinin adaptiv induksiyası xroniki yüklə zəifdir. Bununla yanaşı aktivliyin kəskin fiziki yüklə induksiyası özünü ağ əzələdən daha güclü göstərir. Xroniki yükədən sonra hər iki əzələdə s-SOD-nın bazal aktivliyi eyni səviyyədə qalır. Kəskin fiziki yük nə məşqli, nə də ki, məşqsiz siçovullarda ağ əzələdə s-SOD aktivliyini dəyişmir, lakin qırmızı əzələdə əhəmiyyətli dərəcədə artıma səbəb olur. s-SOD-nın aktivliyinin belə özünü göstərməsi, Mn-SOD izoformu (quruluşuna Mn atomu daxildir) ilə müqayisədə CuZn-SOD izoformunun (quruluşuna Cu və Zn atomları daxildir) fiziki yükə adaptasiya prosesində passivliyi haqda ədəbiyyatda (Higuchi et al., 1985) irəli sürülən müddəaya uyğundur, lakin tam hüquqla bunu sürət tipli əzələlərə aid etmək olar.

2. Fiziki yüklərin skelet əzələlərində qlütationreduktaza fermentinin subfraksiya aktivliklərinə təsiri

Xroniki və kəskin fiziki yüklərin təsiri altında skelet əzələlərinin mitoxondri və sitozol fraksiyalarında GR-nın aktivliyinin dəyişmələri cədv.2-də təqdim edilmişdir. GR-nın aktivliyinin əzələnin növündən və fraksiya tərkibindən asılı olaraq fiziki yükə reaksiyası müxtəliflik göstərir.

Cədvəl 2

Fiziki yüklənmələrin ağ siçovullarda skelet əzələlərinin mitoxondrial və sitozol fraksiyalarında qlütationreduktaza fermentinin aktivliyinə (nmol NADPH/dəq/mq_{zülal}) təsiri, M±m, n=5

Əzələlər	Müntəzəm fiziki yükə <i>məruz qalmayan</i> heyvanlar		Müntəzəm fiziki yükə <i>məruz qalan</i> heyvanlar	
	Sakitlik	Yüklənmədən sonra	Sakitlik	Yüklənmədən sonra
Mitoxondrial fraksiya				
Ağ əzələ	44,1±5,3	26,2±5,7*	86,5±11,6 [#]	50,0±9,1*
Qırmızı əzələ	67,1±7,8	13,5±4,5**	103,7±12,8 [#]	23,2±4,0**
Sitozol fraksiyası				
Ağ əzələ	15,0±3,1	16,5±2,5	31,3±5,1 [#]	20,2±3,5
Qırmızı əzələ	30,8±11,1	25,7±2,0	38,2±6,0	29,0±4,3

* , ** - p<0,05 и p<0,01 - sakitlik halı və yüklənmədən sonrakı qiymətlərin müqayisəsi üçün;

[#] p<0,05 - məşq keçməmiş və məşq keçmiş siçovullara sakitlik halında aid olan qiymətlərin müqayisəsi üçün.

Qeyd etmək lazımdır ki, həm ağ əzələdə, həm də qırmızı əzələdə mitoxondrial fraksiyada GR-nın aktivliyi sitozol fraksiyasındakına nisbətən daha yüksəkdir. Xroniki fiziki yüklənmənin təsiri altında həm ağ əzələdə, həm də qırmızı əzələdə mitoxondrilərə məxsus GR aktivliyinin adaptiv yüksəlmələrin baş verdiyini görürük. Belə adaptiv yüksəlmə sitoplazmatik GR üçün ağ əzələdə özünü aydın biruzə verir, qırmızı əzələdə isə yalnız tendensiya var. Mitoxondrial GR-nın kəskin fiziki yüklərə reaksiyasının xarakteri, yəni aktivliyin aşağı düşməsi, həm ağ əzələdə, həm də qırmızı əzələdə xroniki yüklərlə adaptasiya zamanı dəyişməz qalır, lakin bu azalmalar aktivliyin daha yüksək baza səviyyəsində baş verir. Demək olar ki, skelet əzələsində GR-nın sitoplazmatik aktivliyinin kəskin fiziki yükə (hər halda təcrübələrdə istifadə edilən submaksimal şiddətli barabanda qaçış yükünə) reaksiyası adaptiv dəyişikliyə uğramır.

Nəticələr göstərir ki, sürət tipindən asılı olmayaraq skelet əzələsində GR-nın mitoxondrial aktivliyi xroniki fiziki yükün təsirinə adaptasiya olur; sitozol aktivliyin adaptiv yüksəlməsi yalnız ağ əzələdə baş verir.

3. Fiziki yüklərin skelet əzələlərində qlütationperoksidaza fermentinin subfraksiya aktivliklərinə təsiri

Bu bölmədə ağ siçovulların müxtəlif sürət tipli skelet əzələlərinin subhüceyrə fraksiyalarında (mitoxondrilərdə və sitozolda) birdəfəlik və xroniki fiziki yüklərin təsiri altında qlütationperoksidaza aktivliyinin tədqiqinin nəticələri verilib (cədv.3).

Cədvəl 3

Fiziki yüklənmələrin ağ siçovullarda skelet əzələlərinin mitoxondrial və sitozol fraksiyalarında qlütationperoksidazanın aktivliyinə (nmol NADPH/dəq/mq_{zülal}) təsiri, M±m, n=6

Fraksiyalar	Müntəzəm məşq yüklərinə məruz qalmayan heyvanlar		Müntəzəm məşq yüklərinə məruz qalan heyvanlar	
	Sakitlik	Birdəfəlik yükdən sonra	Sakitlik	Birdəfəlik yükdən sonra
Ağ əzələ				
Mitoxondrial fraksiya	86,2±10,3	79,5±9,1	60,5±7,3	94,8±11,0*
Sitozol fraksiyası	252,0±23,9	230,1±24,2	354,2±36,9 [#]	303,4±41,1
Qırmızı əzələ				
Mitoxondrial fraksiya	144,3±15,8	131,5±13,1	78,5±8,3 [#]	157,1±17,5**
Sitozol fraksiyası	315,7±33,3	299,2±31,7	330,5±35,1	481,9±50,3*

GPO-nın aktivliyinin əzələnin növündən və toxumanın fraksiya tərkibindən asılı olaraq fiziki yükə reaksiyasında fərqlilik müşahidə olunur. Təcrübələr göstərir ki, GPO-nın aktivliyinin əsas hissəsi istər ağ əzələdə, istərsə də qırmızı əzələdə sitozol fraksiyasında cəmlənmişdir. 4 həftə müddətində məşq keçmiş heyvanların ağ və qırmızı əzələlərində fermentin mitoxondrial və sitozol fraksiyalarında aktivlik səviyyələrinin nisbəti intakt heyvanların əzələlərindəki kimi saxlanılır, hələ bir qədər də sitozol fraksiyasının xeyrinə yüksəlir. Məşqsiz heyvanların ağ və qırmızı əzələlərinin mitoxondrial və sitozol fraksiyalarında GPO-nın aktivliyində birdəfəlik yükün təsirindən etibarlı dəyişikliklər üzə çıxmır, lakin dəyişmələrin ümumi tendensiyasının bu əzələlərdə GPO-nın fraksiya aktivliklərinin birdəfəlik yükün təsirinə cavab olaraq yüngül azalma istiqamətində olduğunu görmək mümkündür.

Xroniki məşq yükləri ağ və qırmızı əzələdə mitoxondrial fraksiyanın qlütationperoksidaza aktivliyinin sakitlik halına uyğun səviyyəsinin aşağı düşməsinə gətirir. Hər iki əzələdə məşq nəticəsində fermentin mitoxondrial aktivliyinin baza səviyyəsinin aşağı düşməsinə baxmayaraq, məşq nəticəsində mitoxondrilərdə birdəfəlik fiziki yüklə induksiya olunan aktivliyin üzə çıxması müşahidə olunur. (Məşqsiz heyvanlarda hər iki əzələ növündə mitoxondrial aktivliyin fiziki yüklə induksiyası qeyd olunmayıb).

Məşqli heyvanların skelet əzələlərində GPO-nın sitozol aktivliyinin fiziki yükə reaksiyasında spesifiklik üzə çıxır. Ağ əzələdə sitozol fraksiyasının qlütationperoksidaza aktivliyinin sakitlik halına uyğun baza səviyyəsi məşq yüklərinin təsirindən etibarlı olaraq yüksəlsə, qırmızı əzələdə bu müşahidə olunmur. Lakin birdəfəlik fiziki yükə reaksiyada fermentin sitozol aktivliyi ağ əzələdə qeyd olunmursa, qırmızı əzələdə məşq nəticəsində birdəfəlik fiziki yükə belə reaksiya yaranır. Beləliklə xroniki fiziki yüklənmənin təsiri altında həm ağ əzələdə, həm də qırmızı əzələdə mitoxondrilərdə GPO-nın aktivliyinin aşağı düşməsi müşahidə olunur. Sitozol fraksiyasında GPO-nın aktivliyinin ağ əzələdə yüksəlməsi baş verir, lakin qırmızı əzələdə fermentin baza səviyyəsi dəyişməz qalır.

4. Fiziki yüklərin skelet əzələlərində reduksiya olunmuş tiollara təsiri

Toxumalarda yaranan oksidant xarakterli birləşmələrin təsiri altında ilk növbədə oksidləşməyə məruz qalan antioksidant kimi fəaliyyət göstərən birləşmələr SH-grupları olan tiollardır. Özləri oksidləşərək onlar bununla digər mövcud vəziyyətdə daha mühüm (həyati vacib) funksional qrupları

və bütövlükdə molekulları oksidləşmədən qoruyurlar. Təbii ki, fizioloji oksidativ stres faktoru olan fiziki yüklərin orqanizmə, başlıca olaraq skelet əzələlərinə təsiri də sonuncuların tiol tərkibinə müdaxilə etməyə bilməz. Buna görə də əzələlərin tərkibinə daxil olan tiolların onların subfraksiya mənsubiyyətindən asılı olaraq fiziki yüklərə reaksiyasının öyrənilməsi, sürət tipi ilə fərqlənən əzələlərdə bu reaksiyanın xüsusiyyətlərinin üzə çıxarılması, orqanizmin məşqlilik səviyyəsindən asılı olub-olmaması məsələləri maraq doğurur. Əvvəllər skelet əzələlərində və digər orqanlarda kəskin və xroniki fiziki yüklərin təsiri altında sitoplazmatik səviyyədə müxtəlif növ tiollardan ibarət reduksiyaedici mühitin tədqiqatının laboratoriyada digər bir tədqiqatçı tərəfindən (Керимова, 2007) öyrənildiyini nəzərə alaraq, biz eyni skelet əzələlərinin (ağ və qırmızı *gastrocnemius*) mitoxondrial fraksiyasında fiziki yüklərin tiol birləşmələrinə təsirinin tədqiqatını qarşımıza qoyduq. OAF və onların müxtəlif törəmələrinin yaranmasının başlıca mənbəyinin tənəffüs zənciri olduğunu nəzərə alsaq, onda fiziki yüklərin mitoxondrial tiollara təsirinin əhəmiyyətinin nə dərəcədə böyük olması aydın olar.

Kəskin və xroniki fiziki yüklərin təsiri altında ağ siçovulların *gastrocnemius* əzələsinin ağ və qırmızı hissələrinin mitoxondrial fraksiyasında ümumi, asan təyin olunan (kiçik molekullu və zülalların səthində yerləşən SH-grupların cəmi) və gizli zülal tiollarının reduksiya olunmuş formasının kəmiyyətində əzələ lifinin növündən (qlikolitik və ya oksidativ) asılı olaraq dəyişiklikləri aşkar olunmuşdur (cədv.4).

Müntəzəm fiziki məşqlərə məruz qalmayan siçovullarda birdəfəlik kəskin fiziki yükə cavab olaraq ağ əzələdə ümumi tiolların miqdarı dəyişmir. Lakin qırmızı əzələdə ümumi tiolların miqdarı fiziki yükə cavab olaraq əhəmiyyətli dərəcədə, 67,8%, artır ($p < 0,05$). Ağ əzələdə mitoxondrilərdə ümumi tiolların miqdarı 4 həftə müddətində xroniki fiziki yüklənmələr nəticəsində bir qədər aşağı səviyyə göstərir; məşqsiz heyvanlara nisbətən sakitlik halına uyğun baza səviyyəsi 22,6% azdır, lakin bu fərqin etibarlılıq dərəcəsi qənaətbəxş deyil ($p > 0,05$). Əksinə, qırmızı əzələdə mitoxondrilərin ümumi tiollarının miqdarı xroniki yüklərin nəticəsində bir qədər yüksəlir (28,2%), ancaq burada da fərq etibarlı deyil ($p > 0,05$).

Məşqli heyvanların kəskin fiziki yükə reaksiyasına gəldikdə, burada məşqsiz heyvanlara nisbətən fərqli nəticə alınır. Ağ əzələdə mitoxondrial tiolların ümumi miqdarı birdəfəlik fiziki yükün təsirindən kəskin azalır (62,8%, $p < 0,01$), qırmızı əzələdə isə bu göstəricinin dəyişməsinin xarakteri

saxlanılır, yəni yüksəlmə var, lakin onun kəmiyyəti (31,5%) aşağıdır və etibarlılığı kafi deyil ($p>0,05$).

Cədvəl 4

Fiziki yüklənmənin təsiri altında ağ siçovulların skelet əzələlərində (*m.gastrocnemius*) mitoxondrial tiolların qatılığının dəyişməsi (nmol/100 mq_{toxuma})

Əzələnin növü	Məşqsiz heyvanlar		Məşqli heyvanlar	
	Sakitlik halı	Fiziki yükəndən sonra	Sakitlik halı	Fiziki yükəndən sonra
	Ümumi tiollar			
Ağ əzələ	148,0±15,1	144,0±15,4	114,5±12,1	42,6±5,1**
Qırmızı əzələ	112,3±13,8	188,5±19,3*	144,0±16,0	189,4±20,2
	Asan təyin olunan (matriks) tiollar			
Ağ əzələ	57,9±7,0	80,5±9,5	40,0±5,2 [#]	17,0±2,4*
Qırmızı əzələ	57,0±6,2	122,1±13,2**	83,1±9,0 [#]	104,0±12,0
	Gizli zülal tiolları			
Ağ əzələ	90,1±22,1	63,5±24,9	74,5±17,3	25,6±7,5*
Qırmızı əzələ	55,3±20,0	66,4±32,5	60,9±25,0	85,4±32,2

Mitoxondrilərdə asan təyin olunan tiolların (matriks tiollarının) və zülalların strukturunda gizlənmiş SH-qrupların tədqiq olunan skelet əzələlərində tətbiq olunan kəskin və xroniki fiziki yüklərə reaksiyasını ümumiləşdirərək, belə nəticəyə gəlmək olar ki, əsasən qlikolitik liflərdən ibarət ağ əzələdə xroniki yüklənmə fonunda fiziki yükə cavab olaraq mitoxondrial tiolların oksidləşməsi, oksidativ qırmızı əzələdə isə reduksiya prosesləri üstünlük təşkil edir.

5. Fiziki yüklərin skelet əzələləri və digər əlaqəli orqanlarda reduksiya olunmuş qlütationun miqdarına təsiri

Bu bölmədə ağ siçovulların qlikolitik (ağ əzələ) və oksidativ (qırmızı əzələ) növ skelet əzələlərində və digər əlaqəli orqanlarda - ürək əzələsində, qaraciyərdə və qanın plazmasında - xroniki və birdəfəlik fiziki yüklərin təsiri altında reduksiya olunmuş qlütationun dəyişmələrinin öyrənilməsinin nəticələri təqdim edilib (cədv.5).

Alınan nəticələrin qısa xülasəsi belədir. Bütün tədqiq edilən toxumalarda qlütationun submaksimal xarakterli 4-həftəlik xroniki fiziki yüklərə adaptiv reaksiyası üzə çıxarılmışdır. Qırmızı skelet əzələsində və ürək əzələsində xroniki yüklərin təsirindən qlütationun baza səviyyəsi (sakitlik halına uyğun) aşağı düşür, ağ əzələ, qaraciyər və plazmada bu

səviyyə yüksəlir. Məşqli orqanizmin (xroniki yükə məruz qalmış) birdəfəlik fiziki yükə reaksiyası ağ əzələ, qaraciyər və plazmada qlütationun miqdarının azalması ilə, qırmızı əzələ və ürək əzələsi isə onun yüksəlməsi ilə səciyyələnir. Oksidativ əzələlərdə reduksiya olunmuş qlütationun akkumulyasiyasının o cümlədən plazmanın hesabına baş verdiyi ehtimal edilir. Nəticələr orqanizmin fiziki işə adaptasiyası zamanı kəskin fiziki yükə reaksiyada oksidləşdirici zədələnmələrə məruz qalma ehtimalın yüksək olduğu orqanların belə təhlükənin aşağı olduğu orqanlara nisbətən qlütationu daha çox toplaması müddəası irəli sürülür.

Cədvəl 5

Fiziki yüklənmələrin təsiri altında ağ siçovulların skelet əzələlərində (*m.gastrocnemius* əzələsinin ağ və qırmızı hissələrində) və digər orqanlarda reduksiya olunmuş qlütationun qatılığının dəyişməsi (nmol/mq_{zülal}), M±m, n=6

Toxumalar	Məşqsiz heyvanlar		Məşq etmiş heyvanlar	
	Sakitlik	Fiziki yükədən sonra	Sakitlik	Fiziki yükədən sonra
Ağ əzələ	9,7±1,1	8,9±0,9	14,5±1,5 [#]	11,1±1,0
Qırmızı əzələ	12,5±1,4	8,4±0,9*	8,1±0,9 [#]	13,5±1,4*
Ürək əzələsi	13,9±1,5	9,5±0,9*	9,5±0,9 [#]	15,3±1,6*
Qaraciyər	11,6±1,2	8,5±0,9	19,8±2,1 [#]	12,1±1,3*
Plazma	5,1±0,7	7,8±0,8*	8,6±0,9 [#]	6,5±0,7

Sirkulyasiya edən reduksiya olunmuş qlütationun əsas mənbəyinin qaraciyər olduğu məlumdur. Qaraciyərdə qlütation endogen ya da qida ilə daxil olan amin turşularından sintez olunur və sonra plazmaya keçərək müxtəlif funksiyaları yerinə yetirmək üçün orqanlara çatdırılır. Skelet əzələlərinin, ürək əzələsinin onların təqəllüs fəaliyyətini müşayiət edən oksidativ stresə qarşı mübarizə üçün effektiv antioksidant kimi reduksiya olunmuş qlütationa tələbatı çoxdur. Ancaq plazma vasitəsilə daxil olan qlütationun istifadəsindən əlavə əzələlər özləri qlütationu γ -qlutamil tsikli hesabına sintez etmək qabiliyyətinə malikdirlər və müəyyən şəraitlərdə plazmadakı qlütationun əlavə mənbəyi kimi rol oynayırlar. Qlütationun əzələlərdəki sərfi ilə onun əzələlərdən qana ötürülməsi arasındakı balans, ehtimal etmək olar ki, orqanizmin fiziki aktivliyinin səviyyəsindən (ola bilsin, skelet əzələlərinin aktivliyindən) asılıdır ki, bu da öz növbəsində və o cümlədən oksidativ zədələrdən qorunmaq üçün antioksidant sistemin vəziyyəti ilə əlaqəlidir və ya təyin olunur.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Xroniki fiziki yükün (submaksimal xarakterli) təsiri altında skelet əzələlərində superoksiddismutaza fermentinin subfraksiya aktivliklərinin adaptiv dəyişmələri üzə çıxarılıb: fermentin mitoxondrial aktivliyinin xroniki yüklə induksiyası qırmızı əzələyə nisbətən ağ əzələdə özünü daha aydın göstərir. Sitozolik superoksiddismutaza aktivliyinin xroniki yüklə modifikasiyası özünü yalnız qırmızı əzələdə birdəfəlik fiziki yüklə induksiya olunan aktivliyin azalmasında biruzə verir.
2. Sürət tipindən (ağ və ya qırmızı əzələ) asılı olmayaraq skelet əzələlərində qlütationreduktazanın mitoxondrial aktivliyi xroniki fiziki yükün təsiri ilə adaptiv yüksəlməyə uğrayır, sitozolik qlütationreduktaza aktivliyinin xroniki yüklə adaptiv yüksəlməsi yalnız ağ əzələ üçün müşahidə edilir. Birdəfəlik submaksimal fiziki yükün skelet əzələsində (həm ağ, həm də qırmızı əzələdə) GR-nın mitoxondrial aktivliyinə zəiflədici təsiri üzə çıxarılıb, xroniki fiziki yükün aktivliyin dəyişməsinin xarakterinə təsiri olmadığı göstərilir. QR-nın sitoplazmatik aktivliyinin kəskin fiziki yükə (hər halda təcrübələrdə istifadə edilən submaksimal şiddətli barabanda qaçış yükünə) reaksiyası adaptiv dəyişikliyə uğramır.
3. Məşq yüklərinin (submaksimal yüklərə qədər) təsiri altında ağ və qırmızı əzələlərin mitoxondrial fraksiyasında qlütationperoksidaza aktivliyinin birdəfəlik yüklə induksiya olunan aktivliyi yaranır. Ağ əzələdə sitozol fraksiyasının GPO aktivliyinin sakitlik halına uyğun baza səviyyəsi yüksəlir, lakin birdəfəlik yükə reaksiya müşahidə olunmur. Qırmızı əzələdə isə fermentin sitozolik aktivliyinin baza səviyyəsi dəyişmir, ancaq birdəfəlik yüklə induksiyası üzə çıxır.
4. Əsasən qlikolitik liflərdən ibarət ağ əzələdə xroniki yüklənmə fonunda birdəfəlik fiziki yükə cavab olaraq mitoxondrial tiolların oksidləşməsi, oksidativ qırmızı əzələdə isə reduksiya prosesləri üstünlük təşkil edir.
5. Skelet əzələləri və digər daxili orqanlarda reduksiya olunmuş qlütationun xroniki fiziki yüklərə adaptiv reaksiyası üzə çıxarılmışdır. Qırmızı skelet əzələsində və ürək əzələsində xroniki yüklərin təsirindən qlütationun baza səviyyəsi (sakitlik halına uyğun) aşağı düşür, ağ əzələ, qaraciyər və plazmada bu səviyyə yüksəlir. Məşqli orqanizmin birdəfəlik fiziki yükə reaksiyası ağ əzələ, qaraciyər və plazmada qlütationun miqdarının azalması ilə, qırmızı əzələ və ürək əzələsi isə

onun yüksəlməsi ilə səciyyələnir. Oksidativ əzələlərdə reduksiya olunmuş qlütatınun akkumulyasiyasının o cümlədən plazmanın hesabına baş verdiyi ehtimal edilir.

6. İntensiv əzələ fəaliyyətinə adaptasiya prosesi skelet əzələlərində antioksidant müdafiə sisteminin tərkib hissələrinin adaptiv dəyişmələri ilə müşayiət olunur: antioksidant adaptasiya əzələnin sürət tipindən asılıdır, subhüceyrə xüsusiyyətlərinə görə fərqlənir. Antioksidant aktivliyin fiziki yükün təsiri ilə tənzimlənməsində həm posttranskripsion, həm də posttranslyasion mexanizmlərin iştirakı mümkündür.

Dissertasiyanın mövzusu üzrə çap olunmuş əsərlərin siyahısı:

1. Hacıyev Ə.M., Rzayev Z.B., Həsənova A.K. Əzələlərin fiziki yüklənmələrə antioksidant reaksiyası // Bədən Tərbiyəsi və İdman Akademiyasının Elmi Xəbərləri. Bakı: ADBTİA, 2009, №1, s.56-62
2. Рзаев З.Б., Гаджиев А.М. Влияние острых и хронических физических нагрузок на содержание глутатиона в мышцах, печени и плазме // Вестник молодых ученых Дагестана, 2009, №2, С.181-189
3. Рзаев З.Б., Гаджиев А.М. Антиоксидантные изменения в мышцах и печени под влиянием острых и хронических физических нагрузок // Научный вестник академии физической культуры и спорта. Баку: АзГАФКС, 2009, №2, стр. 59-64
4. Rzayev Z.B. Skelet əzələlərinin superoksiddismutaza aktivliyi: mitoxondrial və sitoplazmatik izoformların fiziki yükə reaksiyası // AMEA A.İ.Qarayev ad. Fiziologiya institutunun və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin elmi əsərlərinin külliyyatı, 2010, T.28, S.80-83
5. Гаджиев А.М., Рзаев З.Б. Адаптивные изменения активности супероксиддисмутазы скелетных мышц при действии физических нагрузок на организм. «Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды» / Материалы III Международной научно-практической конференции «Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды, 22-23 ноября, 2010, Челябинск, 2010, С.44-47
6. Rzayev Z.B. İdman məşqlərinin orqanizmin antioksidant müdafiə qabiliyyətinə təsiri / Gənc alimlərin I Respublika innovativ ideya yarmarkası, 18-23 noyabr 2010, Bakı, 2010, s.94

7. Rzayev Z.B. Fiziki yüklərin təsiri altında skelet əzələlərində mitoxondrial tiolların dəyişmələri // AMEA A.İ.Qarayev ad. Fiziologiya institutunun və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin elmi əsərlərinin külliyyatı, 2011, T.29, S.117-122
8. Rzayev Z.B. Fiziki yüklənmə zamanı skelet əzələlərində superoksidanion radikallarına qarşı fermentativ müdafiənin xüsusiyyətləri / Bədən tərbiyəsi və idman sahəsində aparılan elmi-tədqiqat işlərinə həsr edilmiş konfransın materialları (3 fevral 2011-ci il). Azərbaycan DBTİA, Bakı, 2011, s.113-118
9. Гаджиев А.М., Рзаев З.Б., Абиев Г.Ш. О природе медленной компоненты потребления кислорода организмом при интенсивных физических нагрузках // Теория и практика физической культуры и спорта (Москва), 2012, №1, С.15-20
10. Rzayev Z.B. Skelet əzələlərində qlütationreduktaza fermentinin subfraksiya aktivliklərinə fiziki yüklərin təsiri // AMEA A.İ.Qarayev ad. Fiziologiya institutunun və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin elmi əsərlərinin külliyyatı, 2012, T.30, S. 143-148
11. Rzayev Z.B., Ağayeva S.E., Əliyev S.A. Fiziki yükün skelet əzələlərində qlütationperoksidazanın aktivliyinə normada və selen əlavəsi fonunda təsiri // Pedaqoji Universitet xəbərləri. Təbiət elmləri bölməsi, 2013, №1, S.410-416
12. Hacıyev Ə.M., Rzayev Z.B. Skelet əzələlərində antioksidant fermentlərin subhüceyrə aktivliyinin fiziki yükə reaksiyasının xüsusiyyətləri // AMEA A.İ.Qarayev ad. Fiziologiya institutunun və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin elmi əsərlərinin külliyyatı, 2013, T.31, S. 94-102

З.Б.Рзаев

Субклеточные особенности антиоксидантных реакций скелетных мышц на физические нагрузки

Резюме

Диссертационная работа посвящена изучению субклеточных особенностей изменений различных компонентов антиоксидантной системы скелетных мышц при действии на организм физических нагрузок. На белых крысах исследовались активность ферментных антиоксидантов супероксиддисмутазы (СОД), глутатионредуктазы (ГР) и глутатионпероксидазы (ГПО), а также содержание различных восстановленных тиолов в митохондриальной и цитозольной фракциях белой и красной частей скелетной мышцы *m.gastrocnemius* в ответ на применение физических нагрузок. Показано, что у крыс, подверженных хронической нагрузке в течение 4-х недель (бег в барабане со скоростью 25 м/мин ежедневно по 30 мин), адаптивная индукция митохондриальной активности СОД в белой мышце проявляется более отчетливо, чем в красной мышце. Для митохондриальной ГР выявлено адаптивное увеличение активности в скелетной мышце независимо от её скоростных качеств, тогда как активность в цитозольной фракции испытывает адаптивный рост активности только в белой мышце. Под действием тренировочных нагрузок ГПО в митохондриях белой и красной мышц обнаруживает индуцируемую однократной нагрузкой активность. Увеличивается соответствующая состоянию покоя базовая ГПО-ная активность цитозоли белой мышцы, однако не наблюдается реакция активности на однократную нагрузку. В то же время, в красной мышце базовый уровень цитозольной активности фермента не меняется, хотя проявляется индукция однократной нагрузкой. На фоне хронической тренировки в белой мышце реакция на однократную нагрузку сопровождается преобладанием окисления митохондриальных тиолов, а в красной – их восстановления. Результаты работы указывают на то, что участие компонентов антиоксидантной системы скелетных мышц в адаптации к физическим нагрузкам должно рассматриваться с учетом типа мышц (оксидативный или гликолитический) и субклеточной принадлежности ферментов.

Z.B.Rzayev

Subcellular peculiarities of skeletal muscles' antioxidant reactions in response to physical exercise

Summary

Dissertation theme has dedicated to the study of subcellular peculiarities in changes of different antioxidant components for skeletal muscles during physical exercise. In rats, the activity of enzyme antioxidants superoxide dismutase (SOD), glutathione reductase (GR) and glutathione peroxidase (GPO) as well as reduced thiols content in both mitochondrial and cytosolic fractions of white and red portions of *m.gastrocnemius* have been tested in response to chronic and acute exercise. For rats exposed to chronic exercise for 4 week (running with speed of 25 m/min), in white muscle preferentially composed of glycolitic fibers, adaptive induction of mitochondrial SOD activity by chronic training was more obvious than red muscle which consists preferentially oxidative fibers. However mitochondrial SOD activity induction by acute exercise in red muscle was displayed more strongly than in white muscle. GR activity in mitochondria has been shown to increase significantly for both white and red muscles after chronic training, but activity in cytosolic fraction has been shown to increase after chronic training for only white muscle. Chronic training of rats resulted in induced activity by acute exercise for mitochondrial GPO in both white and red muscles. Base cytosolic level of GPO activity corresponding to rest of white muscle increases with training, but reaction to acute exercise didn't appeared. In red muscle, base cytosolic GPO activity was not changed with training, while induction of activity to acute exercise was observed. For chronically trained rats' white muscle preferentially composed of glycolitic fibers, oxidation processes of mitochondrial thiols prevail over reduction ones in response to acute exercise. And for red muscle, the reduction processes of mitochondrial thiols have superiority. It suggested that there is some specificity in antioxidant adaptation of skeletal muscles with different rate type (slow or fast) in dependence of chronic exercise character. The results indicate that participation of skeletal muscle antioxidant system components in adaptation to exercise must be considered with account of muscle type (oxidative or glycolitic) and subcellular belonging of enzymes.

ŞƏRTİ İŞARƏLƏRİN SİYAHISI

GPO - qlütationperoksidaza

GR - qlütationreduktaza

NADPH - nikotinamidadenindinükleotidfosfat

NST - nitrozoliy tetrazolieviy

OAF – oksigenin aktiv formaları

SOD - superoksiddismutaza

s-SOD (CuZn-SOD) - sitozolik SOD

m-SOD (Mn-SOD) - mitoxondrial SOD

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ им. А.И.КАРАЕВА**

На правах рукописи

РЗАЕВ ЗАУР БАЛАРЗА оглу

**СУБКЛЕТОЧНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНТИОКСИДАНТНЫХ
РЕАКЦИЙ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ НА ФИЗИЧЕСКИЕ
НАГРУЗКИ**

2401.11 – Физиология человека и животных

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание научной степени доктора философии по
биологическим наукам

БАКУ - 2014