

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

---

Əlyazma hüququnda

**AĞAYEVA SAMİRƏ ELDAR QIZI**

**ƏZƏLƏ FƏALİYYƏTİNDƏ ANTIOKSIDANTLARIN ROLU**

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**

**BAKI - 2016**

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Bədən Tərbiyəsi və İdman Akademiyasında yerinə yetirilib.

**Elmi rəhbər:**

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,  
professor

**Ə.M.HACIYEV**

**Rəsmi opponetlər:**

Biologiya elmləri doktoru, professor  
Biologiya elmləri doktoru

**Ə.H.ƏLİYEV**  
**N.O.QÜDRƏTOV**

**Aparıcı təşkilat:**

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti  
İnsan və heyvan fiziologiyası kafedrası

Müdafiə « 28 » 04 2016-cı 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., 78

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

Avtoreferat « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016-cı il tarixində göndərilib.

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

**Y.O. Bayramova**

## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Problemin aktuallığı.** Hər bir əzələ işi orqanizm tərəfindən oksigen sərfini gücləndirir və artmış oksigen səviyyəsi oksidləşdirici fosforlaşma proseslərində iş üçün daha çox enerjinin yaranmasına istifadə olunur. Lakin, digər tərəfdən, oksigenin miqdarının həddindən yüksək səviyyəsi hüceyrələrin həyat fəaliyyəti üçün təhlükə yaradır; oksigenin yüksək səviyyəsi onun aktiv formalarının yaranma ehtimalını da artırır (*Powers & Jackson, 2008; Гаджувев и др., 2014*). Bu birləşmələr lipidlərlə, zülallarla, nükleinin turşuları ilə reaksiyaya girərək uyğun olaraq hüceyrə membranlarını, zülal-ferment sistemlərini, genetik aparatı zədələyə bilən potensial faktorlardır. Bu nöqteyi-nəzərdən skelet əzələləri üçün oksigenin oksidləşdirici-zədələyici təsiri daha ciddidir, çünki onlarda intensiv fiziki iş zamanı başqa orqanlara nisbətən oksigen sərfi daha kəskin, 100-200 dəfə artır (*Khassaf et al., 2003*).

Əzələlər və digər orqanlar oksigenin aktiv formaları 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 (*Ji, 2008; Musaro et al., 2010*). Lakin bugün tam aydın deyil, orqanizmin endogen antioksidant sistemi fiziki yüklənmələr nəticəsində, xüsusilə də yüksək idman göstəriciləri nümayiş etdirilən yüklənmələrdə, artan sərbəst radikal proseslərlə mübarizə üçün kifayətdirmi, yoxsa orqanizmə əlavə ekzogen antioksidant daxil edilməsi lazımdır?

Son illərdə müxtəlif antioksidant vitaminlərin (C, E), onların qarışıqlarının, selen birləşmələrinin, qlütation, sistein və digərlərinin fiziki yüklənmələrə məruz qalan orqanizmlərə təsirinə öyrənilməsi üzrə müxtəlif tədqiqatlar aparılır və antioksidant əlavələrin işgörmənin yaxşılaşdırılması, bərpa proseslərinin sürətlənməsi haqqında birmənalı olmasa da müxtəlif dəlillər alınır (*Peternej & Coombes, 2011; Hernandez et al., 2012*). Hətta müxtəlif istehsalçılar tərəfindən buraxılan antioksidant əlavələri daha yüksək işgörmə qabiliyyəti, yorucu fiziki məşğələlərdən sonra daha tez və tam bərpa xüsusiyyətləri olduğu haqda reklam yazıları ilə təchiz olunur. Lakin antioksidantların iş qabiliyyətini yüksəltməsinin nəzəri əsasları tam aydın deyil. Tədqiqatların xeyli hissəsi ekzogen antioksidantların işgörməni yaxşılaşdırmaq haqqında mülahizəni təsdiq etmir. Məsələ adətən belə qoyulur ki, idmançı orqanizmi antioksidant əlavəsi ilə oksidləşdirici zədələnmələrin qarşısını almaq imkanı əldə edir, yoxsa zədələnmələrdən

bərpa olunmada onların köməyi lazım gəlir. Bu nöqtəyi-nəzərdən nəticələr bu gün üçün birmənalı deyil. Bununla yanaşı məşqli orqanizmin məşqsiz orqanizmə nisbətən daha az zədələnmələr göstərməsi də məlum faktdır və bu, fiziki məşğələlərin antioksidant müdafiə sistemini yaxşılaşdırmaqla yüklənmələr zamanı yaranan oksidativ hücumun qarşısının alınmasına işarə edir. Lakin güclənmiş antioksidant müdafiənin də yüklənmələrin yaratdığı sərbəst radikalların aradan götürülməsinə kifayət edəcəyi sualı qalır.

Nəzərə alsaq ki, antioksidant əlavələri qəbul edən məşqli idmançılarda daha zəif oksidativ stres müşahidə olunur (ədəbiyyatda belə məlumatlar vardır), onda antioksidant əlavələrinin effektivliyini, onların uzunmüddətli istifadəsinin zərərsizliyini tam üzə çıxarmaq üçün yeni-yeni tədqiqatlar aparılmalıdır.

Beləliklə, fiziki yüklənmələrin həm xroniki, həm də kəskin şəraitdə təsirindən orqanizmin antioksidant müdafiə sisteminin necə dəyişməsi, gələcək daha yüksək yüklənmələrə uyğunlaşma proseslərinin necə getməsi və, nəhayət, antioksidant əlavələrin modulyasiyaedici təsirlərinin öyrənilməsi həm fundamental, həm də praktik nöqtəyi-nəzərdə çox maraqlı və vacib tədqiqat mövzudur.

***Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.*** Dissertasiya işinin əsas məqsədi fiziki yüklənmələrə orqanizmin endogen oksidant və antioksidantlarının reaksiyasının, onların adaptasiya xüsusiyyətlərinin təhlili və ekzogen antioksidantlar fonunda onların modifikasiyasının öyrənilməsi olmuşdur.

Tədqiqat işinin məqsədinin yerinə yetirilməsi üçün aşağıdakı məsələlərin həlli həyata keçirilmişdir:

1) Fiziki yüklənmələrin təsiri altında skelet əzələləri və digər orqanlarda oksigenin aktiv formalarının yaranma mənbələrinin səciyyəyəndirilməsi, fiziki işin xarakterindən asılı olaraq onların induksiya olunmasında xüsusiyyətlərin üzə çıxarılması;

2) Xroniki və kəskin fiziki yüklərin skelet əzələlərində və qaraciyərdə lipid peroksidləşməsi prosesinin intensivliyinə təsirinin eksperimentdə tədqiqi;

3) Skelet əzələləri və digər orqanlarda endogen antioksidantların (ferment və qeyri-ferment) təsnifatının aparılması, onların fiziki yüklərə reaksiyası və xroniki yüklənmələrə adaptasiyası mexanizmlərinin araşdırılması, işin xarakteri ilə bağlı xüsusiyyətlərin üzə çıxarılması;

4) Bəzi antioksidant maddələrin (C və E vitaminlərinin) qəbulunun skelet əzələsində və qanda fiziki yüklərə oksidant və antioksidant reaksiyalara təsirinin eksperimentdə tədqiqi;

5) Selen əlavəsinin eksperimentdə fiziki yükə fermentativ antioksidant reaksiyaya və bəzi funksional göstəricilərə təsirinin tədqiqi.

**Elmi yenilik.** Tədqiqat işində ümumi fiziologiya və idman fiziologiyası üçün aktual olan adaptasiya problemi çərçivəsində intensiv əzələ fəaliyyətinin orqanizmin oksidant-antioksidant qarşılıqlı münasibətlərinə təsirinin xüsusiyyətləri öyrənilmişdir. Fiziki yüklərin təsiri altında orqanizmdə, xüsusilə skelet əzələlərində oksigenin aktiv formalarının və digər sərbəst radikalların yaranma mənbələrini, oksidantların xarakteristikasını, oksidativ stres vəziyyətini, antioksidant müdafiə mexanizmlərini, onların adaptasiyada iştirakını tədqiq edən çoxsaylı ədəbiyyat mənbələrinin analizi aparılmış və fiziki yüklə induksiya olunan OAF və SR-la orqanizmi təmin edən əsas mənbənin skelet əzələləri olduğu, skelet əzələlərində mitoxondrilərin elektron-nəqliyyat zəncirinin OAF-nın ilkin nümayəndəsi superoksid anionun üstün mənbəsi kimi səciyyələndirilməsinin müxtəlif müəlliflərin gəldiyi konsensus kimi qiymətləndirilmişdir. Skelet əzələlərinin fiziki yüklərin yaratdığı yüksək oksidativ stres vəziyyətinə endogen antioksidantların, o cümlədən ferment antioksidantların (SOD, GPO) adaptasiya olunması, başqa sözlə fiziki yükün yüksək səviyyəsinə antioksidant adaptasiya imkanları olduğu haqda müddəlar irəli sürülmüşdür. Çox vacibdir ki, bugün insan sağlamlığının stabilliyi, onun möhkəmləndirilməsi üçün qida əlavələri kimi qəbul olunan ekzogen antioksidantların fiziki yükün orqanizmdə, eləcə də skelet əzələlərində oksidativ effektlərinə və antioksidant reaksiyaya necə təsir etdiyi tədqiq edilmişdir və vitamin C və E-nin misalında göstərilmişdir ki, fiziki məşq yüklərinin müsbət effektinin ekzogen antioksidantlarla qarşısı alınır. Tədqiqatın nəzəri və eksperimental nəticələri insan və heyvan fiziologiyasında adaptasiya məsələlərinə yeni dəlillər verir və bununla yanaşı idman fiziologiyasında fiziki hazırlığın, əsasən də xüsusi fiziki hazırlığın qiymətləndirilməsi meyarlarının işlənməsi üçün fundamental əsas yaradır.

**Praktiki əhəmiyyət.** Son 1-2 onillikdə redoks-biologiya (başqa sözlə, oksidləşmə-reduksiya biologiyası) adlanan yeni elm sahəsində fiziki

məşğələlərin orqanizmə təsiri və əksinə orqanizmin fiziki işi daha tez, daha effektiv yerinə yetirməsi imkanlarının yüksəldilməsi üzrə böyük proqres müşahidə olunur ki, bu da birbaşa idman fiziologiyasına töhfələrin verilməsi ilə bağlıdır. İntensiv əzələ fəaliyyətində antioksidantların rolunu araşdıran tədqiqat işimizdə fiziki yükün təsiri zamanı skelet əzələlərində yaranan oksidant birləşmələrlə antioksidantlar arasında tarazlığın pozulmasının hüceyrə strukturlarının zədələnməsinə səbəb olması ilə yanaşı, həmin oksidant faktorun müəyyən səviyyəsinin fiziki yükə əzələnin adaptasiyasına gətirməsi məsələləri açıqlanmışdır. Ekzogen antioksidant maddələrin fiziki yükün oksidant-antioksidant qarşılıqlı münasibətlərinə təsirinin eksperimental tədqiqinin nəticələri fundamental əhəmiyyəti ilə yanaşı mühüm tətbiqi nəticə kimi qiymətləndirilməlidir: fiziki məqlərin orqanizmə verdiyi müsbət effektlərin (o cümlədən, skelet əzələlərinin antioksidant reaksiyasının yüksəlməsi effektinin) ekzogen antioksidantlarla modifikasiya edilməsi nəticəsi praktiki idmanda özünə yer tutmaya bilməz. Tədqiqat işi ümumi fiziologiyaya, eləcə də idman fiziologiyasına hazırda müəyyən töhfələr verməklə yanaşı, gələcək tədqiqatlar üçün yeni məsələlərin həllinə istiqamət verir; orqanizmin məşqlilik səviyyəsindən, məşq yüklərinin xarakterindən asılı olaraq qəbul edilən antioksidant əlavələrin dozalarının tənzimlənməsi yollarının, ekzogen antioksidantların fonunda intensiv fiziki yüklərdən sonra bərpanın xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi və s. tətbiqi fizioloji əhəmiyyəti olan məsələlərdir.

### ***Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:***

1. Skelet əzələləri fiziki yüklər zamanı orqanizmdə oksigenin aktiv formalarının (superoksid anion, hidrogen peroksidi, hidroksil radikalı) və digər sərbəst radikalların produksiyasının güclənməsinə səbəb olan əsas mənbədir, mitoxondrilərdən “sızan” superoksid anion radikalları digər mənbələrə (ksantinoksidaza reaksiyası, NADPH-oksidaza) nisbətən üstünlük təşkil edir.

2. Skelet əzələlərinin endogen antioksidantları (ferment və qeyri-ferment) xroniki fiziki yüklərin təsiri altında adaptiv dəyişikliklərə uğrayırlar ki, bu dəyişikliklər əzələ komponentlərinin oksidativ zədələnmələrdən qorunmasını təmin edir. İntensiv fiziki yüklərə antioksidant adaptasiyanın həyata keçməsi üçün siqnal rolunu fiziki yüklə induksiya olunan fizioloji oksidativ stres vəziyyəti oynayır.

3. Ekzogen antioksidantların qəbul edilməsi xroniki məşq yüklərinin skelet əzələlərində yaratdığı adaptiv antioksidant reaksiyanı zəiflədə bilir və bununla fiziki məşqin müsbət effektini aradan götürür.

**İşin aprobasiyası.** Dissertasiya işinin əsas materialları aşağıdakı elmi konfrans və simpoziumlarda məruzə edilmişdir:

- “Bioloji sistemlərin mühitin təbii və ekstremal faktorlarına adaptasiyası” III Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans. 22-23 noyabr 2010-cu il, Çelyabinsk, RF, 2010;

- “Olimpiya idmanı və idman hamı üçün” XV Beynəlxalq elmi konqres. 12-15 sentyabr 2011-ci il, Kişinyov, Moldova, 2011;

- Gürcüstan İ.Beritaşvili adına Fizioloqlar Cəmiyyətinin 3-cü Milli Kongresi. 26-28 sentyabr 2013-cü il. Tbilisi, 2013;

- “Olimpiya idmanının fizikası, kimyası, və fəlsəfəsi” Beynəlxalq elmi konfrans. 16-19 oktyabr 2014-cü il, ADBTİA, Bakı, 2014;

- Bədən tərbiyəsi və idman sahəsində aparılan elmi-tədqiqat işlərinə həsr edilmiş konfranslarda (ADBTİA, 2011-2012).

**Çap olunmuş əsərlər.** Dissertasiya mövzusu üzrə 17 elmi əsər çap olunmuşdur.

**Dissertasiyanın strukturu və həcmi.** Dissertasiya işi 168 kompüter mətni səhifəsində tərtib olunub, girişdən, ədəbiyyat icmalından, obyekt və tədqiqat üsullarının təsvirindən, tədqiqatların nəticələrindən, onların müzakirəsindən, əsas nəticələrdən və istinad edilmiş mənbələrin siyahılarından ibarətdir. İllüstrativ material 11 cədvəl, 17 diaqram şəklində verilib. Ədəbiyyat siyahısı 6-sı azərbaycan, 45-i rus və 301-i ingilis dillərində olan 352 mənbəni əhaqətə edir.

## İŞİN QISA MƏZMUNU

### TƏDQIQATIN OBYEKT VƏ ÜSULLARI

Eksperimental tədqiqat 5, 6-aylıq ağ siçovullar üzərində aparılmışdır. Heyvanlar adi vivarium şəraitində saxlanılmışdır. Xroniki fiziki yüklənmələr üzrə eksperimentdə 2 qrupa bölünmüş heyvanların bir qrupu müntəzəm olaraq 4 həftə müddətində fiziki məşq yükü alıb, digər qrup isə almayıb. 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. Eksperimental şəraitdə qaçma yüklənməsinə uyğunlaşmaq üçün məşq keçməyən qrupun heyvanları həftədə 1 dəfə 10 dəq. müddətində barabanda qaçmağa məruz qoyulublar. Məşqlərin qurtarmasından 1 sutka sonra məşqli qrupun yarısı və məşqsiz qrupun yarısı sakitlik vəziyyətində saxlanmış, digər yarılarna isə birdəfəlik fiziki yüklənmə tətbiq edilmişdir. Bundan dərhal sonra bütün qruplardan olan heyvanlar dekapitasiya edilib. Gastrocnemius skelet əzələsi, onun qırmızı və ağ hissələri uyğun olaraq oksidativ və qlikolitik lifli əzələ tipləri kimi, qaraciyər toxuması və qan plazması təcrübələrdə tədqiq olunub.

Subhüceyrə fraksiyalarının alınması üçün 1000 mq ətrafında əzələ toxumasından istifadə edilmişdir. Mitoxondrilər 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). Subfraksiyalarda qlütationperoksidazanın aktivliyi Paqliya və Valentine tərəfindən irəli sürülmüş metodika ilə (Paglia & Valentine, 1967) təyin edilmişdir. Lipid peroksidləşməsinin intensivliyi malon dialdehidinin (MDA) qatılığına görə qiymətləndirilib. MDA-nın qatılığı tiobarbitur turşusu ilə reaksiyasına əsaslanan əzələ toxumasında Asakawa və Matsushita (1980), qan zərdabında Andreyeva və b. (1988) metodikaları ilə təyin edilib. Ümumi antioksidant aktivliyi tvin-80-nin askorbat-dəmir sistemində malon dialdehidinə qədər oksidləşmə reaksiyasının inhibirləşmə dərəcəsinə görə, ümumi zülalın miqdarı Bredford üsulu ilə təyin edilib.

Tədqiq olunan göstəricilərin sakitlik halı və fiziki yükəndən sonrakı qiymətlərinin, eləcə də məşqsiz və məşqli heyvanlara məxsus qiymətlərinin müqayisəsinin etibarlıq dərəcəsi Stüdentin t-kriterisi əsasında qiymətləndirilmişdir. Nəticələrin statistik analizi AMEA-nın A.İ.Qarayev adına Fiziologiya institutunun "Hüceyrə metabolizminin biofizikası" laboratoriyasında Microsoft Excel (Office-2003) paketi çərçivəsində tərtib edilmiş proqramın vasitəsilə avtomatlaşdırılmış şəkildə həyata keçirilmişdir.



## ***TƏCRÜBƏLƏRİN NƏTİCƏLƏRİ VƏ MÜZAKİRƏSİ***

Son illərdə fiziki məşqgələlərin oksidləşmə-reduksiya biologiyasında əhəmiyyətli inkişaf əldə edilmişdir ki, bu da idman elmləri sahəsi üçün çox vacibdir. Tədqiqatlar göstərir ki, fiziki yüklənmələr oksigenin aktiv formalarının və digər sərbəst radikal xarakterli birləşmələrin yaranmasını gücləndirir. Baxmayaraq ki, oksidant maddələrlə orqanizmin antioksidant “qüvvələri” arasında balansın əhəmiyyətli dərəcədə pozulması orqanizm üçün ziyanlı hədlərə gətirib çıxarır, bir çox tədqiqatların göstərdiyi kimi fiziki yüklənmələr zamanı əmələ gələn reaktiv kimyəvi birləşmələr əzələlərin fiziki fəaliyyətə adaptasiyasında əsas rol oynayır. Bu fəsilə biz fiziki yüklərlə induksiya olunan reaktiv birləşmələrin əsas mənbələrini diqqətə çatdıracağıq, onların, o cümlədən oksigenin aktiv formalarının əsas mənbəyi hesab olunan mitoxondrial tənəffüs zəncirinin, fiziki yüklərə reaksiyasında olan təzadlı məqamları araşdıracağıq. Fiziki yüklənmə zamanı orqanizmdə (əzələlərdə) inkişaf alan sərbəst radikal reaksiyaların markeri kimi lipid peroksidləməsi məhsullarının eksperimentdə öyrənilməsi və bunun tətbiqi əhəmiyyətli nəticələri veriləcək. Sonra antioksidant sistem haqqında ümumi müasir təsəvvürlər, onun ferment və qeyri-ferment tərkib hissələrinin spesifik xüsusiyyətlərinə aid tədqiqat nəticələri açıqlanacaq. Endogen antioksidantlarla yanaşı ekzogen antioksidant əlavələrinin təsiri haqqında nəzəri məlumatlar veriləcək və eksperimentdə C və E vitaminlərin bir ekzogen antioksidant olaraq istifadəsinin endogen antioksidant qabiliyyətinə və oksidativ təsirinə aid nəticələr və onların müzakirəsi təqdim ediləcək.

### *1. Skelet əzələləri və digər orqanlarda oksigenin aktiv formaları və digər sərbəst radikalların yaranma mənbələri və onların fiziki yüklərin təsiri ilə induksiyası və adaptasiyası*

Bu bölmədə əzələ fəaliyyətində iştirak edən reaktiv maddələrin (OAF və onların törəmələrinin) mənbələrinin səciyyələndirilməsi, onların fiziki yüklə bağlı xüsusiyyətləri araşdırılıb. Skelet əzələlərində superoksid anion radikalı bir neçə subhüceyrə kompartimentlərində yaranır və onlardan bəzilərinə fəallıq əzələ işi zamanı yüksəlir. Skelet əzələlərində mitoxondrilər OAF-nın yaranmasında ən birinci yer tutduğu hesab olunur; mitoxondrilərə daxil olan molekulyar oksigenin 2-5%-i birelektronlu

reduksiya hesabına superoksid radikallarının yaranmasına sərf olunur. Bizim təhlilimiz bəzi sübutların olduğunu da göstərir ki, fiziki yükün nəticəsində mitoxondrilərdə superoksid radikallarının produksiyasının nəzəri mülahizələrə uyğun olaraq yüksəlməsinin əksinə dəlillər verir. İşemiya-reperfuziya və endotelial ksantinoksidazanın aktivləşməsi, neytrofillər və iltihab reaksiyaları zamanı, NADPH-oksidadza reaksiyası OAF-nın əmələ gəldiyi mənbələr kimi səciyyələndirilmişdir, onların fiziki yüklə induksiya şərtləri göstərilmişdir.

Baxmayaraq ki, OAF produksiyasının bu mexanizmlərinin bir-birilə necə qarşılıqlı əlaqədə olmasını daha yaxşı başa düşmək ehtiyacı mövcuddur, ancaq onların hansı mexanizmlə işləyən əzələlərin funksiyasına təsir etməsi yaxşı öyrənilmişdir. Sakitlik halında qüvvə yaranması prosesi üçün əzələlərdə OAF birləşmələrin aşağı səviyyəsinin olması kritik vacibdir. Əzələlərin kontraktil fəaliyyəti zamanı OAF produksiyası güclənir. Bir tərəfdən göstərilib ki, həm aerob, həm də anaerob tükədiciləşməyən fiziki yüklər zamanı reaktiv birləşmələrin produksiyası əzələ liflərinin adaptasiyası üçün vacib şərtədir. Bununla yanaşı intensiv fiziki yüklər zamanı OAF produksiyası əzələlərin antioksidant bufer tutumunu aşmağa bilər. OAF birləşmələrin işləyən əzələlərdə toplandığından zülal və lipidlərin oksidləşməsi başqa hadisələrlə yanaşı qüvvə yaranmasının zəifləməsinə, kəskin yorğunluğun inkişafına səbəb ola bilər. Əlavə olaraq intensiv fiziki yükə cavab olaraq həddindən artıq OAF produksiyasının güclənməsi DNT-nin oksidativ modifikasiyasına, neytrofillərin lokomotor və bakterisid aktivliyinin inhibirləşməsinə, T və B limfositlərin proliferasiyasının zəifləməsinə, təbii killer hüceyrələrin passivləşməsinə, hüceyrə membranlarının və digər hüceyrə komponentlərinin zədələnməsinə gətirə bilər.

## *2. Müxtəlif oksigen metabolizminə malik skelet əzələlərində lipid peroksidləşməsinin bir biomarker kimi tədqiqi*

Fiziki yüklərin təsiri altında skelet əzələlərində və qaraciyərdə lipidlərin peroksid oksidləşməsinin məhsulu olan malon dialdehidinin qatılığı öyrənilmişdir. Nisbi sakitlik vaxtı və fiziki yükün təsirindən sonra alınan nəticələr aşağıdakı cədvəldə öz əksini tapmışdır (cədv.1). Məşq müddətinin sonunda lipid peroksidləşməsi səviyyəsinin məşqin əvvəlindəkinə nisbətən sakitlik və birdəfəlik fiziki yükədən sonra vəziyyətlərini səciyyələndirən diaqramlar verilib.

Cədvəl 1

Uzunmüddətli məşq prosesində siçovulların qaraciyər və əzələ toxumasında malon dialdehidinin qatılığının (nmol/q<sub>tox</sub>) dəyişmə dinamikası M+m, n=5

Toxuma	Qaraciyər	Ağ əzələ lifləri ( sürətli)	Qırmızı əzələ lifləri (ləng)
Məşq müddəti			
Kontrol (məşqsiz)	88,4 + 9,9 107,6 + 11,5	51,8 + 6,7 69,3 + 7,4*	67,2 + 7,1 65,7 + 8,4
1 həftəlik məşq	147,3 + 14,7 <sup>#</sup> 200,2 + 19,1*	91,5 + 8,6 <sup>#</sup> 106,7 + 10,5*	81,3 + 7,6 93,0 + 10,7
2 həftəlik məşq	98,7 + 10,5 <sup>#</sup> 118,0 + 10,7*	69,4 + 7,3 <sup>#</sup> 86,4 + 9,5*	78,5 + 8,5 81,0 + 9,5
3 həftəlik məşq	67,4 + 6,5 79,3 + 7,7	52,3 + 4,6 64,5 + 7,3*	53,1 + 5, 9 <sup>#</sup> 58,9 + 6,4
4 həftəlik məşq	76,8 + 8,5 71,6 + 6,9	45,9 + 5,5 59,3 + 6,4	51,0 + 5, 5 <sup>#</sup> 48,6 + 5,4

**Qeyd:**

1- ci sətir nisbi sakitlik halına, 2-ci sətir fiziki yükün təsirindən sonraya aiddir;

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

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

Eksperimentin nəticələrinin təhlili müxtəlif oksigen metabolizmi ilə səciyyələnən toxumalarda, yəni aerobluğun – mitoxondrial tənəffüsün - səviyyəsi ilə fərqlənən əzələ və digər toxumalarda lipid peroksidləşməsinin fiziki yüklərin təsirini səciyyələndirən bir göstərici kimi aşağıdakıları ifadə etməyə imkan verir:

- skelet əzələlərində və qaraciyər toxumasında lipidlərin peroksidləşməsinin səviyyəsi spesifik xüsusiyyətə malikdir və məşqetmə dərəcəsiindən asılı olaraq dəyişikliyə uğrayır. Sabit məşq prosesində əzələ toxumasında nisbi sakitlik halında LPO-nin səviyyəsi məşq etdirilməyən orqanizmlərlə müqayisədə aşağı səviyyədə olur.

- məşq prosesində istifadə olunan yüklərin və tətbiq olunan birdəfəlik fiziki yükün əzələ toxumalarında LPO-nin səviyyəsinə təsiri əzələlərin sürət tipindən asılıdır. Ləng (yavaş) yığılan əzələlərdə (qırmızı, yüksək oksidativ) LPO səviyyəsi sabit məşq yükünün təsirindən xeyli aşağı olur, birdəfəlik yükün təsirindən dəyişilmir. Sürətli yığılan əzələlərdə (ağ,

qlikolitik) LPO-nin səviyyəsi sabit keçən məşqdən sonra dəyişilmir, birdəfəlik yükün təsirindən isə yüksəlir.

- skelet əzələlərin misalında aydın görünür ki, LPO məhsullarının yığılmasının toxumada metabolizmin xarakterindən, yəni əzələnin sürət keyfiyyətindən asılıdır. Qaraciyərdə LPO-nin stasionar səviyyəsi məşq yükləri ilə dəyişmir, eləcə də birdəfəlik yüklə induksiya üzə çıxmır. Buradan belə nəticə çıxarmaq olar ki, mitoxondrilərin əzələ işi zamanı OAF-nın yaranmasında dominantlığı spesifik xarakter daşıyır və əzələnin sürət keyfiyyətindən asılıdır, daha doğrusu, dominantlıq özünü 2-ci tip, yəni sürətli əzələdə göstərir.

- LPO göstəricilərin fiziki hazırlıq səviyyəsinin meyarlarının hazırlanmasında istifadə olunması idman hərəkətlərinin sürət tiplərini nəzərə almaqla tətbiq olunması vacibdir.

- LPO-nin səviyyəsinin xüsusi idman hazırlığı üçün orqanizmin fiziki yüklərə adaptiv reaksiyalarında biomarker rolunun oynaması irəli sürülür.

### *3. Skelet əzələləri və digər orqanlarda endogen antioksidantların (ferment və qeyri-ferment) təsnifatı, onların fiziki yüklərə reaksiyası və uzunmüddətli yüklənmələrə adaptasiyası*

Endogen antioksidant sistemin ferment və qeyri-ferment tərkib hissələrinin təsnifatı aparılıb, onların fiziki yüklərə spesifik reaksiyalara və adaptasiya xüsusiyyətləri göstərilib. Antioksidant fermentlərin izoform müxtəlifliyinin də spesifikliyin üzə çıxmasında rolunun mümkünlüyü vurğulanıb. Bu aspekt skelet əzələlərində fiziki yüklərə antioksidant adaptasiya məsələlərinin öyrənilməsində müxtəlif izoformların aktivliyinin (və ya onların yerləşdiyi subhüceyrə fraksiyalarında aktivliyinin) tədqiqatlarının həyata keçirilməsini ziddiyyətlərin aradan götürülməsi üçün zəruri edir. Hacıyev və Rzayevin (2013) işində ağ və qırmızı skelet əzələlərində superoksiddismutaza, qlütationreduktaza və qlütationperoksidazanın aktivliklərinin xroniki yüklə induksiyasında fermentin subhüceyrə mənsubiyyətinə görə spesifikliyi üzə çıxarılıb. Göstərilib ki, antioksidant fermentlərin 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.

Endogen antioksidant sisteminin tərkib hissələrinin – antioksidant fermentlərin və qeyri-ferment antioksidant birləşmələrin – fiziki yüklərə

adaptiv reaksiyalarının özünəməxsus xüsusiyyətlərinin, onların tənzimlənmə mexanizmlərinin öyrənilməsi adaptasiya məsələlərinin həlli üçün vacibdir, lakin eyni zamanda ekzogen antioksidantların bu proseslərdə rolunun aydınlaşdırılması molekulyar fizioloji yollarla və qidalanma vasitəsilə hüceyrələrin, bütövlükdə orqanizmin adaptasiya imkanlarının artırılmasında düzgün strategiyanın inkişaf etdirilməsi problemi də yeni tədqiqatlar tələb edir.

#### 4. Ekzogen antioksidantların skelet əzələsində və qanda fiziki yüklərə oksidant və antioksidant reaksiyalara təsiri

Vitamin C əlavəsinin skelet əzələsində və qan plazmasında fiziki yükə oksidant və antioksidant reaksiyalara təsiri. İntensiv fiziki yüklərin təsirinə məruz qalan orqanizmə kənardan əlavə antioksidantlar lazımdır və onlar endogen antioksidant sisteminə və onun adaptasiyasına təsir edəcək? Aşağıda ağ siçovullar üzərində in vivo vitamin C və E əlavələrinin qanda və skelet əzələsində fiziki yüklərin təsiri altında oksidant və antioksidant göstəricilərdə yaranan dəyişikliklərə necə təsir etməsini üzə çıxaran tədqiqatımızın nəticələri təqdim edilmişdir (cədv.2).

Cədvəl 2

Vitamin C əlavəsinin siçovullarda skelet əzələsində və plazmada LPO və ÜAA-nin səviyyələrinə fiziki yükdən əvvəl və sonra təsiri

Toxuma	Vitamin C-nin miqdarı (mkq/ml plazma üçün; mkq/q əzələ tox. üçün)		Malon dialdehidinin qatılığı, (nmol/mq <sub>üzələ</sub> )		Ümumi antioksidant aktivliyi, (tvin-80-in ingibirləşməsinin faizi ilə)	
	Sakitlik	Fiziki yük	Sakitlik	Fiziki yük	Sakitlik	Fiziki yük
Vitamin C qəbul olunmayıb						
Plazma	5,7±0,5	4,8±0,4	35,4±4,0	60,3±5,3**	8,0±0,9	6,6±0,6
Əzələ	5,4±0,5	4,3±0,5	5,5±0,5	7,0±0,6*	10,9±0,9	5,8±0,6**
Vitamin C qəbul olunub						
Plazma	8,7±0,7 <sup>#</sup>	7,2±0,6	29,5±3,0	42,1±4,5*	13,5±1,4 <sup>#</sup>	7,9±0,8*
Əzələ	7,3±0,7 <sup>#</sup>	3,3±0,4**	4,8±0,4	5,3±0,4	18,5±2,1 <sup>#</sup>	15,7±1,4

\* - p<0,05; \*\* - p<0,01 sakitlik halı və fiziki yükdən sonra müqayisələri üçün;

<sup>#</sup> - p<0,05 vitamin C alan və vitamin C almayan qrupların müqayisəsi üçün

LPO məhsullarının qatılığının əzələ və qanda yüksəlməsi fiziki yüklərin potensial təhlükəli səviyyəsinin göstəricisidir. Bizim təcrübələrimizin göstərdiyi kimi orqanizmə vitamin C-nin əlavə olaraq daxil edilməsi MDA-nin qatılığının fiziki yüklə induksiya olunan yüksəlməsinin qabağının alınmasına (zəiflədilməsinə) gətirir, yəni skelet əzələsi və plazmanın antioksidant tutumunun askorbin turşusunun antioksidant xassələri hesabına artması müşahidə edilir. Bu mülahizə öz təsdiqini vitamin C əlavəsi almış heyvanlarda həm əzələdə, həm də plazmada ÜAA aktivliyinin baza səviyyəsinin (fiziki yükdən əvvəlki sakitlik halına uyğun səviyyəsinin) yüksəlməsində tapır. Vitamin C dietalı orqanizmin skelet əzələsində ÜAA-nin fiziki yükə reaksiyası praktik olaraq özünü göstərmir, haradakı kontrol heyvanlarda belə reaksiya aydın olaraq müşahidə edilir. Plazmada əks vəziyyət üzə çıxır: vitamin C dietalı orqanizmdə özünü fiziki yükə ÜAA-nin səviyyəsinin etibarlı aşağı düşməsində göstərən reaksiya yaranır. Bu hadisəni, bizim fikrimizcə, ehtimal ki, qan və skelet əzələləri arasında mövcud olan kiçik molekul çəkili antioksidantlarla (vitamin C, qlutation və s.) mübadilənin xarakteri ilə izah etmək olar; antioksidantlarla mübadilənin tarazlığında bu və ya digər istiqamətdə sürüşmə fiziki yükün təsiri altında baş verə bilər. Əgər sakitlik halında skelet əzələsi bu antioksidantları orqanizmin ümumi redoks-tarazlığını təmin etmək üçün qana ötürürsə, intensiv fiziki yüklənmələr zamanı əzələlərdə antioksidantların yüksəlmiş sərfiyyatı onların özlərinin qandan antioksidantları cəlb etmək tələbatı yaranır.

Xroniki fiziki yüklərin C və E vitamin əlavələri fonunda skelet əzələsində və plazmada oksidant və antioksidant reaksiyalara təsiri. Fiziki yüklərin və antioksidant əlavələrin birgə təsirinin öyrənilməsi maraqlı tədqiqat məsələsi kimi ortaya çıxır. Bu işdə biz müntəzəm olaraq fiziki yüklərə məruz qalan və eyni zamanda antioksidant əlavələr kimi vitamin C və E alan orqanizmin (ağ siçovulların) skelet əzələsində və plazmada oksidant və antioksidant göstəriciləri tədqiq etmişik. Beləliklə, LPO və ÜAA göstəricilərinin öyrənilməsi əsasında müntəzəm fiziki yüklərin qanın plazmasında və skelet əzələsində oksidant-antioksidant qarşılıqlı əlaqələrinin modifikasiyasına gətirməsi fikrinə gəlmək olar ki, bu modifikasiya da nəticə etibarlı ilə orqanizmin kəskin fiziki yüklərə reaksiyasında müsbət sürüşmələrə səbəb olur. Antioksidant əlavələrinin qidaya daxil edilməsi skelet əzələlərinin və qanın antioksidant tutumunun yüksəlməsinə və bununla da fiziki yüklərlə onlarda induksiya edilən oksidativ proseslərin intensivliyinin aşağı düşməsinə xidmət edir. Lakin

məşq yüklərinin müsbət effektləri vitamin C və E kimi antioksidant əlavələrinin qəbulu fonunda müəyyən dərəcədə zəifləyər bilər, bu isə özünü kəskin fiziki yüklərə “oksidant” cavabların güclənməsində, “antioksidant” cavabların isə zəifləməsində göstərə bilər. Belə bir müddəanı onunla əsaslandırmaq olar ki, orqanizmin fiziki yüklərin təsiri altında adaptiv dəyişmələri skelet əzələlərində və digər orqanlarda hüceyrənin sintez proseslərində, o cümlədən antioksidant müdafiə sistemi fermentlərinin sintezində siqnal agentləri rolunu oynayan oksidant birləşmələrin (oksigenin aktiv formalarının və onların törəmələrinin) yaranması ilə tənzimlənir. Ekzogen antioksidantlar orqanizmə zərərli endogen birləşmələrlə (sərbəst radikallarla) mübarizədə kömək etməklə bərabər, eyni zamanda skelet əzələlərinin gələcək daha yüksək intensivlikli fiziki yüklərə hazır olmaq üçün lazımi adaptiv dəyişikliklərə stimul olan siqnalı zəiflədirlər.

##### *5. Fiziki yükün skelet əzələlərində qlütationperoksidazanın aktivliyinə normada və selen əlavəsi fonunda təsiri*

Bu tədqiqatda ağ siçovulların müxtəlif sürət tipli skelet əzələlərinin subhüceyrə fraksiyalarında (mitoxondrilərdə və sitozolda) birdəfəlik və xroniki fiziki yüklərin təsiri altında qlütationperoksidazanın (GPO) aktivliyi öyrənilmişdir. Məşq yüklərinin (submaksimal yüklərə qədər) təsiri altında ağ və qırmızı əzələlərin (*m.gastrocnemius*) mitoxondrial fraksiyasında GPO-nın 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 induksiya üzə çıxır. Selen əlavəsinin məşqsiz orqanizmdə skelet əzələsində fiziki yüklə GPO-nın aktivliyinin dəyişməsinə təsiri üzə çıxarılmayıb. Məşqli orqanizmdə selen əlavəsi ağ və qırmızı əzələnin mitoxondrial fraksiyasında GPO-nın baza səviyyəsini yüksəldir. Nəticələr onu göstərir ki, skelet əzələlərinin fiziki yüklərə antioksidant adaptasiyasında GPO-nın iştirakını əzələnin sürət tipindən, fermentin subhüceyrə mənsubiyyətindən asılı olaraq səciyyələndirmək olar.

Dissertasiya işinin nəticələrinin və müzakirəsinin sonuncu “Fiziki aktivliyin xarakteri və oksidativ stres vəziyyəti. İnsanlar üzərində tədqiqatların nəticələri” bölməsində fiziki aktivliyin müxtəlif növlərində,

aerob, anaerob, onların hər ikisinin daxil olduğu fiziki məşğələlərin, eyni zamanda həmin xarakterli işlərlə mütəmadi fiziki məşqlərin təsiri altında orqanizmdə, müxtəlif toxumalarda oksidant və antioksidant göstəricilərin spesifik dəyişmələri haqqında məlumatlar təqdim olunur və əsas məqsəd insanlarda bu dəyişikliklərin xüsusiyyətlərini üzə çıxartmaqdır. Buna görə də 6 cədvəldə ədəbiyyatdan məlum olan insanlar üzərində müxtəlif fiziki məşğələ və idman oyunlarında baş verən oksidant və antioksidant dəyişmələrinin nəticələrini toplanılaraq, onların ümumi və spesifik cəhətləri qeyd edilib.

### ***ƏSAS NƏTİCƏLƏR***

1. Fiziki yüklərin təsiri altında orqanizmdə oksigenin aktiv formalarının və sərbəst radikalların yüksələn səviyyəsinin əsas mənbəyi işləyən skelet əzələləridir. Reaktiv oksigen birləşmələrinin ilkin forması olan superoksidanion radikallarının əsas hissəsi skelet əzələlərinin mitoxondrilərində elektron-nəqliyyat zəncirində yaranır və əzələ fəaliyyəti zamanı onların produksiyasının güclənməsi işin xarakterindən, uyğun olaraq işləyən skelet əzələlərinin sürət tipindən asılıdır.
2. İntensiv əzələ fəaliyyətinə adaptasiya prosesi skelet əzələlərində endogen antioksidantların, xüsusilə əsas ferment antioksidantların (superoksiddismutaza, qlutationperoksidaza) adaptiv dəyişmələri ilə müşayiət olunur. Fermentativ antioksidant adaptasiya tətbiq olunan fiziki yükün xarakterindən (işin şiddəti, dövrülyü), skelet əzələsinin sürət tipindən, fermentin subhüceyrə mənsubiyyətindən asılıdır. Fiziki yükün antioksidant fermentlərin aktivliyinin tənzimlənməsində iştirakı posttranskripsion və posttranslyasion mexanizmlərin köməyi ilə həyata keçir.
3. Ekzogen antioksidant əlavə kimi qəbul olunan vitamin C (4 həftə, gündəlik 15 mq/kq olmaqla) təcrübə heyvanlarında (ağ siçovullar) qanda və skelet əzələsində ümumi antioksidant aktivliyinin (ÜAA) baza səviyyəsini yüksəldir. Bu zaman plazmada ÜAA-nin birdəfəlik fiziki yükə reaksiyası üzə çıxırsa, skelet əzələsində belə reaksiya əksinə yoxa çıxır. Ekzogen antioksidantın fiziki yükün oksidant-antioksidant balansına təsirində iştirakı həm oksidantlarla birbaşa qarşılıqlı təsir, həm də antioksidant adaptasiya mexanizmlərinə təsir yolu ilə mümkündür.



4. Heyvan modelində (ağ siçovullar) C və E vitaminləri əlavələrinin xroniki fiziki yüklərə məruz qalan orqanizmdə sakitlik halında və birdəfəlik yükdən sonra qanda və skelet əzələsində lipid peroksidləşməsinə və ümumi antioksidant aktivliyə təsiri öyrənilmiş və göstərilmişdir:
  - müntəzəm məşq yükləri qanın plazmasında və skelet əzələsində oksidant-antioksidant qarşılıqlı əlaqələrinin modifikasiyasına gətirir ki, bu da nəticə etibarlı ilə orqanizmin kəskin fiziki yüklərə reaksiyasında müsbət sürüşmələrə səbəb olur;
  - antioksidant əlavələrinin verilməsi skelet əzələlərinin və qanın antioksidant tutumunun yüksəlməsinə və bununla da fiziki yüklərə onlarda induksiya edilən oksidativ proseslərin intensivliyinin aşağı düşməsinə səbəb olur;
  - müntəzəm məşq yüklərinin müsbət effektləri vitamin C və E kimi antioksidant əlavələrinin qəbulu fonunda müəyyən dərəcədə zəifləyə bilər, bu isə özünü kəskin fiziki yüklərə “oksidant” cavabların güclənməsində, “antioksidant” cavabların isə zəifləməsində göstərir.
5. Skelet əzələlərində qlütationperoksidaza aktivliyinin orqanizm selen əlavəsinin verilməsi şəraitində fiziki yüklərə reaksiyası tədqiq edilmişdir və göstərilmişdir ki, selen əlavəsi yalnız məşqli orqanizmdə ağ və qırmızı əzələnin mitoxondrial GPO aktivliyinin baza səviyyəsini yüksəldir; bu belə qələmə verilə bilər ki, məşq nəticəsində GPO aktivliyinə artan tələbat əlavə selenin daxil edilməsini tələb edir. Selen əlavəsi fonunda GPO-nun aktivliyinin yalnız mitoxondrilərdə yüksəlməsi bu mikroelementin subhüceyrə fraksiyalarında qeyri-bərabər paylanmasına işarə edir.
6. Skelet əzələlərinin oksidant (lipid peroksidləşməsi) və antioksidant (SOD, GPO) göstəricilərinin (və ya onlara uyğun qan göstəricilərinin) fiziki hazırlıq səviyyəsinin meyarlarının işlənilib hazırlanmasında istifadəsi idman hərəkətlərinin sürət tiplərinin nəzərə alınması ilə həyata keçirilə bilər.

#### **Dissertasiyanın mövzusu üzrə çap olunmuş əsərlərin siyahısı:**

1. Ağayeva S.E., Məmmədyarov Q., Əliyev S.A., Əliyeva S.S. Antioksidantlar və lipidlərin sərbəst peroksid oksidləşməsinin tənzimlənməsi / AR Gənclər və İdman Nazirliyinin "Azərbaycanda

- bədən tərbiyəsi və idmanın inkişaf perspektivləri" elmi-praktik konfransın materialları, Bakı, 2008, səh. 65-68
2. Ağayeva S.E., Əliyev S.A. Azərbaycan Dövlət Bədən Tərbiyəsi və İdman Akademiyasının Elmi xəbərləri, Bakı, 2009, №1, S.67-72
  3. Hacıyev Ə.M., Ağayeva S.E., Əliyev S.A. Əzələ fəaliyyətinin yeni tədqiqat aspektləri: oksidant və antioksidant proseslər // Sağlamlıq. Elmi-praktik jurnal, 2010, № , S.183-187
  4. Агаева С.Е. Эндогенные и экзогенные антиоксиданты в мышечной деятельности: адаптационные аспекты реакций мышц к физическим нагрузкам / Материалы III Международной научно-практической конференции «Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды, 22-23 ноября, 2010, Челябинск, 2010, С. 213-215
  5. Агаева С.Е., Алиев С.А., Гаджиев А.М. Влияние добавок витамина С на оксидантную и антиоксидантную реакции скелетной мышцы и плазмы крови на физическую нагрузку // Известия Национальной Академии Наук Грузии. Биомедицинская серия, 2010, №5-6, Т.36, С.305-312
  6. Əliyev S.A., Ağayeva S.E. Antioksidant vitaminlərin skelet əzələsi və plazmada fiziki yüklərlə induksiya olunan lipid peroksidləşməsinə və antioksidant aktivliyinə təsiri // AMEA A.İ.Qarayev ad. Fiziologiya institutunun və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin elmi əsərlərinin külliyyatı, 2011, T.29, S.69-74
  7. Ağayeva S.E., Əliyev S.A. Skelet əzələlərinin fiziki yüklərə reaksiyasında endogen və ekzogen antioksidantların rolu // Pedaqoji Universitet Xəbərləri, 2011, №5, S.80-83
  8. Агаева С.Е., Гаджиев А.М. Оксидант-антиоксидантная реакция в скелетной мышце и плазме крови при физических нагрузках на фоне антиоксидантных добавок / XV Международный научный конгресс «Олимпийский спорт и спорт для всех», 12-15 сентября 2011 г., Кишинев, Молдова. Материалы конгресса, 2011, том 2, с.141-145
  9. Əliyev S.A., Ağayeva S.E. Lipidlərin peroksidləşməsi prosesi fiziki yüklərin orqanizmə təsirinin biomarkeri kimi // Fiziologiya və biokimyayın problemləri. AMEA A.İ.Qarayev ad. Fiziologiya institutunun və Azərbaycan Fizioloqlar Cəmiyyətinin elmi əsərlərinin külliyyatı, 2012, T.30, S.55-63

10. Алиев С.А., Агаева С.Э. Особенности свободнорадикальных процессов в мышечной деятельности // Azərbaycan Dövlət Bədən Tərbiyəsi və İdman Akademiyasının Elmi Xəbərləri, 2012, №1, Bakı, ADBTİA, S.70-72
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. Aliyev S.A., Agayeva S.E., Alibhekova S.S. Specific adaptive reaction of lipid peroxidation process in skeletal muscles to physical exercise / Georgian I.Beritashvili Society of Physiologists. 3rd National Congress. Proceedings. September 26-28, 2013. Tbilisi, 2013, p.132
13. Алиев С.А., Агаева С.Э., Гаджиев А.М. Оксидативные аспекты исследования адаптации скелетных мышц к физическим нагрузкам / Научные труды 4-го Съезда Физиологов СНГ. Сочи-Дагомыс, Россия, 8-12 октября 2014 г. С.208
14. Ağayeva S.E., Əliyev S.A. Əlibəyova S.S. İdmançılarda müxtəlif intensivli əzələ fəaliyyətinin qanın katalaza aktivliyinə təsiri / «Olimpiya idmanının fizikası, kimyası və fəlsəfəsi» Beynəlxalq elmi konfransın materialları (17-18 oktyabr 2014). Araz nəşriyyatı, Bakı, 2014, S.292-302
15. Гаджиев А.М., Алиев С.А., Агаева С.Э. Роль эндогенных и экзогенных антиоксидантов в адаптивной мышечной деятельности // Теория и практика физической культуры и спорта (Москва), 2014, №8, С.53-57
16. Агаева С.Э., Алиев С.А. Алибекова С.С. Адаптивные особенности антиоксидантных факторов в защитных реакциях организма к физическим нагрузкам / Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием "Физическая культура и массовый спорт в основе здоровьесберегающих технологий" Москва, 2014.
17. Агаева С.Э., Алибекова С.С. О взаимосвязи между физической нагрузкой, окислительным стрессом и иммунной реакцией / V Международная научная конференция студентов и молодых ученых "Университетский спорт: здоровье и процветание нации", Казань, 2015, Т.2, С.40-45

**С.Э.Агаева**

## **Роль антиоксидантов в мышечной деятельности**

### *Резюме*

Диссертационная работа посвящена изучению реакций эндогенных оксидантов и антиоксидантов организма (скелетных мышц) на физические нагрузки, анализу их адаптационных особенностей, а также их модификаций на фоне экзогенных антиоксидантов. В результате анализа многочисленных данных литературы и собственных результатов показано, что основным источником повышения уровня активных форм кислорода и других свободных радикалов в организме под действием физической нагрузки являются скелетные мышцы. Большая часть супероксидных радикалов образуется в электрон-транспортной цепи митохондрий скелетных мышц, и усиление их продукции при мышечной деятельности зависит от характера работы, соответственно, от скоростных качеств работающих мышц. Адаптация к интенсивной мышечной деятельности в скелетных мышцах сопровождается адаптивными изменениями эндогенных антиоксидантов, в особенности, ферментных – СОД и ГПО. Ферментная антиоксидантная адаптация зависит от характера применяемой нагрузки (мощности работы, цикличности), скоростного типа скелетных мышц, субклеточной принадлежности фермента. В эксперименте (на крысах) показано, что у животных с диетой витамина С наблюдается более высокий базовый уровень общей антиоксидантной активности в плазме крови и в скелетной мышце. При этом, адаптивная реакция на физическую нагрузку в скелетной мышце исчезает, а в плазме, наоборот, появляется. Эффект экзогенных антиоксидантов на примере витамина С указывает на то, что адаптация эндогенной системы антиоксидантной защиты к физическим нагрузкам может быть модифицирована (возможно, не всегда целесообразно) с помощью экзогенных антиоксидантов.

**S.E.Agayeva**

**The role of antioxidants in muscular activities**

*Summary*

The thesis is devoted to the study of reactions of endogenous oxidants and antioxidants in organism (skeletal muscle) to exercise, the analysis of their adaptation features, as well as their modifications on the background of exogenous antioxidants. As a result of the analysis of numerous literature data and own results, it has been showed that the main source for raising level of reactive oxygen species and other free radicals in exercised organism is skeletal muscle. Most of superoxide radicals are formed in the electron transport chain of mitochondria in skeletal muscle and their increased production during muscular activity depends on the nature of the work, respectively, of the speed qualities of the working muscles. Adaptation to intense muscular activity in skeletal muscle is accompanied by adaptive changes of endogenous antioxidants, especially enzymes - SOD and GPO. Antioxidant enzymatic adaptation depends on the nature of the applied load (intensity, cycling), speed type of skeletal muscle and enzyme subcellular relation. In experiment (in rats), we have shown that higher baseline of total antioxidant activity in blood plasma and skeletal muscle occur in animals with a diet of vitamin C. Thus, adaptive response to physical activity disappears in skeletal muscle, but it appears in plasma, on the contrary. The effect of exogenous antioxidants on the example of vitamin C indicates that the adaptation of the endogenous antioxidant defense system to physical exercise can be modified (perhaps, not always appropriate) by exogenous antioxidants.

## ŞƏRTİ İŞARƏLƏRİN SİYAHISI

GPO - qlütationperoksidaza

LPO – lipid peroksidləşməsi

MDA – malon dialdehidi

NADPH - nikotinamidadeninidinükleotidfosfat

OAF – oksigenin aktiv formaları

SOD – superoksiddismutaza

SR – sərbəst radikal

ÜAA – ümumi antioksidant aktivliyi

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

---

На правах рукописи

**АГАЕВА САМИРА ЭЛДАР ГЫЗЫ**

**РОЛЬ АНТИОКСИДАНТОВ В МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

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  
биологии

**БАКУ – 2016**