

XXXII. OTDK

Testnevelés- és Sporttudományi Szekció

**EDZÉS HATÁSA AZ ANTIOXIDÁNS RENDSZEREK
MŰKÖDÉSÉRE FIATAL ÉS IDŐSKORBAN**

1. Irodalmi bevezetés

Az elmúlt években az emberek egyre több figyelmet fordítanak a betegségek megelőzésére, különösen azoknál a kórképeknél, melyekben jelentős szerepet játszanak a szabadgyökök.

1.1 Szabadgyökök és antioxidáns rendszerek, oxidatív stressz

Az oxigén nélkülözhetetlen része az életnek. A sejtek oxigént használnak az energiatermeléshez, ezért a szervezet normál oxigénfelvétele mellett is folyamatosan termelődnek szabadgyökök (SHINDE és mtsai., 2012). A szabadgyökök olyan molekulák, melyek párosítatlan elektront tartalmaznak, így instabilak és rendkívül reaktívak. Rövid életidejük miatt gyorsan reakcióba lépnek más molekulákkal, melyektől vagy elvesznek egy elektront a stabilitásuk érdekében vagy egy láncreakciót elindítva adományozhatnak elektront más molekuláknak, így további szabadgyököket képeznek, míg maguk semlegessé válnak (FINAUD és mtsai., 2006). A szabadgyökök legfőképp reaktív oxigén fajták (ROS), valamint reaktív nitrogén fajták (RNS). Egy sejtben normál állapotban egyensúly van a szabadgyökök képződése és eltávolítása között. Ez az egyensúly megváltozhat, ha több szabadgyök képződik vagy a védekező antioxidánsok szintjei csökkennek. Ezt az állapotot nevezzük oxidatív stressznek, ami komoly sejtszintű sérülésekhez, biomolekulák (fehérjék, lipidek, szénhidrátok, nukleinsavak) károsodásához, ezáltal krónikus és degeneratív betegségekhez vezet (pl. rák, kardiovaszkuláris és neurodegeneratív betegségek, autoimmun betegségek), hosszabb távon öregedés kialakulását is okozza (SHINDE és mtsai., 2012).

Mivel egy felnőtt emberi szervezet 65%-át oxigén teszi ki, legfőképp víz formájában, ezért az evolúció az oxigén gazdag atmoszférában egy endogén antioxidáns védelmi rendszer kifejlődéséhez vezetett a ROS és RNS detoxifikálására (SEN és PACKER, 2000). Az antioxidánsok enzimatis és nem enzimatis összetevőből állnak. Enzimatis antioxidánsokhoz tartozik a szuperoxid-dizmutáz (SOD), a kataláz (CAT), a glutation-peroxidáz (GPx), a glutation-reduktáz (GR). A nem enzimatis antioxidánsok eloszlanak metabolikus antioxidánsokra és tápanyag antioxidánsokra. Metabolikusok közül megemlítendő a liponsav, glutation, L-arginin, húgysav, bilirubin, stb. A tápanyagokból származó antioxidánsok exogén eredetűek, ezeket a szervezet nem tudja megtermelni, szervezetbe való jutásukat biztosítani kell étkezésekkel. Ilyen antioxidáns az E-vitamin, C-vitamin, karotinoidok, nyomelemek (Se, Cu, Zn, Mn; SHINDE és mtsai., 2012).

A vérplazma *teljes antioxidáns kapacitása* (TAC) az elsődleges marker az oxidatív stressz állapot felmérésére (időskorban is). Az antioxidáns kapacitás és oxidatív károsodás közötti korrelációt öregedés során már leírták számos tanulmányban. PANDEY és RIZVI (2010) 80 egészséges, 18 és 85 év közötti férfinak és nőnek vizsgálta a plazma antioxidáns kapacitását. A vizsgálat eredménye igazolta, hogy a plazma redukciós potenciálja szignifikánsan csökkent az életkorral. SURESH és mtsai. (2010) szintén megfigyelte a teljes antioxidáns kapacitás csökkenését idősebb férfiakkal.

A *tiolok* szulfhidril-csoportot (-SH) tartalmazó szerves vegyületek. A teljes szervezet antioxidánsainak fő részét alkotják. A szervezet tiol tartalmát szérumból könnyen meg lehet határozni, így ez egy fontos markere a fehérjék oxidációjának. Plazmában a fehérje szulfhidril csoportok átlagos koncentrációja 0,4-0,5 mM között van, a szabad tioloké 0,1-20 μ M (PRAKASH és mtsai., 2009).

1.2 Edzés és oxidatív stressz

A mozgás a mindennapi életünk része. A rendszeres testedzés segít megőrizni az egészségi állapotot, fejlesztheti az erőnlétet, fontos szerepe van a betegségek megelőzésében és a gyógyulásban, rehabilitációban (ÁNGYÁN és mtsai., 2005).

Rendszeres fizikai aktivitás során a szervezet ki van téve a fokozott oxidáns termelésnek, ami adaptációs folyamatot indít el. Az antioxidáns védelmi rendszernek folyamatosan jelen kell lenni, ezáltal hatékony terhelésnek van kitéve. Az adaptáció eredménye, hogy a későbbi edzés indukálta oxidatív stressznek egyre inkább ellenáll (PETERNELJ és COOMBES, 2012). Ezért a ROS generálása testmozgás során nagyon fontos, mert adaptációval az oxidatív stressz alacsonyabb szinten tartható (SIES, 1997)

Számos tanulmány kimutatta már, hogy az excentrikus kontrakció (izom megnyúlása és feszülése) okoz legnagyobb mértékben izomkárosodást, így ez egy jó eszköz az izomkárosodás és oxidatív stressz markerek vizsgálatára (ARMSTRONG és mtsai, 1991, JAKOVLJEVIC és mtsai., 2012). A kreatin-kináz (CK) enzim az orvostudományi vizsgálatokban az izomkárosodás nem specifikus markereként szolgál, mivel más szöveti sérülések esetén is megnövekedhet a vérben mérhető koncentrációja. Normál tartománya vérplazmában 35-175 U/l (BAIRD és mtsai., 2012). Az excentrikus edzést használják, mint az izomerő és izomméret fejlődésének eszközét, illetve az utóbbi időben, mint új rehabilitációs módszert számos állapot javítása érdekében (JAMURTAS és FATOUROS., 2012).

PASCHALIS és mtsai. (2007) vizsgálataiban edzetlen fiatal nők végeztek izokinetikus excentrikus edzést térdfesztítő izommal. Az izomkárosodás (CK) és oxidatív stressz (TAC, CAT, glutation) jelzők a csúcsot 48 óra után érték el és jelentős növekedést tapasztaltak 72 óráig. A szerzők arról is beszámoltak, hogy mérsékelt kapcsolat van az izomkárosodás és az oxidatív stressz jelzők között.

THEODOROU és mtsai. (2010) hasonló vizsgálatot végeztek férfiakkal. Az eredmények azt mutatták, hogy az excentrikus edzés lényegesen megnövelte a CK és oxidatív stressz markerek szintjét (TAC, CAT), a csúcs 2-3 nappal edzés után jelentkezett, majd az értékek 5 nappal később megközelítették a nyugalmi értéket.

Az öregedés egy elkerülhetetlen biológiai folyamat, ami a fiziológiai funkciók általános hanyatlásával, különböző kedvezőtlen változások felhalmozódásával és az elhalálozási esély növekedésével jár. Az öregedés rizikófaktorai közé tartozik az oxidatív stressz. Az öregedés szabadgyök teóriája a legjobb magyarázat az öregedés és más öregedéssel összefüggő jelenségek folyamatára. Ennek során a szabadgyökök a korral felhalmozódnak, károsodást okoznak és a biológiai funkció csökkenése figyelhető meg (PANDEY és RIZVI, 2010). Idősebb korban a vázizmok sokkal érzékenyebbek az edzés indukálta izomsérülésekre és sokkal lassabban is regenerálódnak, mint fiatal korban (MCARDLE és JACKSON, 2000). Kimutatták azonban, hogy a rendszeres testedzés jelentősen késlelteti az öregedési folyamatot és enyhíti a korral járó betegségeket (RADAK és mtsai., 2007).

PARISE és mtsai. (2005) idős alanyokkal végzett 12 hetes tréninget excentrikus edzéseket végrehajtva. Az eredmények az antioxidáns enzimek (SOD, CAT) emelkedését mutatták, bizonyítva az antioxidáns rendszer hatékonyságának javítását időskorban.

FATOUROS és mtsai. (2004) 16 hetes állóképességi edzés hatását vizsgálta szintén idős férfiakon. Oxidatív stressz markerek (TAC, malonaldehid, GPx) emelkedését figyelték meg, azonban az adaptáció megszűnt a tréning után.

VINCENT és mtsai. (2002) tanulmányukban 24 hetes rezisztencia tréning hatását vizsgálták idős férfiakon és nőkn. A szérum teljes tiol tartalmának a növekedését figyelték meg alacsony és magas intenzitású tréning hatására a kontrollhoz képest.

Ezek az eredmények azt mutatják, hogy az oxidatív stressz markerek mennyisége változik több napig is az izomkárosító edzést követően (JAMURTAS és FATOUROS., 2012). A kérdés az, hogy miként változnak az antioxidáns rendszer képviselőinek plazma koncentrációi és mikrosérülés markerek szintjei az idős és fiatal szervezetben, egy kéthetes edzőmunkát követően.

1.3 Testösszetételi jellemzők fiatal felnőtt és időskorban

Legfontosabb testösszetételi paraméterek a testmagasság, testtömeg és a kettő értékéből kiszámítható testtömeg-index (Body Mass Index, BMI). Fiatal felnőtt korban a férfiak átlagos testmagassága kb. 170 cm, átlagos testtömege 70 kg. A testtömeg-indexszel megállapíthatjuk, hogy a vizsgált személy testtömege milyen tartományba esik, ideálisnak mondható-e a testmagasságához képest. A BMI normál felnőtt kori tartománya 20-25% közé esik (FARKAS és mtsai., 2008).

Ismert tény, hogy az életkorral változik a testösszetétel is. Csökken a testmagasság, testtömeg, az izomtömeg, a zsírmentes tömeg, a csontok ásványi anyag tartalma, ezzel szemben növekszik a test zsírtartalma (REILLY és mtsai., 1994). GENTON és mtsai. (2010) 65 év feletti alanyok testösszetételét vizsgálta. 9 év után kimutatták a zsírmentes tömeg és a testtömeg csökkenését férfiaknál és nőknél is. Megfigyelték azonban, hogy fizikai aktivitás hatására az izomszövet és zsírmentes tömeg csökkenés idősekben kevésbé radikális.

2. Célkitűzés

Vizsgálataink célja volt, hogy alsó végtagon kivitelezett excentrikus-koncentrikus edzés (dinamométeres terhelés) hatását vizsgáljuk a teljes antioxidáns kapacitásra (TAC), a nem enzimatisz antioxidáns (tiol-csoport) tartalmára, illetve a kreatin-kináz (CK) enzim aktivitására fiatal és idősebb edzetlen férfiakon.

Továbbá célkitűzésünk volt ezen paraméterek változásának vizsgálata rendszeres kéthetes edzés hatására .

3. Anyagok és módszerek

3.1 Vizsgálati személyek

Vizsgálati személyeink egészséges férfiak voltak. 18 önkéntes, ebből 9 fiatal felnőtt ($24,56 \pm 2,40$ év) és 9 idősebb ($63,67 \pm 5,34$ év) életkorú volt.

Az alanyokat tájékoztattuk a vizsgálat folyamatáról és céljáról, illetve a felmerülő kockázatokról, majd aláírásukkal igazolták, hogy önként vesznek részt a vizsgálatban. A vizsgálatokat az etikai szabályok betartása mellett, az Egyetem Etikai Bizottságának engedélyével végeztük.

3.2 Antropometriai mérések: testmagasság, testtömeg, testtömeg-index (BMI)

A testmagasság meghatározását antropométerrel végeztük, centiméter pontossággal. A vizsgált személy a mérés alatt egyenes testtartásban, zárt állásban, cipő nélkül, a fejét a Frankfurti vízszintes pozíciójában tartotta.

A testtömeget digitális mérleggel mértük 0,1 kilogramm pontossággal. Figyeltünk arra, hogy a vizsgált személyek könnyű sportruházatot viseljenek, hogy az minél kevésbé befolyásolja a testtömeget.

A BMI-t a testmagasság és testtömeg adataiból határoztuk meg a következő képlet szerint (FARKAS és mtsai., 2008):
$$BMI = \frac{\text{testtömeg (kg)}}{\text{testmagasság (m)}^2} \cdot$$

3.3 Terheléses vizsgálat

A vizsgált személyek alsó végtagon kivitelezett excentrikus-koncentrikus edzésgyakorlatot hajtottak végre számítógép által vezérelt dinamométer (Multicont II) segítségével. Az alanyok terhelés előtt kerékpár ergométeren 2-3 perces bemelegítést, majd azt követően nyújtást végeztek.

A terhelés ülő helyzetben történt, az alanyok a törzsüket a dinamométer háttámlájának döntötték, csípőjüket és combjukat az üléshez, a lábszárat pedig a szervomotor karjához rögzítettük, hogy a terhelés során stabil testhelyzetet és az alsó végtag pontos mozgását biztosítsuk. A terhelés megkezdése előtt az alanyok próbatesztet végeztek, hogy gyakorolhassák a megfelelő technikát, a teszt végrehajtását.

Terhelés során az alanyok mindkét lábbal egyszerre, 4 sorozatban 15 db excentrikus-koncentrikus kontrakciót végeztek egymás után. Az ismétlések között másodpercnyi pihenő volt, a sorozatok között pedig egy perc. A terhelés izokinetikus körülmények között zajlott. A dinamométer, érzékelve a karra kifejtett erőt, elindította az excentrikus fázist, azaz a térdízület behajlítását. Minden egyes excentrikus fázis alatt maximális ellenállást kellett kifejteniük az alanyoknak és minden egyes koncentrikus fázis alatt (térdízület kinyújtása) maximális erővel kellett a dinamométer karját előretolniuk.

A vizsgált személyek kéthetes edzésprogramon vettek részt, melynek során a fent említett edzéssorozatot hajtották végre hetente 3 alkalommal, ugyanabban a napszakban.

3.4 Vérminta gyűjtése és feldolgozása

Az alanyoktól terhelés előtt (0. időpont), terhelés után 24 és 48 órával, 1 és 2 héttel később intravénásan vért vettünk. Minden egyes vérvétel a kora reggeli órákban zajlott. A kapott vérmintákat lecentrifugáltuk (14000 rpm/10 perc), majd a vérplazmát steril, jelölt Eppendorf-csövekben felhasználásig lefagyasztottuk (-80°C).

3.5 Teljes antioxidáns kapacitás (TAC) meghatározása

A vérplazma teljes antioxidáns kapacitását (TAC) 2,2'-azino-bis-(3-etilbenztiazolin-6-szulfonát) (ABTS) gyök kationnal határoztuk meg (RE és mtsai, 1999, LEWINSKA és mtsai, 2007). A mérés elve, hogy az ABTS és kálium-perszulfát ($K_2O_8S_2$) közötti reakció során $ABTS^{\bullet+}$ gyök kation jön létre, mely antioxidáns hozzáadásával visszaalakul neutrális formává.

Reakcióelegy összetétele:

- A_0 érték (a -oldat): 50 ml nátrium-foszfát puffer + 320 μ l ABTS
- kalibráció A_1 értéke: 995 μ l a -oldat + 5 μ l trolox és 990 μ l a -oldat + 10 μ l trolox
- minták A_1 értéke: 995 μ l a -oldat + 5 μ l vérplazma

A mérés során az A_0 értéket az a -oldattal határoztunk meg, mely optikai denzitásának 1,000 és 1,030 között kellett lennie, ezért ezt minden mérés előtt ellenőriztük. A kalibráló és minta elegyeket az összekeverés után 10 s-mal mértük. Minden mérést 3-szor végeztük el spektrofotométerrel 414 nm-en. Kiszámoltuk az abszorbancia változását ($\Delta A = A_0 - A_1$), majd ezután kiszámítottuk a trolox koncentrációját és ebből pedig a teljes antioxidáns kapacitást a következő képlettel: TroloxEq/L (μ mol) = $2 \cdot C_x \cdot \text{hígítás mértéke}$.

A kiszámolt trolox mennyisége ekvivalens a minták teljes antioxidáns kapacitásával.

3.6 Tiol-csoport meghatározása

A vérplazma tiol-csoport tartalmának mérésére 5,5'-ditio-bisz-nitrobenzoátot (DTNB) alkalmaztunk LEWINSKA és BARTOSZ (2008) módszere alapján. A DTNB a tiol-csoporttal reakcióba lépve ekvivalens mennyiségű 5-merkaptó-2-nitro-benzooesavat (TNB) hoz létre, melyet fotométerrel detektálhatunk. A reakcióban a tiol-csoport mennyisége csökken, a diszulfid mennyisége nő.

Reakcióelegy összetétele:

- kontroll: 990 µl puffer (0,3 M tris-hidroximetil-aminometán + 1 mMetilén-diamin-tetraecetsav) + 10 µl DTNB
- minta: 50 µl plazmaminta + 10 µl DTNB + 940 µl puffer

A kontroll és mintaelegyeket 1,5 ml-es steril Eppendorf csövekbe tettük, majd 20 perc inkubálás után fotometráltuk. A spektrofotometriás mérést 412 nm-en végeztük és 3-szor megismételtük. Ezután kiszámoltuk az abszorbancia változást ($\Delta A = A_1 - A_0$), majd a következő képletet alkalmaztuk a minták tiolcsoport tartalmának kiszámításához:

$$\text{Tiol csoport (mmol/L)} = (\Delta A \cdot \text{hígítás mértéke}) / \epsilon_{412}$$
$$\epsilon_{412} = 13,6 \text{ mmol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

3.7 Adatok feldolgozása

Az adatok feldolgozásához leíró statisztikát alkalmaztunk (REICZIGEL és mtsai., 2007). A vizsgálat során mért változókat Microsoft Office Excel 2010-es program és SPSS 22 program segítségével elemeztük. Független kétmintás T-próbát használtunk a fiatal és idős csoport, páros T-próbát az egyes mérési időpontok összehasonlítására és Pearson-féle korrelációs tesztet két változó kapcsolatának vizsgálatára. Szignifikánsnak fogadtuk el azokat az eredményeket, ahol a $p < 0,05$.

4. Eredmények és megbeszélés

4.1. Testösszetételi adatok

Az eredmények kiértékelésekor a célkitűzéseinknek megfelelően a vizsgált személyeket két csoportra bontottuk életkoruk alapján. A fiatal csoport átlag életkora $24,56 \pm 2,20$ év, az idős csoport átlag életkora $63,67 \pm 5,34$ év.

A szomatometriai adatok összehasonlításánál (2. táblázat) nem találtunk jelentős különbséget a testmagasságban a fiatal ($1,76 \pm 0,07$ m) és idős ($1,759 \pm 0,05$ m) csoport között. Ezzel szemben a BMI már jelentős eltérést ($p = 0,003$) mutatott (fiatal: $22,90 \pm 1,67$, idős: $26,206 \pm 2,262$), mivel az idős csoport átlagos testtömege ($81,22 \pm 9,16$ kg) nagyobb ($p = 0,012$) volt, mint a fiatal csoporté ($70,89 \pm 6,05$ kg).

Vizsgálatainkban az idős csoport tekintetében hasonló eredményeket kaptunk REILLY és mtsai. (1994) eredményeihez (testtömeg: 75 ± 6 kg, testmagasság: $1,72 \pm 0,08$ m, BMI: $25,4 \pm 3,2$) viszonyítva. Az emelkedett BMI alapján az idős csoport a FARKAS és mtsai. (2008)

által meghatározott obesitas kategóriák (1. táblázat) közül a kissé obese csoportba tartozik. A fiatal csoportról elmondható, hogy átlagos testmagasságúak és testtömegűek, a BMI-jük a normál tartományba esik (FARKAS és mtsai., 2008).

Pearson-féle korreláció segítségével megvizsgáltuk, hogy az egyes mért változók milyen összefüggésben vannak egymással. Mint az várható volt, pozitív korrelációt figyeltünk meg a testtömeg és a BMI között ($p=0,000$, $r=0,839$), illetve a testmagasság és testtömeg között ($p=0,041$, $r=0,486$). Általánosságban elmondható, hogy a testtömeg emelkedése növeli az elhízás mértékét. Köztudott, hogy a BMI nem jellemzi pontosan a vizsgált személyt, mivel figyelmen kívül hagyja a nemet, az életkort és a testzsír arányát, eloszlását, valamint az izomtömeget a testben.

4.2. Teljes antioxidáns kapacitás, tiol-csoport tartalom, kreatin-kináz enzim aktivitás

Az 1. ábrán a fiatal és idős csoport vérplazmából mért teljes antioxidáns kapacitásának (TAC) eredményeit ábrázoltuk. Hasonlóan több leírt tanulmányhoz (PANDEY és RIZVI., 2010; SURESH és mtsai., 2010) nyugalmi állapotban a mi vizsgálatunkban is csökkent TAC volt megfigyelhető idősebbeknél a fiatalokhoz képest (fiatal: $610,220 \pm 31,577 \mu\text{mol/l}$, idős: $583,834 \pm 13,600 \mu\text{mol/l}$), azonban a két csoport között a nyugalmi értékek tekintetében nem találtunk szignifikáns különbséget. Terhelés, rendszeres edzés hatására mind a fiatal, mind az idős csoportban megemelkedett a TAC mennyisége, ami az idős csoportnál egy jelentősebb növekedésben mutatkozott meg. Míg az idős csoportban a TAC mennyisége a kéthetes edzésprogram alatt folyamatosan nőtt, addig a fiatal csoportban 48 óra után érte el a maximumot és jelentős mértékben lecsökkent az edzésprogram végére, hasonlóan FATOUROS és mtsai. (2004) eredményeihez. A statisztikai összehasonlítás során nem találtunk szignifikáns különbséget a vérplazma TAC mennyiségében a két csoport között a különböző mérési időpontokban. Vizsgálatunkban a TAC nyugalmi értéke hasonló volt PASCHALIS és mtsai. (2007) eredményeihez, maximális értéke pedig alacsonyabb.

A 2. ábrán a fiatal és idős csoport vérplazmából mért tiol-csoport tartalmát ábrázoltuk. PRAKASH és mtsai., (2009) tanulmányában közöltekhez képest ($0,4\text{-}0,5 \text{ mmol/l}$) magasabb nyugalmi értékeket kaptunk mindkét csoport esetén (fiatal: $0,588 \pm 0,055 \text{ mmol/l}$, idős: $0,565 \pm 0,067 \text{ mmol/l}$). A csoportokban megfigyelhető az egyszeri edzés hatására bekövetkező csökkenés, azonban VINCENT és mtsai. (2002) eredményéhez hasonlóan a vérplazma tiol-csoport tartalmának emelkedése is a rendszeres edzés hatására. Idős csoportban 1 hét után elérte a maximumot, majd kicsivel a terhelés előtti mennyiség alá csökkent, a fiatal

csoportban pedig tovább nőtt az értéke. Szignifikáns különbséget ($p=0,05$) találtunk a 2 hét után mért tiol-csoport mennyiségben a két csoport között.

A kreatin-kináz enzim aktivitása a fiatal csoportban végig magasabb volt, mint az idős csoportban (3. ábra). Ez valószínűleg az életkorral együtt járó izomtömeg csökkenésnek (szarkopénia) a következménye. A maximumot 24 óra elteltével figyeltünk meg mindkét csoportban, majd folyamatosan csökkent a kéthetes edzés végéig. Más tanulmányokhoz képest (PASCHALIS és mtsai., 2007; THEODOROU és mtsai., 2010) a nyugalmi CK érték a mi vizsgálatunkban kissé magasabb volt, míg a maximum érték sokkal alacsonyabb. Szignifikáns különbséget találtunk a két csoport között 24 ($p=0,002$) és 48 ($p=0,011$) óra elteltével, illetve ugyanezekben az időpontokban negatív korrelációt figyeltünk meg a TAC és CK között ($p_{24}=0,004$, $r_{24}=-0,645$, $p_{48}=0,025$, $r_{48}=-0,524$). Ez arra utal, hogy ha a harántcsíkolt izomszövetben a sérülések nagyobb számban jelentkeznek, akkor az antioxidánsok szintje alacsonyabb.

5. Összefoglalás

A különböző edzés típusok különböző hatásokat váltanak ki a fiatal és idős szervezetben. Az excentrikus-koncentrikus edzésről csak kevés információval rendelkezünk, miként hat időskorban az antioxidáns rendszerekre és van-e különbség a hatásban fiatal és idős alanyok között.

Célunk volt egy kéthetes edzés hatását vizsgálni a vérplazma teljes antioxidáns kapacitásra (TAC), a tiol-csoport tartalmára és kreatin-kináz (CK) enzim aktivitására fiatal és idősebb edzetlen férfiakon.

Vizsgálati személyeink 9 fiatal ($24,56 \pm 2,4$ év) és 9 idősebb ($63,67 \pm 5,34$ év) férfi volt. Az antropometriai paraméterek rögzítése után az alanyok alsó végtagon kivitelezett excentrikus-koncentrikus kontrakciókat hajtottak végre kéthetes edzésprogram során Multicont II dinamométerrel. Intravénás vért vettünk terhelés előtt, a terhelést követő 1. és 2. napon, 1 és 2 héttel később. A vérplazma markereket spektrofotométert alkalmazó protokollok segítségével határoztuk meg.

Az antropometriai adatok összehasonlításánál jelentős különbséget ($p=0,003$) találtunk a BMI értékében, mivel az idős csoport átlagos testtömege jóval nagyobb volt, mint a fiatal csoporté ($p=0,012$).

Az idős csoportban a TAC mennyisége a kéthetes edzés alatt folyamatosan nőtt, a fiatal csoportban 48 óra után érte el a maximumot, majd jelentősen lecsökkent az értéke.

Rendszeres edzés hatására a tiol-csoport mennyisége az idős csoportban 1 hét után érte el a maximumot, majd folyamatosan csökkent, fiatal csoportban pedig tovább emelkedett az értéke. Szignifikáns különbséget ($p=0,05$) találtunk a két csoport között 2 hét elteltével.

A CK maximum 24 óra elteltével jelentkezett mindkét csoportban. Szignifikáns különbséget találtunk a két csoport között 24 ($p=0,002$) és 48 ($p=0,011$) óra elteltével. TAC és CK között negatív korrelációt figyeltünk meg ugyanezekben az időpontokban ($p_{24}=0,004$, $r_{24}=-0,645$, $p_{48}=0,025$, $r_{48}=-0,524$), ami utalhat az izomsérülések növekedése miatt kialakuló antioxidáns szintek pillanatnyi alacsonyabb szintjére.

Idős csoport nyugalmi TAC, tiol-csoport tartalma és CK enzim aktivitása alacsonyabb volt a fiatalokéhoz képest, ami az idősödő szervezetre utal. Rendszeres edzés hatására a TAC javulását bizonyítottuk az idős csoportban és a vérplazma tiol-csoport tartalmának folyamatos emelkedését figyeltük meg a fiatal csoportban. Hosszabbidejű, személyre szabott edzés valószínűleg jobban kimutatná az antioxidáns rendszerek esetleges változásait, a szervezetre kifejtett pozitív hatásukat.

Összességében elmondható, hogy az antioxidáns kapacitás az idősödő szervezetben is jelentősen változik edzés hatására, de különböző kinetikai jellemzők szerint és a fiatalokétól eltérő mértékben. Így az edzések tervezésénél a megfelelő szintű adaptáció kialakításához életkorspecifikus protokollok kialakítása szükséges a meglévő izom megtartása és erősítése érdekében.

6. Irodalomjegyzék

ÁNGYÁN L. (2005): Az emberi test mozgástana. MOTIO Kiadó, Pécs, 220 pp.

ARMSTRONG R. B, WARREN G. L., WARREN J. A. (1991): Mechanism of Exercise-Induced Muscle Fibre Injury. Sport Medicine 12 (3): 184-207.

BAIRD M. F., GRAHAM S. M., BAKER J. S., BICKERSTAFF G. F. (2012): Cratine-Kinase and Exercise-Related Muscle Damage Implications for Muscle Performance and Recovery. Journal of Nutrition and Metabolism 13 pp.

FARKAS L. GY., GYENIS GY., KOCSIS S. G., MARCSIK A. (2008): Fejezetek a biológiai antropológiából. JATEPress, Szeged, 265 pp.

FINAUD J., LAC G., FILAIRE E. (2006): Oxidative Stress: relationship with exercise and training. Sport Med. 36 (4): 327-58.

- FATOUROS I. G., JAMURTAS A. Z., VILLIOTOU V., POULIOPOULOU S., FOTINAKIS P., TAXILDARIS K., DELICONSTANTIOS G. (2004): Oxidative stress responses in older men during endurance training and detraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36 (12): 2065-2072.
- GENTON L., KARSEGARD V. L., CHEVALLEY T., KOSSOVSKY M. P., DARMON P., PICHARD C. (2010): Body composition changes over 9 years in healthy elderly subject and impact of physical activity. *Clinical Nutrition* 30 (4): 436-442.
- JAKOVLJEVIC V. L. J., CUBRILO D., ZIVKOVIC V., DJORDJEVIC D., DJURIC D. (2012): Exercise and Oxidative Stress. In Lushchak V. I. (szerk.): *Oxidative Stress - Enviromental Induxtion and Dietary Antioxidants*. InTech pp.: 33-74.
- JAMURTAS A. Z., FATOUROS I. G. (2012): Eccentric Exercise, Muscle Damage and Oxidative stress. In Zaslav K. R. (szerk.): *An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury*. InTech pp.: 113-130.
- LEWINSKA A., BARTOSZ G. (2008): A role for yeast glutaredoxin genes in selenite-mediated oxidative stress. *Fungal Genetics and Biology* 45: 1182-1187.
- LEWINSKA A., WNUK M., SLOTA E., BARTOSZ G. (2007): Total capacity of cellculturemedia. *Clinical and ExperimentalPharmacology and Physiology* 34:784-786.
- MCARDLE A., JACKSON M. J. (2000): Exercise, oxidative stress and ageing. *Journal of Anatomy* 197: 539-541.
- PANDEY K. B., RIZVI S. I. (2010): Markers of oxidative stress in erythrocytes and plasma during aging in humans. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 3 (1): 2-12.
- PASCHALIS V., NIKOLAIDIS M. G., FATOUROS I. G., GIAKAS G., KOUTEDAKIS Y., KARATZAFERI C., KOURETAS D., JAMURTAS A. Z. (2007): Uniform and Prolonged Changes in Blood Oxidative Stress after Muscle-Demaging Exercise. *In vivo* 21 (5): 877-883.
- PARISE G., PHILLIPS S. M., KACZOR J. J., TARNOPOLSKY M. A. (2005): Antioxidant enzyme activity is up-regulated after unilateral resistance exercise training in older adults. *Free Radical Biology and Medicine* 39 (2): 289-295.
- PETERNELJ T. T., COOMBES J. S. (2012): Antioxidant Supplementation during Exercise Training. *Sport Medicine* 41 (12): 1043-1069.
- PRAKASH M, SHETTY MS, TILAK P, ANWAR N. (2009): Total Thiols: Biomedical Importance And Their Alteration In Various Disorders. *Online J Health Allied Scs.* 8(2):2.
- RADAK Z., CHUNG H. Y., KOLTAI E., TAYLOR A. W., GOTO S. (2007): Exercise, oxidative stress and hormesis. *Aging research review* 7 (1): 34-42.

- RE R., PELLEGRINI N., PROTEGGENTE A., PANNALAA., YANG M., RICE-EVANS C. (1999): Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical in Biology and Medicine* 26:1231-7.
- REICZIGEL J., HARNOSA., SOLYMOSI N. (2007): *Biostatisztika nem statisztikusoknak*. Pars Kft., Nagykovácsi, 455 pp.
- REILLY J. J., MURRAY L. A., WILSON J., DURNIN J. V. G. A. (1994): Measuring the body composition of elderly subject: a comparison of methods. *British Journal of Nutrition* 72: 33-44.
- SEN C. K., PACKER L. (2000): Thiol homeostasis and supplements in physical exercise. *The American Journal of Clinical Nutrition* 72 (2): 653-69.
- SHINDE A., GANU J., NAIK P. (2012): Effect of Free Radicals and Antioxidants on Oxidative Stress: Review. *Journal of Dental and Allied Science* 1 (2): 63-66.
- SIES H. (1997): Oxidative Stress: oxidants and antioxidants. *Experimental Physiology* 82: 291-295.
- SURESH D. R., KUMARAN S., ANNAM V., HAMSAVEENA (2010): Age Related Changes in Malonaldehyde: Total Antioxidant Capacity Ratio – a Novel Marker of Oxidative Stress. *International Journal of Pharma & Bio Sciences* 1 (2).
- THEODOROU A. A., NIKOLAIDIS M. G., PASCHALIS V., SAKELLARIOU G. K., FATOUROS I. G., KOUTEDAKIS Y., JAMURTAS A. Z. (2010): Comparison between Glucose-6-Phosphate Dehydrogenase-Deficient and Normal Individuals after Excentric Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 42 (6): 1113-1121.
- VINCENT K. R., VINCENT H. K., BRAITH R. W., LENNON S. L., LOWENTHAL D. T. (2002): Resistance exercise training attenuates exercise-induced lipid peroxidation in the elderly. *European Journal of Applied Physiology* 87 (4-5): 416-423.

8. Függelék

obesitas osztályok	BMI érték
0 (nem obese)	20-24,9
I (kissé obese)	25-29,9
II (súlyosan obese)	30-40,0
III (vészesen obese)	>40

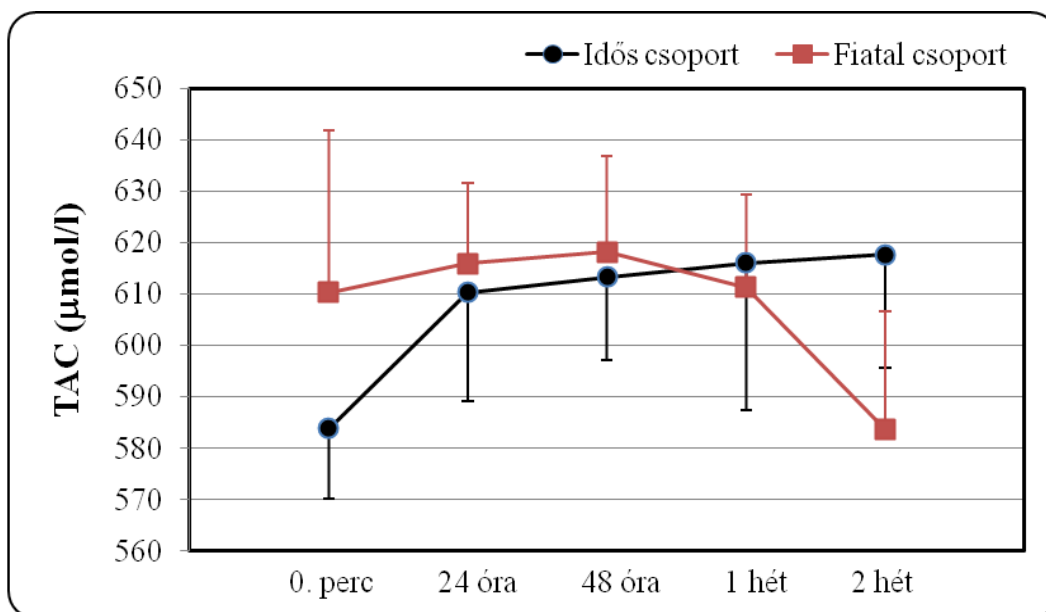
1. táblázat

Az elhízás mértékének csoportosítása (FARKAS és mtsai., 2008)

	Fiatal csoport	Idős csoport
Életkor (év)	24,56±2,20	63,67±5,34
Testmagasság (m)	1,76±0,07	1,759±0,05
Testtömeg (kg)	70,89±6,05*	81,22±9,16*
BMI (kg/m²)	22,90±1,67*	26,21±2,26*

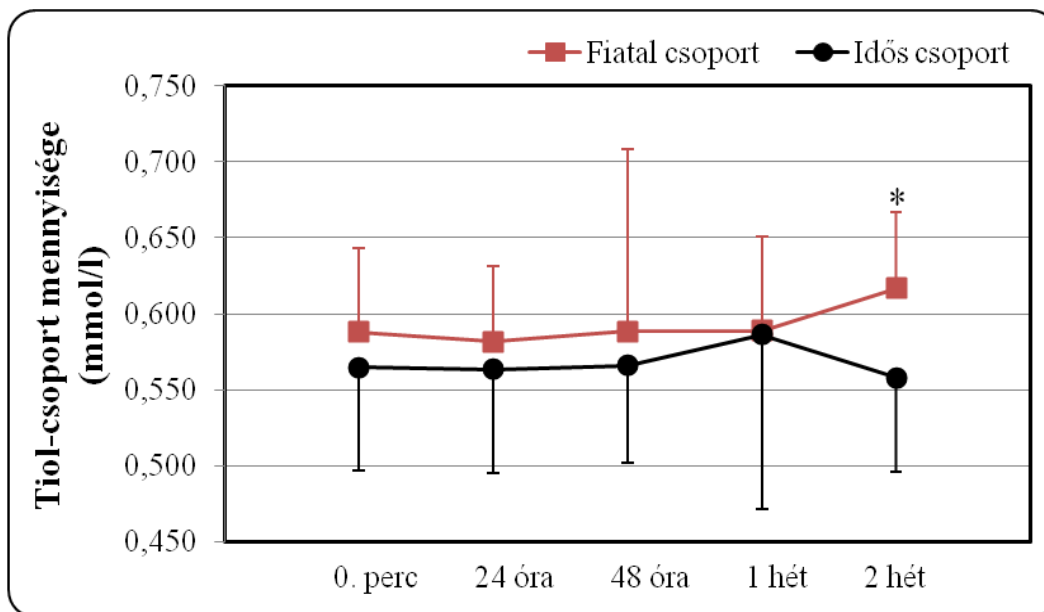
2. táblázat

Vizsgált személyek életkora és szomatometriai adatainak átlaga és szórása



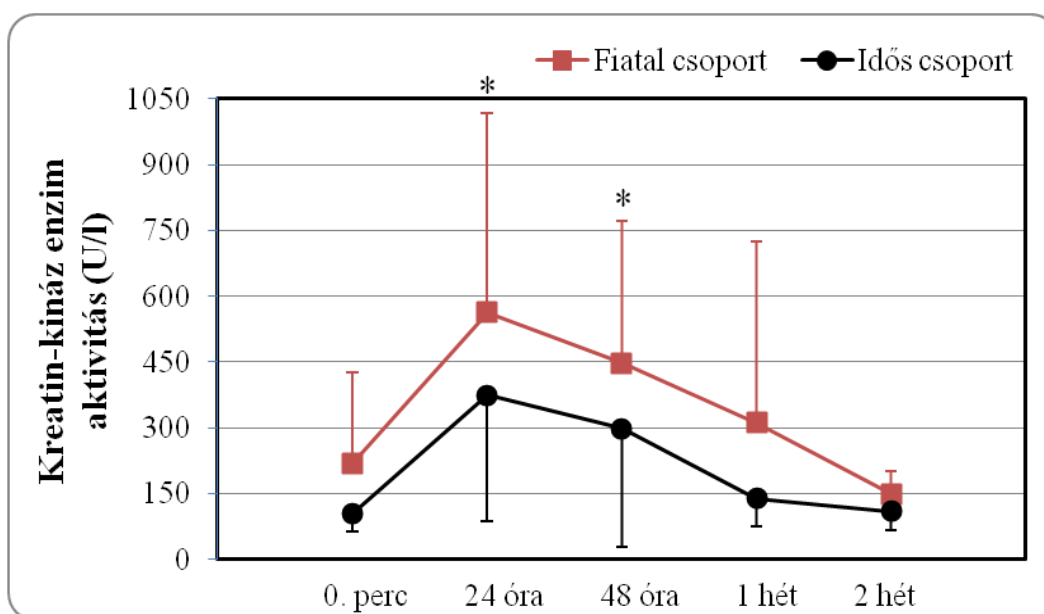
1. ábra

A vérplazma teljes antioxidáns kapacitása (TAC) a fiatal és idős csoportban, az egyes mérési időpontokban



2. ábra

A vérplazma tiol-csoport tartalma a fiatal és idős csoportban, az egyes mérési időpontokban



3. ábra

A vérplazma kreatin-kináz enzim aktivitás a fiatal és idős csoportban, az egyes mérési időpontokban

9. Nyilatkozat a pályázó egyéni hozzájárulásáról a pályaműben leírt eredményekhez

Alulírott Szénási Nikolett Lilla a dolgozatban leírt munkafolyamatok közül a:

- vizsgált minta beválasztását
- mérések lebonyolítását
- adatok feldolgozását és kiértékelését

végeztem el.

A dolgozatot önállóan állítottam össze.

.....

Szénási Nikolett Lilla

sk.

Pécs, 2014. július 9.