

**AZ AKARATLAGOS APNOE IDŐ ALKALMAZÁSA A
MOZGÁSTERÁPIA INTENZITÁSÁNAK
MEGHATÁROZÁSÁBAN, ÉS HATÁSAINAK MÉRÉSÉBEN**

Doktori (PhD) értekezés

Barnai Mária

Pécsi Tudományegyetem
Általános Orvostudományi Kar
Élettani Intézet

Pécs

2007

Doktori iskola vezetője: Dr Szolcsányi János akadémikus

Programvezető: Dr Lénárd László akadémikus

Témavezető: Dr Ángyán Lajos egyetemi tanár

Tartalomjegyzék

Az értekezésben használt rövidítések és mértékegységek	4
1. Bevezetés	5
2. Irodalmi áttekintés	7
2.1. Az egészséges szervezet alkalmazkodása a növekvő intenzitású fizikai terheléshez	7
2.2. Az anaerob küszöb meghatározásának módjai	8
2.2.1. Tejsav küszöb	8
2.2.2. Gázcsere hányados	9
2.2.3. Gázcsere küszöb	9
2.2.4. Ventilációs küszöb	9
2.3. A tréning intenzitásának meghatározása egyszerű módszerekkel	10
3. A terhelési tolerancia változása cisztás fibrózisban	12
4. A terhelési tolerancia változása idős korban	14
5. Az akaratlagos apnoe idő	16
6. Célkitűzések	18
7. Módszerek	19
7.1. Résztvevők	19
7.2. Vizsgálatok	19
7.2.1. Antropometria	20
7.2.2. Az akaratlagos apnoe idő	20
7.2.3. Légzésfunkció	20
7.2.4. Terheléses vizsgálatok	20
7.2.4.1. Az anaerob küszöb meghatározása a vizsgálatban résztvevőknél	22
7.2.4.2. A terhelési tolerancia szubjektív megítélése	22
7.3. Tréning program az idősek számára	22
7.4. Adatfeldolgozás	23
8. Eredmények	24
8.1. Az antropometriai adatok és a légzésfunkció	24
8.1.1. Az AP idő és az életkor	25
8.1.2. AP idő és a légzésfunkció	27

8.2. Az AP idő és a terhelhetőség	28
8.3. A légzésfunkció és a terhelhetőség	33
8.4. Az idősek 8 hetes tréninget követő eredményei	35
9. Következtetések	38
9.1. Az AP idő és az életkor összefüggése	38
9.2. Az AP idő és a légzésfunkció összefüggései	39
9.3. Az AP idő kapcsolata az alveoláris oxigén és széndioxid parciális nyomással	39
9.4. Az AP idő és a fizikai terhelhetőség összefüggései	42
9.5. Nyolc hetes állóképességi tréning hatása idős korban	44
10. Összefoglalás	50
Köszönetnyilvánítás	53
Irodalomjegyzék	54
Az értekezés alapjául szolgáló publikációk és kongresszusi előadások	60
Egyéb közlemények, kongresszusi előadások	61
Mellékletek	64

Az értekezésben használt rövidítések és mértékegységek

AT anaerob küszöb (anaerobic threshold)

VCO₂ (ml/kg/perc) széndioxid leadás

VCO_{2AT}, VCO_{2max} széndioxid leadás az anaerob küszöbnél és a maximális teljesítménynél

VO₂ (ml/kg/perc) oxigén felvétel

VO_{2AT}, VO_{2max} oxigén felvétel az anaerob küszöbnél és a maximális teljesítménynél

PaCO₂, PaO₂ (Hgmm) a széndioxid /oxigén parciális nyomása az artériás vérben

P_ACO₂, P_AO₂ (Hgmm) a széndioxid /oxigén parciális nyomása az alveolusokban

RER, RQ (VCO₂/VO₂) gázcsere arány, gázcsere hányados (respiration exchange rate, respiration quotiens)

T_{VE} ventilációs küszöb (ventilation threshold)

GET gázcsere küszöb (gas exchange treshold)

EQCO₂, EQO₂ (VE/VCO₂, VE/VO₂) széndioxidra ill. oxigénre vonatkoztatott légzési equivalens

Fr_{max}, Fr_{res} maximális szívfrekvencia, szívfrekvencia rezerv

CF cisztás fibrózis (cystic fibrosis)

FVC (l) erőltetett vitálkapacitás (forced vital capacity)

IVC (l) belégzési vitálkapacitás (inspiratory vital capacity)

FEV₁ (l) erőltetett vitálkapacitás az első másodpercben (forced expiratory volume)

V_E (l/perc) percventiláció

HDL magas denzitású lipoprotein (high density lipoprotein)

EtCO₂ széndioxid végkilégzési nyomás (end expiratory tension)

AP idő (s) akaratlagos apnoe idő

COPD krónikus obstruktív tüdőbetegség (chronic obstructive pulmonary disease)

ATt (s) anaerob küszöb ideje (anaerobic threshold time)

WC_{AT}, WC_{max} (watt/kg) teljesítmény az anaerob küszöbnél és a maximális (working capacity)

MET (VO₂/kg/3,5) metabolikus equivalens

Dysp nehézlégzés (dyspnoe) index

LF lábfáradás

1. BEVEZETÉS

A fizikai aktivitás intenzitásának helyes megválasztása kulcsfontosságú kérdés a mozgásterápiában. Akár a rehabilitáció, akár a megelőzés keretein belül tervezünk mozgásprogramot, elengedhetetlen követelmény a program céljának megfelelő, egyénre szabott tréning felállítása.

A mozgató rendszer részletes fizikális vizsgálatával a kontraktilis és nem kontraktilis elemek állapota egészen pontosan felmérhető, és a funkcionális és szöveti diagnózis felállítható. Ez azt jelenti, hogy meghatározható, hogy a mozgás folyamatában melyik funkció károsodott, másrészt, hogy a funkció károsodását, a mozgató rendszer melyik elemének működési rendellenessége okozza (izom, szalag, ízület, ideg stb). A vizsgálat eredményei alapján pontos, adekvát mozgásprogram állítható össze és a terápia eredménye ugyanazokkal a tesztekkel lemérhető.

A fizikai állóképesség, a mozgató rendszer állapotán túl a keringési-légzési-anyagcsere komplexum teljesítményének függvénye. Felmérése és fejlesztése lényegesen bonyolultabb és nem olyan kézzel fogható, mint pl. az ízületek mozgásterjedelme, vagy az izomerő. A rendszer teljesítménye soktényezős, és elsősorban az izommunkán keresztül, közvetve mérhető. A „kardio-pulmonális” állóképesség mutatója lehet pl. a teljesítmény nagysága adott idő alatt, amit nagyszámú esetvizsgálat alapján kategorizáltak. Ilyen a közismert Cooper teszt 12 perces futás próbája, ahol a 12 perc alatt megtett táv jellemzi az állóképességet és sorolja be az egyéneket, nem és életkor szerinti fitességi kategóriákba. Sellye János „stressz elmélete” alapján, a szervezet adaptációja a fizikai terheléshez csak rendszeres, megfelelő, növekvő intenzitású tréning hatására alakul ki. A légzés-keringés-anyagcsere komplexum teljesítményének növelése megkívánja egy olyan szintű intenzitás meghatározását, ahol ez a rendszer eléri gazdaságos munkájának határát, és a rendszeres „stressz” kiváltja a tréningezett rendszerek alkalmazkodását. A „felülterhelés elve” értelmében, az azonos intenzitású munka által kiváltott adaptáció kialakulásának jeleit észlelve, az intenzitást meg kell növelni (sebesség, ellenállás, távolság, idő) hogy a folyamatos fejlődés biztosított legyen.

Az állóképesség komplex felmérése bonyolult, műszer és szakember igényes, és drága vizsgálat. Nagy tömegben, vagy a mindennapi gyakorlatban nem alkalmazható, és nem ismételtető gyakran. Az egészséges emberek állóképességének fejlesztésében, a prevencióban és a rehabilitációban olyan egyszerű vizsgálati módszerekre is szükség van, amelyekkel viszonylag gyorsan és könnyen megítélhető az egyén állapota, meghatározható a mozgásprogram intenzitása és ellenőrizhető a változás.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Az egészséges szervezet alkalmazkodása a növekvő intenzitású fizikai terheléshez

A fizikai terhelés az emberi szervezet teljes egészének alkalmazkodását váltja ki a növekvő intenzitásnak megfelelően. Az erőkifejtéshez szükséges energiát a légzési-keringési-anyagcsere rendszer működése biztosítja. Az állóképesség vizsgálata során a rendszer, a wattban, vagy egyéb teljesítménymutatókban kifejezett teljesítménye mellett, a keringés, a légzés és az anyagcsere mutatóinak változásain keresztül mérhető.

Korrekt terheléses vizsgálat ergospirometriás teszttel történik. A vizsgálat során az egyén folyamatosan, vagy lépcsőzetesen növekvő ellenállással szemben végez munkát (pl. kerékpár ergométeren, futópadon, evezőpadon) a keringés és a légzés folyamatos monitorozása mellett. A teszt közben pontosan mérhető többek között az egyén oxigén fogyasztása (VO_2), széndioxid leadása (VCO_2), ventilációja (V_E), teljesítménye (WC), szívfrekvenciája (Fr). A kapott értékek az antropometriai adatok, a nem, és az életkor szerint kiszámított referenciához viszonyítva minősíthetők. Ha a vizsgált személy nem esik egyéb korlátozás alá, a tréning intenzitása az anaerob küszöbnek (anaerobic threshold - AT) megfelelő paraméterekben határozható meg. Ez az a határ, ahol az oxigénfelvétel még elegendő az aerob energiatermeléshez, de magasabb intenzitásnál már az anaerob folyamatok kerülnek túlsúlyba.

A ergospirometriás vizsgálat pontos AT meghatározásra ad módot. A folyamatosan növekvő terhelés során a készülék méri az egyén oxigén fogyasztását és széndioxid leadását. A terhelés növekedésével párhuzamosan, körülbelül azonos ütemben nő a VO_2 és a VCO_2 . Amíg a felvett oxigén elegendő az aerob anyagcsere folyamatok fenntartására, addig az artériás vérben a széndioxid parciális nyomása (P_aCO_2) nem változik, és a vér pH-ja normális marad. Az AT elérése után az anaerob anyagcsere következtében a szérum tejsav koncentrációja megemelkedik, és a vér pH-ja csökken. A tejsavacidózis kialakulásának elkerülésére és a pH helyreállítására a bikarbonát puffer rendszer gyorsan aktivizálódik és a

tejsav pufferolásából származó széndioxid, hozzáadódik az aerob metabolizmus során keletkező széndioxidhoz. Ennek következtében a ventiláció fokozódik, és a kilégtett levegőben a VCO_2 ugrásszerűen megnő. A bikarbonát puffer aktivitását mutatja a szérumban megjelenő bázishiány is.

Az AT meghatározásának jelentősége kiemelten fontos a keringési-légzési-anyagcsere rendszert érintő betegek mozgásterápiájában, de az egészséges emberek tréningezésében is célszerű megállapítani. Az AT-nél maximált tréningintenzitással, a mozgás hosszú ideig biztonságosan fenntartható, ami alapvető követelmény a tréninghatás elérésében. Másrészt, az AT közelében végzett mozgás nem vált ki metabolikus acidózist, ami különösen fontos a betegeknél.

2.2. Az anaerob küszöb meghatározásának módjai

Az AT meghatározásának célja a páciens állapotának felmérése, a tréning intenzitásának megállapítása, illetve a fejlődés, vagy állapotromlás követése. Bármelyik módszert használjuk az AT meghatározására, az ergospirometriás vizsgálat segítségével pontosan meghatározható az AT-hez tartozó intenzitás (pl. watt-ban, vagy sebességben) és szívfrekvencia. Ez a pont a maximális szívfrekvencia 60-80%-nál, és a maximális oxigénfogyasztás 50-70 % -ánál következik be, az egyén fizikai és egészségi állapotától függően.

2.2.1. Tejsav küszöb

A szérumban tejsav koncentráció változásának mérése az egyik lehetőség az AT meghatározására (tejsav küszöb, laktátküszöb, lactate threshold). A normálisan 1 mmol/l alatti tejsav koncentráció a fizikai aktivitás során eleinte közel állandó marad, lassan emelkedik, majd bizonyos intenzitás után meredeken emelkedni kezd. A görbe meredekségének emelkedése jelenti az aerob-anaerob átmenetet (≈ 2 mmol/l). Az ún. individuális laktátküszöbnek az ennél 1,5 mmol/l-el magasabb értéket tekintjük. A 4 mmol/l a legáltalánosabban használt fix laktátküszöb (Apor 2000). Ennél az értéknél azonban a terhelés intenzitása nem tartható fenn sokáig, így ezt a meghatározást alkalmazva, alacsonyabb intenzitással kell a tréninget végezni. A szérumban tejsav koncentráció

emelkedésével párhuzamosan a bikarbonát koncentráció csökkenése mérhető. Ez a két változás nagyjából azonos VO_2 értéknél következik be (Casaburi 1993), és az AT ennek alapján pontosítható.

2.2.2. Gázcsere hányados

A gázcsere hányados (Respiration Exchange Rate – RER, vagy Respiration Quotient – RQ) a VCO_2/VO_2 aránya, nyugalomban 0,85 körül mozog. Értéke azonban függ az energiaszolgáltatás forrásától, azaz, az oxidált tápanyagtól. A szénhidrátok oxidációja során az $RQ=1$, zsírok esetében az $RQ=0,7$ és a fehérjék oxidációjakor az $RQ=0,8$. A terhelés elején az azonos mértékben növekvő VO_2 és a VCO_2 mellett, az RQ nagyjából változatlan marad. Az anaerob anyagcsere folyamatok dominánssá válásával a tejsav pufferolásából keletkező többlet széndioxid a kilégzett levegőben megjelenik, a VCO_2 görbe meredekebben emelkedik, mint a VO_2 . Az $RQ=1$ érték elérésekor a két görbe keresztezi egymást, ez után a VCO_2 növekedésének üteme felgyorsul, a két görbe egyre jobban eltér egymástól. Ebben az esetben tehát a $RER=1$ tekinthető anaerob küszöbnek.

2.2.3. Gázcsere küszöb

A V-slope módszer a gázcsere küszöböt (gas exchange threshold GET) ahhoz a ponthoz köti, ahol a széndioxid leadás emelkedésének üteme felgyorsul és meghaladja az oxigén felvétel emelkedésének ütemét, vagyis a VCO_2/VO_2 görbe meredeksége >1 (Beaver és mts-ai 1986, Sue és mts-ai 1988, Dickstein és mts-ai 1990, Patessio és mts-ai 1993). A GET általában hamarabb és alacsonyabb VO_2 mellett következik be, mint az $RQ=1$, de ez nem törvényszerű. Ezzel a módszerrel azoknál a személyeknél is meghatározható az AT, akik nem képesek a ventilációjukat jelentősen növelni (pl. obstruktív tüdőbetegek), és ezért a ventilációs küszöb meghatározása nem mindig lehetséges.

2.2.4. Ventilációs küszöb

Az AT meghatározásának másik, noninvazív módja a ventilációs küszöb (Ventilation Threshold – T_{VE}) vizsgálata. Az AT-t a metabolikus acidózis hatására bekövetkező légzési equivalens (EQ) változás jelzi (Reinhard 1979). Az EQ az oxigén vagy a széndioxid és a ventiláció arányát mutatja, vagyis azt fejezi ki, hogy egységnyi O_2 felvétele, vagy CO_2 kilégzése hány liter levegőből lehetséges (VE/VO_2 , VE/VCO_2). Az alveoláris ventiláció

normálisan, a vér CO_2 koncentrációjának emelkedésével egyenes arányban nő. A vérben a tejsav pufferolásából származó széndioxid többlet hyperventilációt vált ki, és a légzési equivalens megváltozik. A hyperventiláció ezen a szinten elsősorban a légzésszám növekedésének és nem térfogatának emelkedéséből adódik. Ilyen körülmények között a holtter légzés aránya megnő, ezért az oxigénre vonatkoztatott légzési equivalens (EQO_2) gyorsan emelkedik, míg a széndioxidra vonatkoztatott légzési equivalens (EQCO_2) egy ideig még változatlan marad, és az emelkedés csak később következik be. Az AT az EQO_2 hirtelen emelkedéséhez, az EQO_2 görbe töréspontjához köthető.

Az AT meghatározására legáltalánosabban használt módszer a gázcsere küszöb mérése. Meghatározására a módosított V-slope módszert alkalmazzák azon a ponton, ahol a VCO_2 emelkedésének üteme éppen meghaladja a VO_2 növekedésének ütemét, és így a VCO_2/VO_2 görbe meredeksége >1 . Nyugalomban a VO_2 értéke magasabb, mint a VCO_2 , és az RQ értéke 1 alatt van. Fizikai terhelés során a VO_2 és a VCO_2 párhuzamosan növekszik a fokozódó energia produkciónak megfelelően. Amíg az anyagcsere folyamatok elsősorban aerob úton biztosítják az energiát, az RQ értéke a növekvő gáztérfogatok mellett alig változik. Terhelés közben a VCO_2 növekedésének felgyorsulását, a kilégtett levegőben megjelenő széndioxid többlet jelzi, ami mutatja, hogy a tejsav felhalmozódására a bikarbonát puffer működésbe lépett.

Dickstein és mts-ai (1993) szerint CF betegeknél az $\text{RQ} = 1$ érték sokkal jobb összefüggést mutat a maximális oxigén felvétellel, mint a gázcsere küszöbvel meghatározott AT, ezért légzési betegeknél ezt a meghatározást ajánlják.

2.3. A tréning intenzitásának meghatározása egyszerű módszerekkel

Egészséges felnőtt embereknél számos olyan vizsgálat történt, aminek célja az aerob állóképességi tréning intenzitásának megközelítően pontos kiszámítása, invazív beavatkozások nélkül. Közös ezekben a vizsgálatokban, hogy valamilyen egyszerűen megmérhető, vagy kiszámítható paraméterből határozza meg a maximális értéket (pl. a szívfrekvenciát), és ennek százalékában adja meg a tréning kívánt intenzitását. Ezek a

számítások az AT-t célozzák meg, és abban maximálják a tréning intenzitását. A számításos módszerek alkalmazhatóságát alátámasztják Schmidt (1989) eredményei, amelyek szerint jelentős korreláció mutatható ki a Fr és a VO₂ között.

Az aerob tréning intenzitása a VO_{2max} százalékában is meghatározható. Ehhez vagy meg kell mérni, vagy ki kell számolni az egyén VO_{2max}-át. Az egyén körülbelüli maximális oxigén fogyasztása a szívfrekvencia, a verőtérfogat és az arteriovenozus oxigéndifferencia ismeretében kiszámítható (Ángyán 1993): $VO_{2max}=p \times SV \times AVDO_2$ (p=pulzus, SV=verőtérfogat, AVDO₂=arteriovenozus oxigéndifferencia). A tréning intenzitása a VO_{2max} 50-70 % - ával történik.

A legegyszerűbb eljárás, az életkor szerinti maximális szívfrekvencia (Fr_{max}) meghatározása (220-életkor). Az így kapott érték kb. 70%-a egészséges egyéneknél, nagyjából megfelel az AT-nek. A módszer hátránya, hogy az életkoron kívül semmit nem vesz számításba, és így nem tükrözi az egészség, vagy a kondíció romlását. Emellett az életkor növekedésével, jó általános kondíció mellett is nagyon alacsony tréningpulzust eredményez.

A Karvonen formulával számolt pulzus küszöb, a Fr_{max}-on túl a nyugalmi Fr-át (reggeli ébredési pulzus) is figyelembe veszi, ami az egyén egészségi és edzetségi állapotára jellemző mutató (McArdle és mts-ai 1991). A számítás során meghatározza a pulzus tartalékot (Frekvencia reserv - Fr_{res}) az életkori maximális pulzusból kivonva a nyugalmi pulzust [Fr_{res}=(220-életkor)-ébredési pulzus]. A Fr_{res} 60-80%-át hozzáadva a nyugalmi Fr-hoz az egyénre jellemző ajánlott tréningpulzus határozható meg: Fr_{res}* 0,7 + ébredési pulzus. Ez a módszer egyre elterjedtebb, szívesen alkalmazzák keringési betegségek megelőzésében, vagy testsúlycsökkentő tréningeken (alacsonyabb intenzitással).

A tréning intenzitás szubjektív meghatározása Borg szerint (1982), egy 0-10 vagy, 0-20 pontos vizuál analóg skála segítségével történik. A skála egyes értékeihez a fizikai munka szöveges minősítése tartozik, és az egyén ennek segítségével értékeli a terhelés mértékét (1 sz. melléklet). A Borg skálát a mozgásterápiában, pl. a kardiológiai rehabilitációban is alkalmazzák, ahol az intézeti rehabilitáció során a beteg a számára előírt

tréningprogram teljesítése közben rögzíti a számára optimális terhelés minőségét (pl. nehéz) és a hozzátartozó számértéket, pl. 14 a 20-as skálán. A továbbiakban, az élethosszig tartó rehabilitáció jegyében, ezt a minősítést és számértéket bármilyen fizikai aktivitás közben szem előtt tartva, optimális testedzést tud végezni.

3. A terhelési tolerancia változása cisztás fibrózisban

A krónikus légúti betegségben szenvedők reakciója a fizikai terhelésre eltér az egészséges egyénekétől. Nem csak a légző, hanem a keringési rendszer teljesítményében, az energia-produkció hatékonyságában, a vázizomzat erejében és teljesítményében is változások következnek be.

A cisztás fibrózis (cystic fibrosis - CF) a leggyakoribb végzetes kimenetelű autoszomális recesszív öröklődő genetikai betegség a fehér populációban (Gibson és mts-ai 2003). A génmutáció a hámsejtek kloridion-transzportjának zavarát okozza. Ennek következtében a só és a víz nem tud a sejtekben megfelelően keresztülhaladni (Gyurkovits 1991). A betegségben a hámsejtek által termelt váladék viszkozitása és adhezivitása fokozott, sűrűbb és tapadósabb a normálnál. A probléma minden külső elválasztású mirigyre érint, de az életminőség szempontjából a legfontosabb az emésztő traktus és a tüdő nyáktermelésének megváltozása. Az emésztő enzimek mirigyeinek (főleg a hasnyálmirigy) kivezető járatait a sűrű szekrétaum elzárja, az emésztő enzimek mennyiségének csökkenését, vagy teljes hiányát okozva. A komplex felszívódási zavar nemcsak a fehérjéket, szénhidrátokat és zsírokat, hanem a vitaminokat, különösen a zsírban oldódó vitaminokat, esszenciális mikroelemeket is érinti. A betegek jellemző a retardált testi fejlődés, és energiahányos állapot. A kóros légúti váladék miatt a mucociliaris transzport csökken, a tüdő öntisztulása elégtelenné válik. A váladék retenció légúti obstrukciót okoz, kiújuló fertőzésekhez és végül a tüdőszövet pusztulásához vezet (emfizéma és fibrózis). A hasznos légzőfelület egyre kisebb lesz és az arteria pulmonalis hálózat összkeresztmetszete csökken.

A tüdőszövetet érintő destruktív folyamatok mellett a légzésmechanika is romlik. A légúti obstrukció következtében légscapdák alakulnak ki, a tüdő felfúvódik (hiperinfláció), a kilégzés akadályozottságának leküzdése nagy terhet ró a kilégzési segédizmokra. A magas,

belégzési állásban rögzült mellkas térfogatának további növeléséhez az esszenciális légzőizmok működése nem elegendő, a belégzés is támogatásra szorul. A belégzést segítő izmok hatásfoka alacsony, energiafelhasználásuk magasabb, mint az elsődleges légzőizmoké. Az elégtelen gázcsere és a jobb szívfélre háruló egyre növekvő terhelés miatt jobb szívfél elégtelenség (cor pulmonale) alakulhat ki.

Mindezek következtében a betegek terhelési toleranciája csökken. A légzés elégtelensége miatt kompenzált respirációs acidózis állhat fenn, viszonylag normális pH-val és bázishiánnyal. Az ilyen betegnél az aerob terhelésen túli mozgásintenzitás hatására bekövetkező metabolikus acidózis felboríthatja a sav-bázis egyensúlyt, és a korlátozott ventiláció miatt annak helyreállítása lényegesen elhúzódóbb, mint egészséges embereken.

A légzési és energiaellátási zavarokkal küzdő betegeknél az izomzat fejlődése és a fizikai állóképesség elmarad a normálistól. A csökkent aktivitás fokozza a terheléskor jelentkező légzési problémákat (nehézlégzés, légszomj, fulladásérzés), így a beteg motivációja egyre csökken. A folyamat egy circulus vitiosus, ami a betegek teljes inaktivitásához, a keringési és légző rendszer teljesítményének nagyfokú csökkenéséhez, a vázizomzat atrófiájához vezethet.

A CF betegek életminősége elsősorban a légzési-keringési rendszer állapotától és a fizikai állóképességüktől függ. Az emésztő enzimek hiányának pótlására ma már kiváló készítmények állnak rendelkezésre, így a kombinált felszívódási zavar következményei sok esetben megelőzhetők, vagy legalább csökkenthetők. Kétségtelen, hogy az állóképességi tréningnek kiemelten fontos szerepe van a betegek állapotának javításában, vagy megőrzésében (Prasad és mts-ai 2002). A megfelelő intenzitású aerob tréning növeli az aerob kapacitást, a fizikai állóképességet és az életminőséget (Selvadurai és mts-ai 2002). Klijn és mts-ai (2003) tanulmánya szerint a VO_2max és a FEV1 változása között egyenes összefüggés mutatható ki CF betegeknél. Baldwin és mts-ai (1994) és O'Neill és mts-ai (1987) bizonyították, hogy az aerob tréning csökkenti a nehézlégzést, és javítja a mucociliáris aktivitást. A rendszeres tréning lényegesen nem javít a specifikus légzésfunkciós eredményeken (FEV_1), de növeli az aerob kapacitást, az állóképességet és javítja az életminőséget (Law és mts-ai. 2001; Meyers és mts-ai 2002). Turchetta (2004) egy 12 hetes progresszív tréning program hatására szignifikáns növekedést mért a VO_2max , a

V_E , a Fr_{max} értékekben és a terhelés idejében. Blau és mts-ai (2002) a légutak megtisztítása mellett a fizioterápia másik legfontosabb feladatának az állóképesség növekedését célzó megfelelő fizikai tréningprogram összeállítását tartják. Casaburi és mts-ai (1991) krónikus obstruktív tüdőbetegek 8 hetes aerob tréning programjának eredményeit értékelve kimutatták, hogy a tréning előttivel azonos szintű teljesítményt a betegek alacsonyabb tejsav koncentrációval és ventilációval képesek teljesíteni. Annak ellenére, hogy a CF betegek maximális ventilációja, teljesítménye, szívfrekvenciája és oxigén felvétele lényegesen alacsonyabb, mint az egészséges egyéneké, aerob tréning közben nem jelentkezik jelentős deszaturáció (>5%), és a kilégzés végi oxigén-, és széndioxidnyomás is hasonló, mint az egészségeseknél. Az anaerob küszöbön túli teljesítmény azonban a betegeknél sokkal alacsonyabb, és a V_E alig haladja meg az AT-nél mért értéket (Shah 1998).

Az említett eredmények is alátámasztják, hogy a fizikai tréningnek aerob energiatermelés mellett kell történnie, mert a betegek a korlátozott ventiláció és gázcsere mellett nem tudják a tejsav-acidózis pufferolásából származó széndioxid többletet kilélegezni. A tréning intenzitásának meghatározására az anaerob küszöb (AT) pontos megállapítására van szükség, nem elegendő az egészséges személyeknél alkalmazható egyszerűbb módszerek használata (Freeman és mts-ai 1993). CF betegeknél a kardio-pulmonális állapot gyakran, rövid időn belül változik, és a tréning intenzitásának alkalmazkodnia kell ehhez a változáshoz. A terhelés-élettani vizsgálatok idő, költség, és szakember igénye azonban igen magas, a betegek számára megterhelő, és nem ismételtető gyakran.

4. A terhelési tolerancia változása idős korban

Jól ismert tény, hogy az életkor előrehaladtával olyan élettani változások következnek be, amelyek jelentősen befolyásolják a fizikai aktivitást. Csökken például, a VO_{2max} és ezzel együtt a fizikai teljesítmény, akárcsak a szív és érrendszer rugalmassága és teljesítménye, ami így a terhelés közben, a szövetek fokozódó oxigén és tápanyag igényét csak korlátozott mértékben tudja kielégíteni. Az anyagcsere folyamatok lassúbbodnak, gyakori a hőszabályozás zavara, aminek igen jelentős szerepe van a fizikai aktivitás során. A növekvő

életkorral csökken a korfüggő maximális szívfrekvencia (Fr_{max}), így az ebből számított tréningpulzus is egyre alacsonyabb. A normál élettani változások mellett a keringési-, légző- és idegrendszer egyes betegségeinek megjelenési esélye számottevően megnövekszik. A maximális aerob kapacitás csökkenése összefügg a kardio-vaszkuláris betegségek előfordulási gyakoriságának emelkedésével is (Shephard 1986).

Kohrt és mts-ai (1998) arra is rámutattak, hogy 65 év körül a VO_{2max} csökkenése eléri a 40%-ot, míg az Fr_{max} csökkenése csak 15-20%. Ezért ebben az életkorban a VO_{2max} és a Fr_{res} alapján kiszámított tréningpulzus már nem egyezik.

A fizikai aktivitás előnyeiről az idősebb korosztálynál számos tanulmány beszámol. Van Pelt és mts-ai (2001, 2002) kimutatták, hogy menopausa után, 66 éves nőknél a törzs zsírtömegének növekedése erősen csökkenti az inzulin érzékenységet, hyperinsulinaemiát okoz, növeli a szérum triglicerid szintjét, csökkenti a magas denzitású lipoprotein (HDL) szintet, megnövelve ezzel a szív és keringési rendszer betegségek előfordulásának esélyét. Ugyanilyen populációt vizsgálva Kohrt és mts-ai (1998) és Evans és mts-ai (2001) bizonyították, hogy hormonpótlással egybekötött rendszeres fizikai tréning, kedvezően befolyásolja a testtömeg összetételt, különösen az abdominális zsírtömeget csökkenti és növeli a csontsűrűséget.

Az American College of Sport Medicine (ACSM 1990) ajánlásában felhívja a figyelmet, hogy idős korban a kardio-pulmonális tréning lassabban növeli a VO_{2max} -ot, de a növekedés kimutatható. Ugyanakkor azt is bemutatja, hogy az aktívan sportoló idős emberek maximális oxigénfelvétele lassabban csökken, mint a nem sportoló fiatal ülő foglalkozású embereké. Ezt az állítást erősítik Shephard (1986) eredményei is, aki bizonyította, hogy az állóképességi sportot űző egyének VO_{2max} -a magasabb, mint az azonos korú inaktív egyéneké. Pimentel és mts-ai (2003) 60 év fölötti egyéneket vizsgálva tanulmányukban leírták, hogy a VO_{2max} csökkenése dekádonként abszolút értékben (ml/kg/10év) nagyobb a sportoló személyeknél, mint a nem sportolóknál. Ezzel együtt azonban, a sportolók VO_{2max} -a magasabb, és a csökkenés százalékos értéke nem különbözik a másik csoporttól (-10,8% és -11,2%).

Az előző tanulmány alapján a fiatalabb életkorban megszerzett állóképesség tehát idősebb korban is jobb kondíciót biztosít. Steals és mts-ai azt is bebizonyították, hogy az

idős korban kezdett tréning is eredményesen növelheti az aerob állóképességet. 60-69 éveseket tréningeztek 6 hónapig közepes intenzitású gyaloglással (ACSM 1990). Ez idő alatt a VO_{2max} 12%-os emelkedését érték el. A következő 6 hónapban az intenzívebb kocogást is bevezették a tréningbe, ami további 18%-al növelte a VO_{2max} -ot. Paterson és mts-ai (2004) 55-85 éves egyéneket vizsgálva megállapították, hogy az életkor, a betegségek megjelenése, és a VO_{2max} a legfontosabb tényezők a független életvitel fenntartásában. A többi tényező mellett, a VO_{2max} csökkenés minden 1 ml/kg/perc-e 14%-al növeli a függetlenség elvesztésének esélyét.

A hazai, és nemzetközi szakirodalomban a 80 évesek terhelhetőségével nagyon kevés tanulmány foglalkozik. Olyan publikációval, ami a rendszeres progresszív állóképességi tréning mérhető hatásairól számolna be ebben a korosztályban, a szakirodalomban nem találkoztunk.

5. Az akaratlagos apnoe idő

Az akaratlagos apnoe idő (AP idő) az egyén akaratlagos légzés visszatartásának ideje, számos tényezőtől függ. Az AT idő, különböző tüdőtérfogatokban mérhető (maximális belégzésben, nyugalmi belégzés után, nyugodt, vagy erőltetett kilégzés után).

A töréspont, a légzés visszatartás során akkor következik be, amikor az újabb légzéskényszer megtöri a légzés visszatartásának szándékát, és az egyén nem képes tovább a légzésszünetet akaratlagosan fenntartani. Ezt a töréspontot keresve, a kutatók mechanikai faktorokat (tüdőtérfogat, a légzés mechanikája), kémiai faktorokat (hypoxaemia, hypercapnia), a légző izmok akaratlan kontrakcióját, pszichológiai faktorokat (stressz, motiváció), valamint külső tényezőket (edzés, izomerősítés) találták a legfontosabbnak (Lin és mts-ai 1974, Whitelaw és mts-ai 1981, Ward 2001, Stroud és mts-ai 1959, Fowler és mts-ai 1954, Cain 1957, Courteix és mts-ai 1993). Ezek a faktorok egymással kölcsönhatásban határozzák meg az AP idő hosszát.

Agostoni és mts-ai (1963) a rekeszizom akaratlan kontrakcióját vizsgálták légzés visszatartás közben. A rekeszizom elektromos aktivitását bipoláris nyelőcső elektródák segítségével ellenőrizték. A légzés visszatartás végét jelentő erős rekeszizom aktivitást, az intratorakális nyomás csökkenésével határozták meg, amit egy nyomásmérő nyelőcső

ballonnal mérték. Kutatásukban az alveoláris széndioxid parciális nyomásának ($P_{A}CO_2$) emelkedését tartották a töréspont elsődleges okának. A légzés visszatartás végét a $P_{A}CO_2 \approx 45$ Hgmm-nél mérték szobalevegő belégzése után és ≈ 48 Hgmm-nél oxigén belégzése után.

Courteix és mts-ai (1993) szerint a kémiai és nem kémiai hatások egyformán, és egymással összefüggésben hatnak a légzőközpont motoneuron aktivitására. A motoneuron aktivitás azonos $P_{A}CO_2$ mellett, hosszabb AP idő esetén magasabb.

Az AP idő vizsgálatában az 1950-es évektől élen jártak a „szabadtüdős merülést” befolyásoló okok felderítésére irányuló tanulmányok. Betegeken alig néhány vizsgálatot végeztek az akaratlagos AP idő meghatározására. Hurevitz és mts-ai 1987-ben túlsúlyos egyéneken találtak megrövidült AP időt. Kimutatták, hogy elhízott egyéneken a nyugalmi alveoláris oxigén parciális nyomás ($P_{A}O_2$) jelentősen alacsonyabb, és a légzés visszatartás első 15 másodperce után 70 Hgmm alá esik. Tascar és mts-ai 2002-ben obstruktív sleep apnoe szindrómás betegeken mérték alacsony AP időt, ami összefüggésben állt a magas nyugalmi széndioxid végkilégzési nyomással ($EtCO_2$). Perez-Padilla és mts-ai (1989) magas korrelációt találtak az AP idő, a FEV_1 és a dyspnoe között asthma broncciale-ban szenvedő betegeknél. Gay és mts-ai (1994) erős dohányosokon, krónikus obstruktív tüdőbetegeken (COPD), és kongesztív szívelégtelen betegeken mérték csökkent AP időt (átlag 25 s), szemben a más betegeken mért átlag 45 s-mal.

6. CÉLKITŰZÉSEK

Az előző vizsgálatok azt látszanak alátámasztani, hogy az AP idő a légzési, keringési és anyagcsere betegségekben, vagy azok egy részében megrövidül, és összefügg a légzésfunkció és a gázcsere változásaival. Bizonyítottnak tekinthető, hogy a kémiai faktorok, így a PCO_2 és a PO_2 , igen jelentős szerepet játszanak az AP idő hosszában.

Nem találtunk azonban a szakirodalomban olyan tanulmányt, ami vizsgálta volna az AP idő és a fizikai állóképesség összefüggéseit. Kutatásaink célja az volt, hogy olyan egyszerű vizsgálati eljárást dolgozzunk ki, amely műszerek és invazív beavatkozások nélkül, gyorsan elvégezhető, jellemzi az állóképességet és tükrözi az állóképesség változását.

1. Kutatásaink arra irányultak, hogy kimutassák, van-e összefüggés: az AP idő és, a légzésfunkció, valamint a terhelhetőség között. Kerestük az összefüggéseket az AP idő és az oxigénfogyasztás, a teljesítmény, és a maximális percventiláció között.
2. Vizsgáltuk, hogy az életkor hogyan befolyásolja az AP idő hosszát, és hogy eltérő kondicionális állapotban lévő egészséges és beteg embereknél hogyan változnak a vizsgált összefüggések.
3. Kiemelten vizsgáltuk, hogy az egyszerűen mérhető AP idő alkalmas-e a CF betegek állapotának megítélésére.
4. Tanulmányunkban arra is választ kerestünk, hogy 80 év körül növelhető-e számottevően a kardio-pulmonális állóképesség, azaz az oxigén felvétel, a teljesítmény, a terhelés intenzitásának szubjektív megítélése, és a változást mutató mért és szubjektív adatok mennyire felelnek meg egymásnak.
5. Vizsgáltuk továbbá, hogy az AP idő követi-e az állóképesség változását ebben az életkorban, és az esetleges összefüggés mértéke az AP idő és a légzésfunkció, valamint az állóképességi mutatók között hogyan változik a tréning program után.

7. MÓDSZEREK

7.1. Résztvevők

Összesen kilencven különböző állapotú és életkorú egészséges és beteg egyén vett részt a tanulmányban. A résztvevőket a vizsgálatok során életkoruk, fizikai aktivitásuk és egészségi állapotuk szerint csoportosítottuk:

1-es csoport: egészséges fiatal versenysportolók (26 fő)

2-es csoport: egészséges edzetlen fiatalok (20 fő)

3-as csoport: egészséges, rendszeresen sportoló középkorúak (12 fő)

4-es csoport: egészséges idős egyének (9 fő)

5-ös csoport: CF betegek, eltérő általános állapotban (23 fő)

A különböző életkorú egészséges egyéneknél a tanulmányban való részvétel feltétele volt a légzési, keringési, anyagcsere és mozgásszervi betegségek hiánya. A sportolók csoportjába rögbi, kerékpár, kézilabda és kajakozó versenyzők tartoztak. A CF betegek a felmérés idején kielégítő, de eltérő általános állapotban voltak, akut betegségben nem szenvedtek. Az idősek a Szegedi Egyházmegyei Krízishelyzet-megoldó Szeretotthon lakói voltak. A programra előzetes tájékoztatás után önként jelentkeztek. Valamennyien akut betegségtől mentes, jó általános egészségi állapotban voltak. Bár egészségesnek mondták magukat, a jelentkezők anamnézisében gyógyszeresen beállított magas vérnyomás (négy fő), II-es típusú diabetes mellitus (egy fő), valamint az arteria femoralist érintő, több mint tíz éve operált érszűkület (egy fő) fordult elő.

7. 2. Vizsgálatok

A vizsgálatok három különböző intézetben folytak. Az idősek, korukra való tekintettel, teljes belgyógyászati kivizsgáláson vettek részt a Szegedi Tudományegyetem Általános Orvosi Karának Tüdőgyógyászati Tanszékén, Deszken. A cisztás fibrózisos betegek vizsgálata a Református Egyház Mellkasi Betegségek Szakkórházában, Mosdóson történt,

az egészséges fiatal és középkorú önkénteseket a Szegedi Tudományegyetem Egészségügyi Főiskolai Kar, Fizioterápiás Tanszékének terhelés-élettani laborjában Szegeden vizsgáltuk. A résztvevőket tájékoztattuk a vizsgálatok menetéről, és aláírásukkal hozzájárultak, hogy eredményeiket tudományos vizsgálatok céljára felhasználjuk, és névtelenül publikáljuk.

7.2.1. Antropometria. A testtömeget (kg) digitális személyi mérlegen mértük (pontossága 0,2 kg), a testmagasságot egyszerű falra szerelhető testmagasság mérővel (cm). Kiszámítottuk a testtömeg indexet (Body mass index – BMI): [testsúly / testmagasság²] kg/m².

7.2.2. Az akaratlagos apnoe idő (AP idő) meghatározása maximális belégzés után történt. A mérés során felszólítottuk a vizsgált személyeket, hogy egy maximális kilégzést követő mély belégzés után tartsák vissza légzésüket, ameddig bírják. Az adatok elemzésekor a három próbálkozásból a legjobb eredményt használtuk fel. Az egyes kísérletek között 5 perc szünetet tartottunk. A mérést nyugodt ülő helyzetben, orr klipsz használatával végeztük. Az AP idő (sec) hosszát a belégzés végétől, a következő kilégzés kezdetéig, stopperórával mértük

7.2.3. Légzésfunkció. A légzésfunkció vizsgálatokor az erőltetett kilégzési vitálkapacitást (FVC) és az erőltetett vitálkapacitást az első másodpercben (FEV₁), ezek százalékos arányát a referencia értékekhez (FVC % és FEV₁%), valamint egymáshoz viszonyított arányukat (FEV₁/FVC) vizsgáltuk. Az idős és a beteg személyeknél a légzésfunkciót teljes testpletizmográfal (6200 Autobox DL, PISTON Bodyscope), a többi résztvevőnél a CARDIOVIT CS-200 (Schiller) spiroergométeren, pneumotachográfal mértük.

7.2.4. Terheléses vizsgálatok. A tanulmányban feldolgozott adatok három különböző intézményből származtak. Ennek megfelelően a felmérések nem azonos készüléken, de azonos környezeti feltételek mellett történtek. A vizsgálati protokollban a vizsgált személyek eltérő életkora és egészségi állapota miatt szintén volt különbség. A vizsgálat minden esetben kerékpár-ergométeren, progresszíven növekvő terheléssel, az egyéni terhelési tolerancia határáig („nem bírom tovább”) történt. A terheléses vizsgálat során nem haladtuk meg az egyén életkori maximális szívfrekvenciájának (220-életkor) 90%-át, illetve

megszakítottuk a vizsgálatot a vérnyomás inadekvát emelkedése esetén. Eltérés a vizsgált személyek adaptációs képességének megfelelően, a bemelegítési szakasz hosszában, a bemelegítő terhelés intenzitásában, és az intenzitás növelésének mértékében volt. A pedál fordulatszáma minden esetben kb. 60/perc volt.

Az idősek terhelési toleranciáját Vmax Encore CPX ergospirometriás (Senzor Medics) készüléken vizsgáltuk. A nyugalmi adatrögzítés után a vizsgált személyek 20 watt ellenállással hajtották a kerékpárt három percig, majd a terhelést kétpercenként folyamatosan 10 wattal növeltük.

A CF betegek terheléses vizsgálatát CPX/D System (MedGraphycs) kerékpár-ergométeren végeztük. A nyugalmi mérések után 2 perces bemelegítés következett ellenállás nélkül. A bemelegítést követően az intenzitás folyamatosan, percenként 10 wattal növekedett.

Az egészséges fiatalok és középkorúak vizsgálata CARDIOVIT CS-200, Ergo-Spiro 900 (Schiller) készülékkel történt. A nyugalmi adatrögzítés után 50 watton két perces bemelegítést követően, az intenzitást folyamatosan, percenként 25 wattal növeltük.

A vizsgálat közben 12 elvezetéses EKG készülékkel folyamatosan rögzítettük az elektrokardiogrammot, a szívfrekvenciát és minden második percben mértük a vérnyomást. Mindegyik készülék kerékpár-ergométerhez csatlakoztatott személyi számítógépből, EKG monitorból, áramlás/jelformáló egységből és gázanalizátorból állt. A vizsgált személyek a teszt során, orr-száj maszkon keresztül lélegeztek, ahonnan a gázanalizátor mintavételezése történt. A készülék légvételről légvételre mérte az oxigén felvételt (VO_2), a széndioxid leadást (VCO_2) és a ventilációt (V_E), és folyamatosan mérte a teljesítményt (Workig Capacity - WC) és az időt.

Lejegyeztük az anaerob küszöb elérésének idejét (Anaerobic Threshold time - ATt). Rögzítettük továbbá a testtömegre vonatkoztatott relatív teljesítményt és relatív oxigén felvételt az anaerob küszöbnél (WC_{AT} , VO_{2AT}) és a maximális terhelésnél (WC_{max} , VO_{2max}). Az adatok elemzésekor a relatív teljesítményt és oxigén felvételt használtuk.

7.2.4.1. Az anaerob küszöb meghatározása a vizsgálatban résztvevőknél

Az anaerob küszöb (Anaerobic Threshold - AT), azaz az aerob-anaerob anyagcsere határának meghatározása kétféle módon történt. A CF betegek kivételével, anaerob küszöbnek a legáltalánosabban használt gázcsere küszöböt tekintettük. Meghatározására a módosított V-slope módszert alkalmaztuk. CF betegeknél a RER =1 értékét tekintettük az AT mutatójának.

7.2.4.2. A terhelési tolerancia szubjektív megítélése

Az idősek csoportjában a kerékpár-ergometriás vizsgálat során a terhelési tolerancia határán, a résztvevők egy tíz pontos vizuál-analóg skálán értékelték a nehézlégzés (dyspnoe –Dysp) és a lábfáradás (LF) mértékét. A vizsgálatban résztvevőknek meg kellett határozni, hogy a terhelés maximumánál mennyire korlátozta a teljesítményüket a nehézlégzés, illetve az alsóvégtag izomzatának fáradása. A tíz pontos skálán, szándékosan csak a szélső értékeket minősítettük, hogy a vizsgálati személyeknek ne kelljen a megfelelő kifejezéseket keresgélniük az értékeléskor. A dyspnoe skálán az 1-es értéket a „légzésem teljesen szabad és könnyű”, a 10-es értéket az „alig kapok levegőt” minősítéssel jellemeztük. A lábfáradás megjelölésénél az 1-es érték a „lábam egyáltalán nem fáradt el” és a 10-es érték a „lábam nem bírja tovább” meghatározásokat alkalmaztuk. A szubjektív Dysp és LF értékeket a nyolc hetes tréning program előtt és után is rögzítettük.

7.3. Tréning program az idősek számára

A felmérésben résztvevő idősek egy nyolc hetes tréning programot teljesítettek, szobakerékpáron. A foglalkozások hetente háromszor, alkalmanként 40-50 percig, gyógytornász felügyelete mellett zajlottak. Az edzéseket a bemelegítő mozgások után a résztvevők alacsony terheléssel kezdték 3 percig, majd a kerékpár ellenállását a tréningpulzus eléréséig növelték. A maximális tréningpulzust az ergospirometriás vizsgálat során a V-slope módszerrel meghatározott anaerob küszöbnél mért értékben adtuk meg. Az első két héten a tréning időtartamát 20 percről fokozatosan emeltük 40 percre, majd az

utolsó három héten a résztvevők, ha akarták, megnövelhették 50 percre. A résztvevők akkor növelhették az időtartamot 50 percre, ha állandó ellenállás mellett a szívfrekvencia az előírt tréningpulzusnál tartósan alacsonyabb volt. A tréningek alkalmával háromszor történt vérnyomásmérés: nyugalomban, a terhelés 20. percében, és 5 perccel a kerékpározás után. A szívfrekvenciát folyamatosan pulzusszámláló fülklipsszel ellenőriztük.

7. 4. Adatfeldolgozás

A statisztikai analízist a Statistica for Windows programmal végeztük. Az eredmények értékelésekor rögzítettük az átlag értékeket és az átlag hibáját (Mean \pm SEM).

Pearson féle korreláció analízissel vizsgáltuk az összefüggéseket az AP idő és az életkor, a légzésfunkciós értékek (FVC, és FEV₁), az anaerob küszöbnél mért oxigén felvétel (VO_{2AT}), a maximális oxigén felvétel (VO_{2max}), a maximális perc ventiláció (V_E), valamint az anaerob küszöbnél mért teljesítmény, és a maximális teljesítmény (WC_{AT}, és WC_{max}) között. Az összefüggéseket korcsoportonként, egészségi állapot, és edzettség szerint külön-külön vizsgáltuk. A szignifikancia meghatározására a p<0,05 értéket alkalmaztuk. Kiemelten vizsgáltuk az idős csoportban a fent említett összefüggéseket egy nyolc hetes állóképességi tréning előtt és után.

Az idősek csoportjában a tréning eredményeinek értékelésére Student T-tesztet használtunk. Összehasonlítottuk az VO₂ változását a tréning előtt és után az anaerob küszöbnél és a maximális teljesítménynél, a teljesítményt az anaerob küszöbnél és a terhelés maximumán, az AT elérésének idejét (ATt), valamint a maximális teljesítménynél meghatározott nehézlégzés (Dysp) és lábfáradás (LF) eredményét.

8. EREDMÉNYEK

8.1. Az antropometriai adatok és a légzésfunkció

Az eredmények értékelésekor kizártuk a tanulmányból azokat a résztvevőket, akiknek valamelyik mérési eredménye hiányzott, vagy akiknél a terheléses vizsgálatot, vagy a tréninget valamilyen okból meg kellett szakítani. A vizsgálatban résztvevők összesített antropometriai és légzésfunkciós adatait az I. táblázat mutatja.

	AP idő (s)	Életkor (év)	Testsúly (kg)	BMI	FVC (l)	FVC% (%)	FEV1 (l/s)	FEV1% (%)	FEV ₁ /FVC %
Sportoló (20 fő)	64 (±4,2)	20 (±0,4)	81,4 (±1,89)	23 (±0,56)	5,7 (±0,11)	99 (±1,4)	4,8 (±0,09)	98 (±1,5)	83 (±1,4)
Edzetlen fiatal (12 fő)	61 (±4,6)	23 (±1,1)	64 (±3,35)	22,4 (±0,7)	3,8 (±0,20)	92 (±3,7)	3,5 (±0,18)	96 (±2,6)	90 (±1,9)
Aktív középkorú (8 fő)	50 (±4,5)	44 (±2,6)	72,7 (±5,80)	24 (±1,4)	4,5 (±0,25)	111 (±4,0)	3,7 (±0,21)	109 (±2,5)	83 (±1,3)
Idős (6 fő)	33 (±6,7)	80 (±1,1)	70,2 (±3,04)	28 (±1)	2,8 (±0,36)	114 (±8,2)	2,2 (±0,29)	114 (±8,39)	77 (±2,5)
CF betegek (18 fő)	25 (±2,9)	20 (±0,8)	47,3 (±1,4)	15,2 (±1,1)	2,4 (±0,32)	62 (±9,1)	1,4 (±0,28)	48 (±10)	54 (±4,2)

I. táblázat A vizsgált személyek antropometriai és légzésfunkciós adatai. Az adatok az átlag értékeket és az átlag hibáját (±) mutatják.

Az egészséges edzetlen fiatalok csoportjában 12 fő, 8 nő és 4 férfi (20-28 év), a fiatal versenysportolóknál 20 fő, mind férfi (18-24 év), a középkorú rendszeres fizikai aktivitást végző személyek közül 8 fő, 5 nő és 3 férfi (38-54 év), az egészséges idős egyének csoportjában 6 fő, 3 férfi és 3 nő adatait dolgoztuk fel (77-83 év). A légzésfunkciós

eredmények az életkori referencia értékekhez viszonyítva a normál tartományban mozognak, vagy azt kissé meg is haladják, mind a négy egészséges csoportban. Az erőltetett vitálkapacitás az életkori „kell értékek” 92 és 114 %-a közötti értékeket mutat (FVC%), a FEV₁ referencia értékekhez viszonyított aránya 96 és 114 % között mozog (FEV₁%).






A CF betegek csoportjában 18 fő, 13 nő és 5 férfi (15-31 év) adatait elemeztük. Egészségi állapotuk eltérő, légzésfunkciós eredményeik obstruktív és restriktív tüdőbetegséget mutatnak. A FVC és a FEV₁ is jelentősen csökkent. Az FVC% 24,4 és 104,6 között, a FEV₁% 16,8 és 97 között változik. A FEV₁/FVC értéke (35 - 76 %) is különböző mértékű légúti obstrukciót jelez.

A BMI a fiatal és középkorú csoportokban hasonló, az idősek csoportjában kissé magasabb, a betegeknél alacsonyabb a normál átlag értékeknél.

8.1.1. Az AP idő és az életkor

Az AP idő az életkorral csökken, ez a csökkenés, 20 éves kortól a 80 éves korig majdnem eléri az 50 százalékot. A nagyjából azonos korú edzett és edzetlen fiatalok AP ideje között nincs jelentős különbség. A két fiatal csoporthoz közeli átlagéletkorú CF betegek AP ideje 60 %-kal alacsonyabb, mint az egészségeseké, és még a 80 évesek AP idejénél is rövidebb.

Az AP idő és a többi paraméter közötti korreláció ábrázolásakor, a grafikonok tengelyeinek értékhatárát egységesen állítottuk be, kivéve az életkor és az AP idő összefüggésének ábrázolását az egészségesek és a CF betegek csoportjában, mert az azonos értékhatár nagyon eltorzítja a betegek grafikonját (1. és 2. ábra). A csoportok értékeit mindig azonos színnel jelöltük:

Edzetlen fiatalok	
Versenysportolók	
Aktív középkorúak	
Idősek	
CF betegek	

A II. táblázat a vizsgált csoportok kerékpár-ergometriás adatait mutatja. A Cf betegek adatait egyénenként a 2. sz. melléklet részletezi.

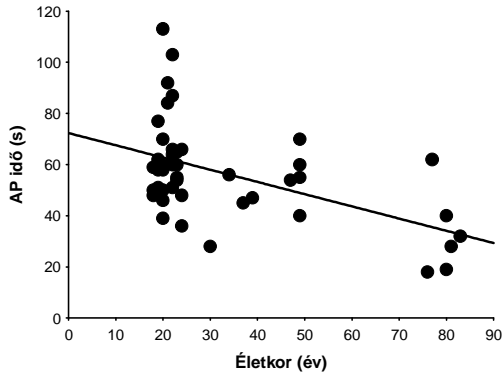
	WC _{AT}	WC _{AT} /Ts	WC _{max}	WC _{max} /Ts	VO _{2AT}	VO _{2AT} /Ts	VO _{2max}	VO _{2max} /Ts	VE
	(watt)	(watt/kg)	(watt)	(watt/kg)	(l/perc)	(ml/kg/perc)	(l/perc)	(ml/kg/perc)	(l/perc)
Sportoló	151 (±8)	1,9 (±0,1)	254 (±6,9)	3,1 (±0,1)	2,2 (±0,09)	27,5 (±0,95)	3,5 (±0,08)	43,1 (1,32)	89,5 (±3,39)
Edzetlen fiatal	108 (±9,1)	1,7 (±0,11)	157 (±13,1)	2,4 (±0,14)	1,6 (±0,12)	25,5 (±1,16)	2,3 (±0,19)	35,9 (±1,89)	62,5 (±6,3)
Aktív középkorú	90 (±6,9)	1,3 (±0,10)	164 (±10)	2,3 (±0,11)	1,3 (±0,12)	17,8 (±1,34)	2,2 (±0,13)	30,4 (±1,22)	61,0 (±4,70)
Idős	41,7 (±4,89)	0,6 (± 0,05)	78 (±7,9)	1,1 (±0,08)	0,65 (±0,06)	9,2 (± 0,55)	0,9 (±0,07)	13,0 (± 0,55)	45,7 (±5,79)
Cf betegek	72 (±2,9)	1,5 (±0,12)	124 (±12,9)	2,6 (±0,23)	0,75 (±0,07)	15,9 (±1,34)	1,15 (±0,58)	23,9 (±1,34)	–

II. táblázat Az ergospirometriás vizsgálat eredményei. Az adatok az átlag értékeket és az átlag hibáját (±) mutatják.

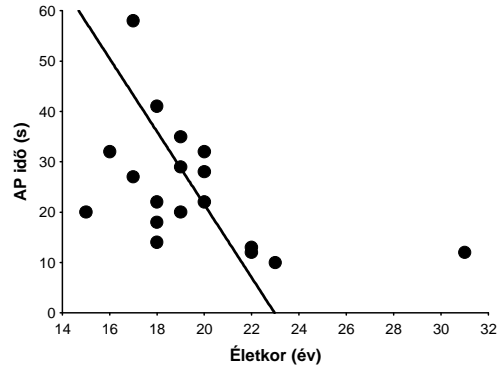
Az AP időhöz hasonlóan, a betegek csoportját kivéve, a többi vizsgált adat is a korrallal csökkenő tendenciát mutat. 80 éves korra a fizikai teljesítmény, a 20 éves érték (nem sportoló) 49 %-ára, a testsúlyra vonatkoztatott érték 45 %-ra csökken. A VO_{2max} csökkenése ennél intenzívebb, abszolút értékben a 20 éves csoport eredményeinek 39 %-a, testsúlyra vonatkoztatott relatív oxigén felvétel 33 %. A WC_{AT} 37 %-ra, a VO_{2AT} 40 %-ra a relatív VO_{2AT} 36 %-ra csökken. A V_E csökkenése jóval kisebb mértékű, a 20 évesekéhez képest 74 %. A versenysportoló fiatalok minden tekintetben meghaladják az azonos korúak értékeit. A CF betegek jóval alatta maradnak a hasonló korú nem edzett fiatal csoport eredményeinek. Különösen szembetűnő az oxigén felvétel csökkenése.

A korreláció az AP idő és az életkor között szignifikáns, $r=-0,51$ (1. ábra) az egészséges populációban. Külön értékeltük az összefüggést az AP idő és az életkor között

CF betegeknél, ahol szintén jelentős negatív korreláció látható $r=-0,47$ (2. ábra). Annak ellenére, hogy a CF betegek átlagéletkora 20 év (15-31 év) az AP idő náluk a legrövidebb.



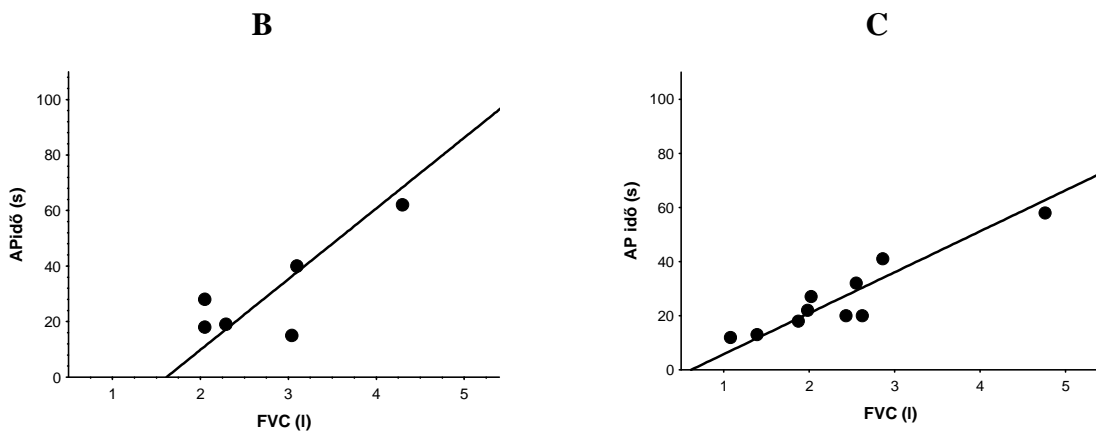
1. ábra. Az AP idő és az életkor közötti korreláció, egészséges egyéneken: a korrelációs együttható $r= -0,51$ ($p<0,05$).



2. ábra. Az AP idő és az életkor közötti korreláció CF betegeken: a korrelációs együttható $r= -0,47$ ($p<0,05$).

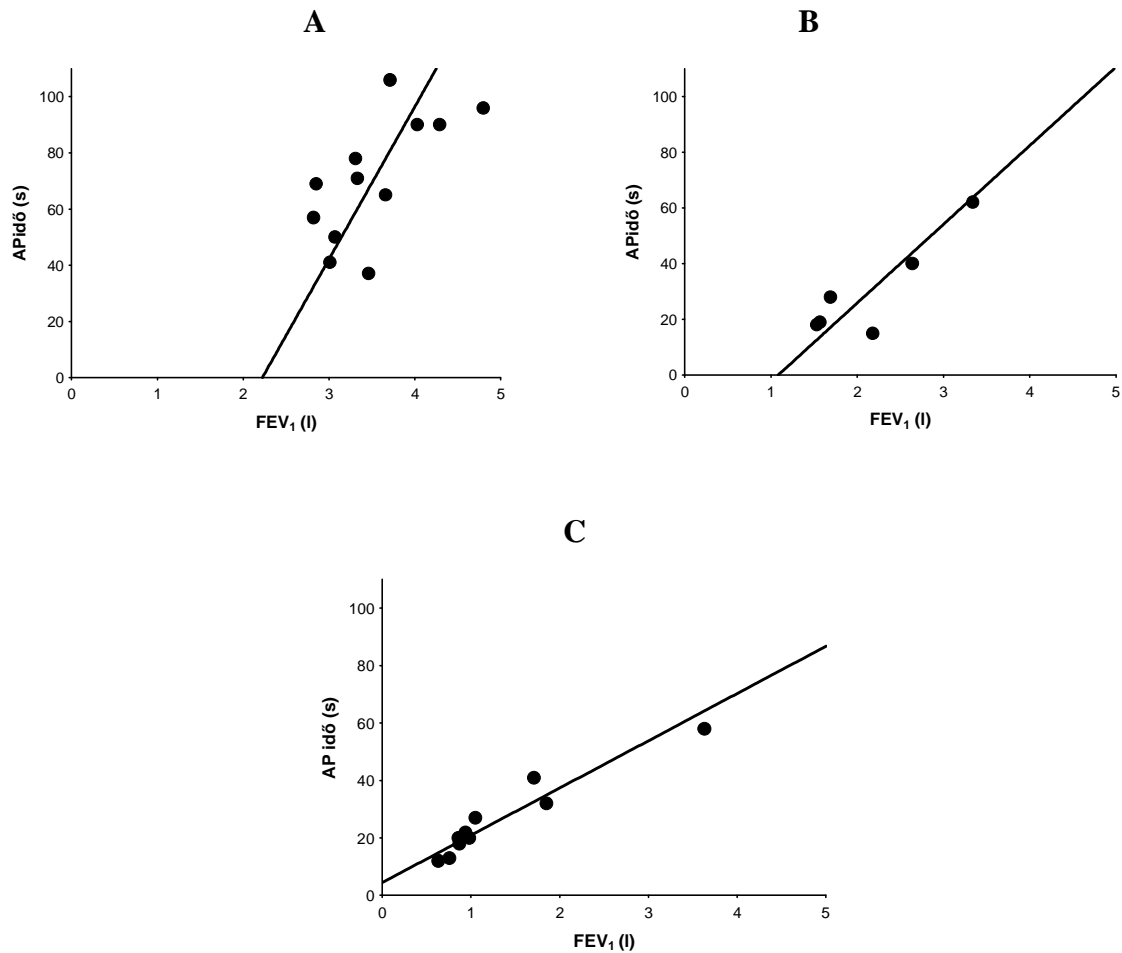
8.1.2. AP idő és a légzésfunkció

A légzésfunkciós értékek, jelentős korrelációt mutatnak az AP idővel (3. és 4. ábra). Az összefüggés az AP idő és a FVC között az idősek és a CF betegek, az AP idő és a FEV_1 között az edzetlen fiatalok, az idősek és a betegek csoportjában mutatható ki.



3. ábra. Korreláció az AP idő és az FVC között: idősek (B), CF betegek (C)

A korrelációs együttható az AP idő és az FVC összefüggésében $r=0,84$ az idősek, és $r=0,93$ a CF betegek csoportjában. A többi csoportban nem találtunk jelentős korrelációt.

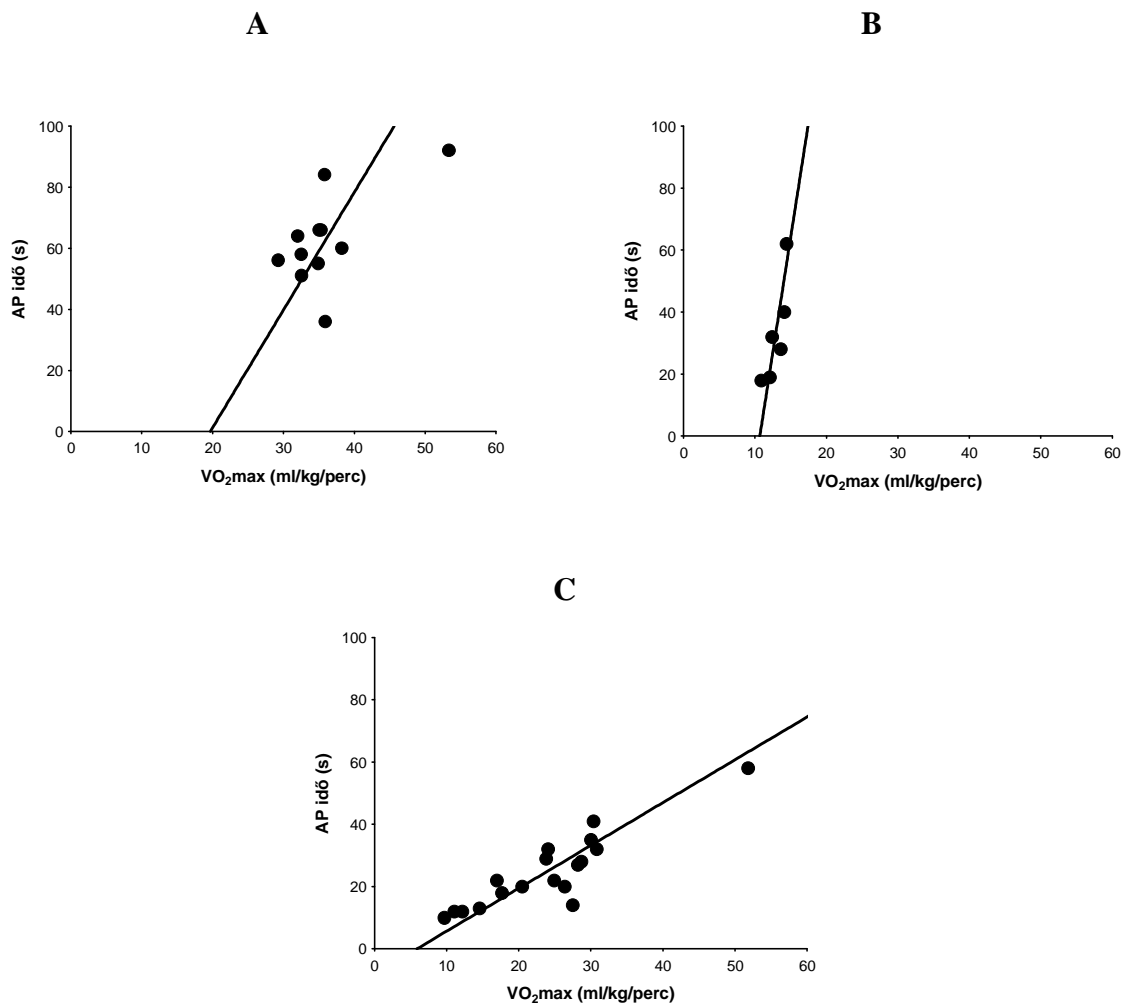


4. ábra: Korreláció az AP idő és az FEV₁ között: fiatal edzetlenek (A), idősek (B), CF betegek (C)

Az AP idő és a FEV₁ között a korrelációs együttható $r=0,69$ az edzetlen fiatalok, $r=0,83$ az idősek, és $r=0,95$ a CF betegek csoportjában. A másik két rendszeresen tréningező csoportban az adatok között nem találtunk statisztikailag szignifikáns összefüggést.

8.2. Az AP idő és a terhelhetőség

A $VO_2\max$ (5. ábra), az aktív középkorúak, és a versenysportolók kivételével valamennyi csoportban jelentős korrelációt mutat az AP idővel.

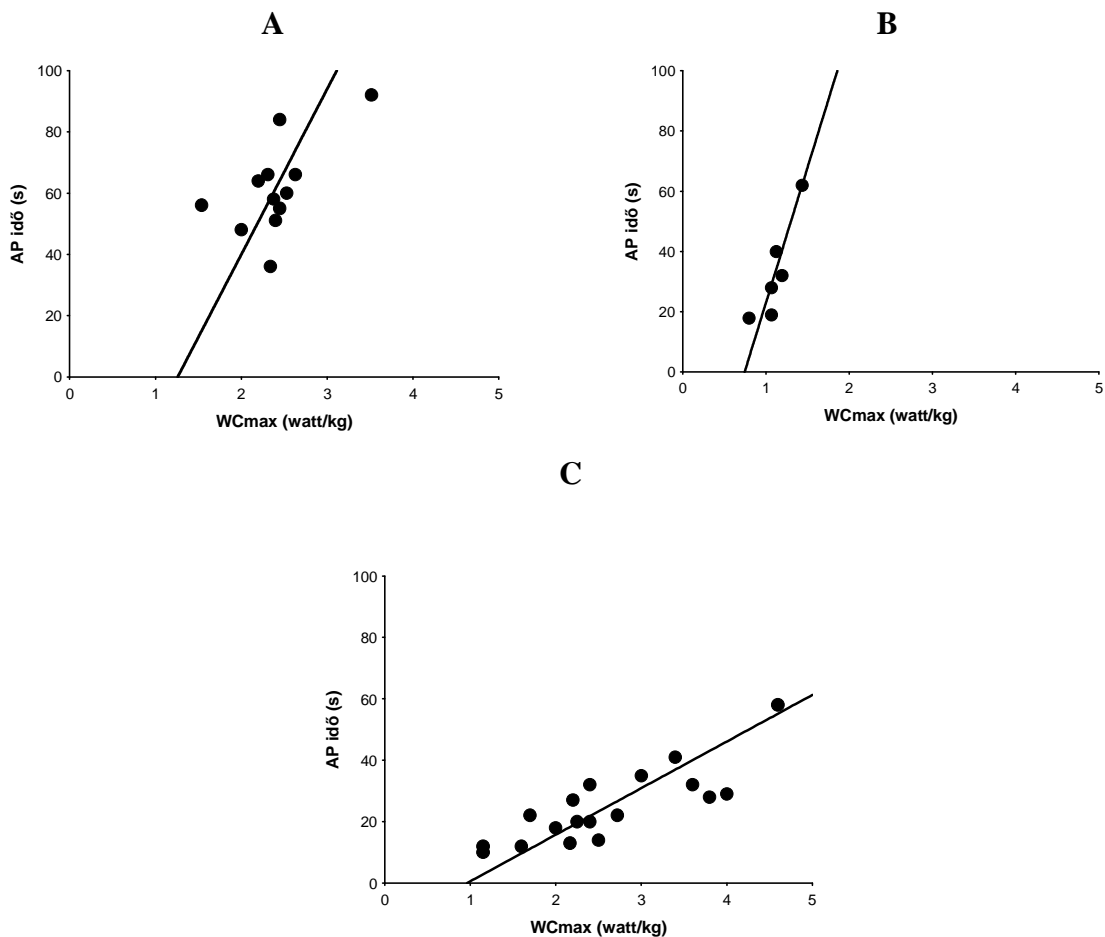


5. ábra: Az AP idő és a $VO_2\max$ közötti korreláció: edzetlen fiatalok (A), idősek (B), CF betegek (C)

A korrelációs koefficiens a $VO_2\max$ és az AP idő között $r=0,66$ az edzetlen fiataloknál, $r=0,82$ az időseknél, és $r = 0,89$ a CF betegeknél.

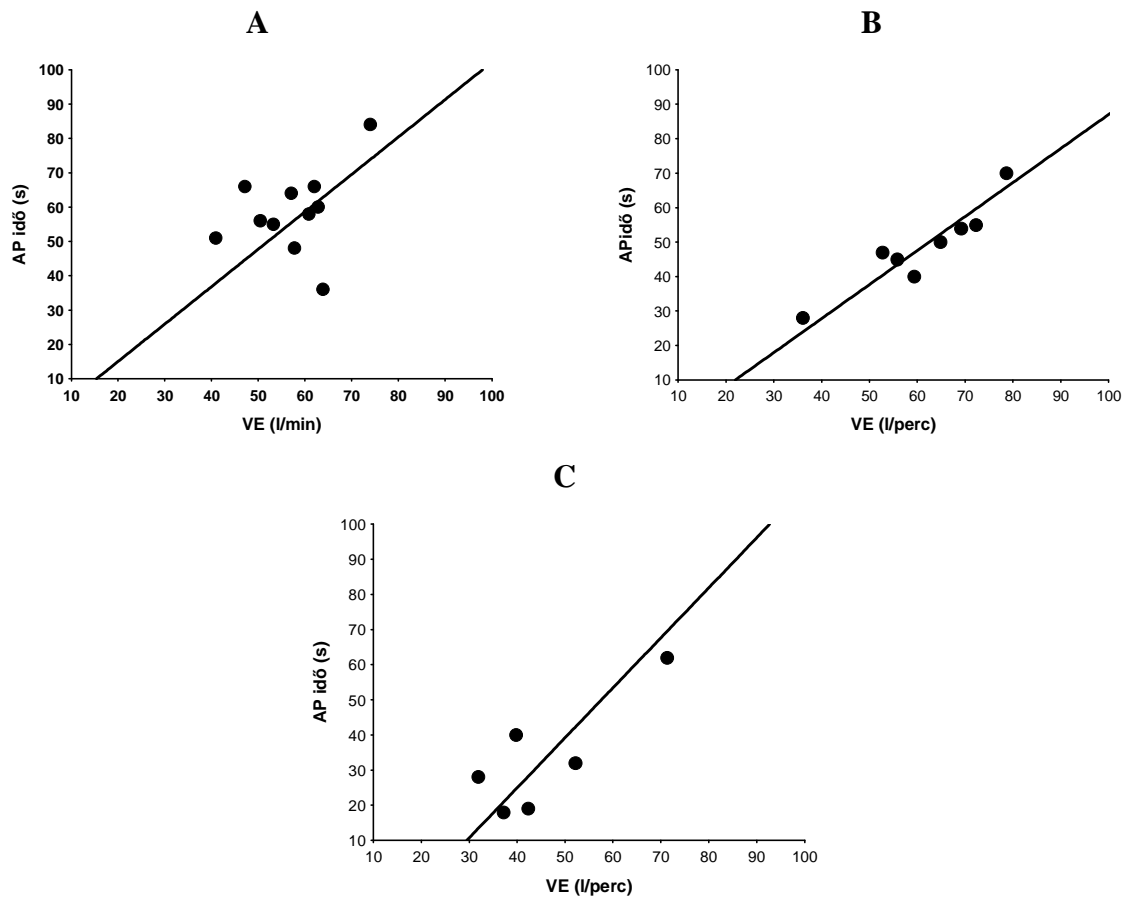
Az előző eredményhez hasonlóan, az AP idő és a $WC\max$ közötti összefüggés a versenysportolók és az aktív középkorúak kivételével minden csoportban kimutatható (6 ábra).

A korrelációs együttható $r=0,83$ az edzetlen fiatalok, $r=0,88$ az idősek és $r=0,82$ a CF betegek csoportjában.



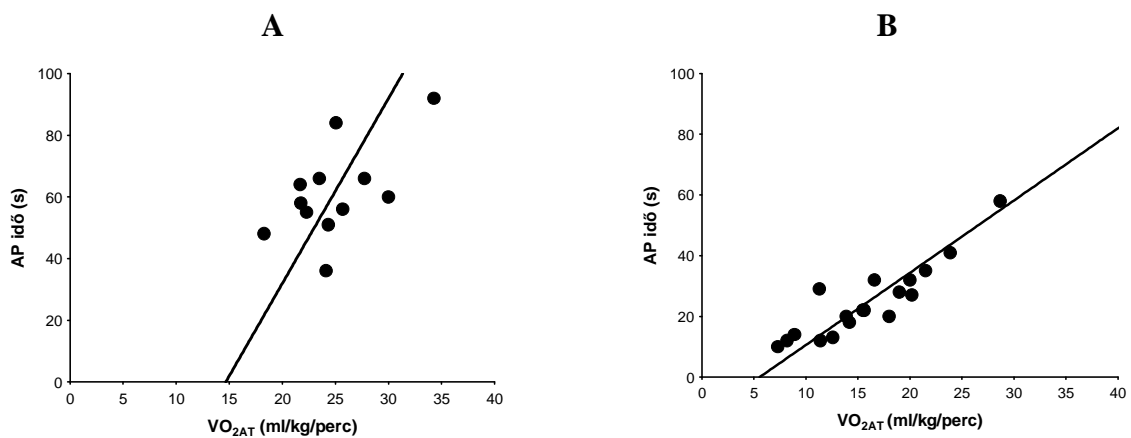
6. ábra: Az AP idő és a WCmax közötti korreláció: edzetlen fiatalok (A), idősek (B), CF betegek (C)

A V_E és az AP idő közötti korreláció mértéke jelentős volt, de szélesebb keretek között mozgott: $r=0,69$ az edzetlen fiataloknál, $r=0,91$ a középkorúaknál, és $r=0,81$ az időseknél (7. ábra). A ventilációról a CF betegeknél nincs adatunk.



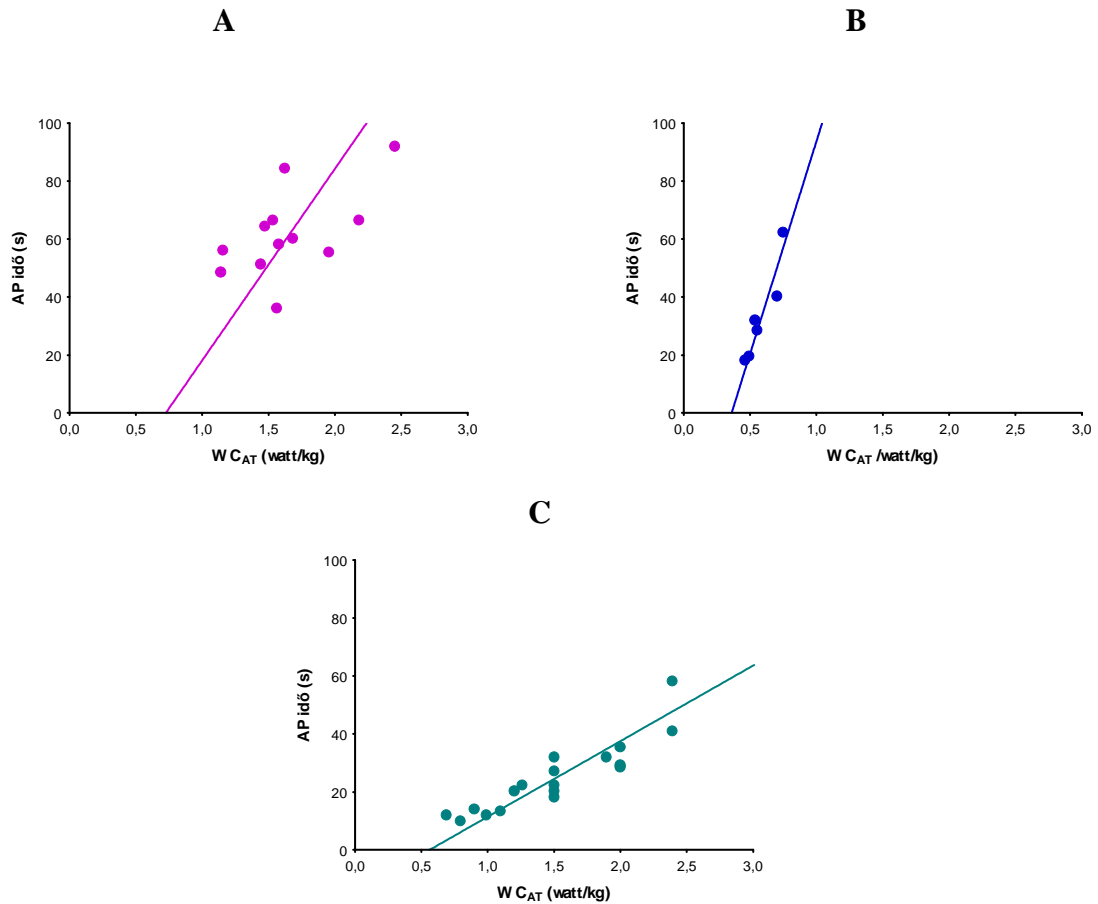
7. ábra: Az AP idő és a ventiláció közötti korreláció: edzetlen fiatalok (A), aktív középkorúak (B), idősek (C)

Az anaerob küszöbnél mért VO_2 és az AP idő közötti összefüggés az edzetlen fiataloknál ($r=0,6$) és a CF betegeknél ($r=0,9$) volt jelentős (8. ábra).



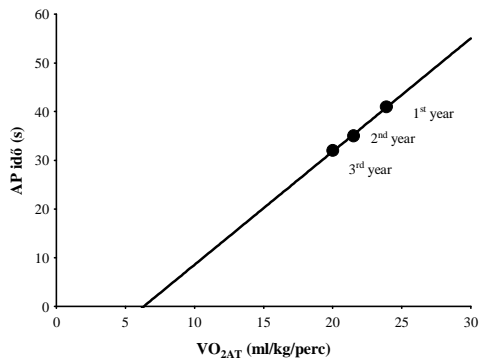
8. ábra: Korreláció az AP idő és a VO_{2AT} között: edzetlen fiatalok (A), CF betegek (B)

Az AP idő és a WC_{AT} közötti korreláció szignifikáns az edzetlen fiataloknál $r = 0,59$, az időseknél $r=0,95$ és a CF betegeknél $r = 0,90$ (9. ábra).



9. ábra: Az AP idő és a WC_{AT} közötti korreláció: edzetlen fiatalok (A), idősek (B), CF betegek (C).

A 10. ábra egy CF beteg három egymást követő évben mért adatait mutatja. Pozitív korreláció látható a VO_{2AT} és AP idő között. A három év során egyre csökkenő AP időt és VO_{2AT} -t mértünk.

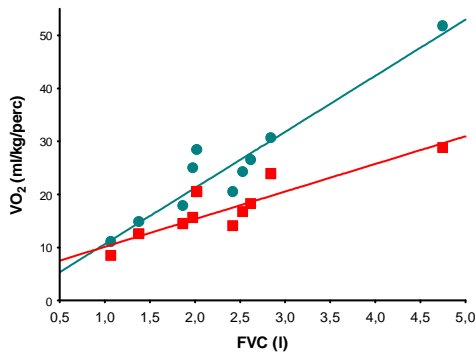


10. ábra Korreláció az AP idő és a VO_{2AT} között egymást követő három évben ugyanannál a CF betegnél.

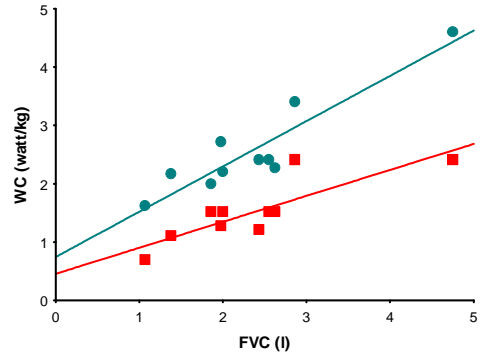
A CF betegek eltérő egészségi állapota, és állóképessége a két szélső érték között igen változó volt. A legrövidebb AP időt (10 s) egy 23 éves, előrehaladott állapotban lévő betegnél mértük (2. sz. melléklet *). Az AT-t 7.3 ml/kg/perc VO_2 mellett, és 0,8 watt/kg teljesítménnyel érte el. Ez az oxigén fogyasztás éppen csak elég az önellátás biztosítására. A másik szélső értéket egy 17 éves nagyon jó állapotú férfi betegnél mértük (2. sz. melléklet **), normális légzésfunkcióval. AP ideje 58 s. Az AT-t 28.7 ml/kg/perc oxigén felvétellel, és 146 watt (2.4 watt/kg) teljesítménnyel érte el, 59 l/min percventiláció mellett. Teljesítményét nagyon jól mutatják maximális eredményei ($VO_{2max}=51,8$ ml/kg/perc, $V_E=122$ l és $WC=272$ watt= 4,6 watt/kg) amelyek közel kétszeresét jelentik az anaerob küszöbnél mért értékeknek.

8.3. A légzésfunkció és a terhelhetőség

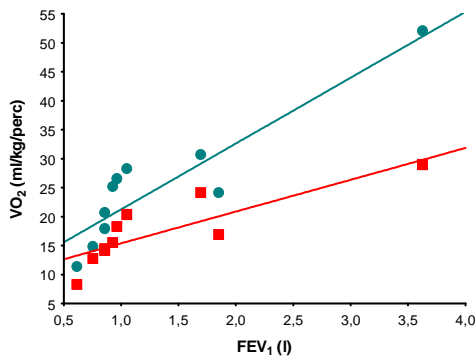
Jelentős pozitív korreláció látható az FVC és a VO_2 , valamint az FVC és a WC között CF betegeknek (11. és 12. ábra). A korrelációs együttható az FVC - VO_{2max} esetében $r=0,95$, az FVC - VO_{2AT} között $r=0,89$, az FVC - WC_{max} között $r=0,92$ és az FVC - WC_{AT} között $r=0,84$. Hasonló összefüggést találtunk a FEV_1 - VO_{2max} ($r=0,91$), a FEV_1 - VO_{2AT} ($r=0,86$), valamint a FEV_1 és a WC_{max} ($r=0,90$), és a FEV_1 - WC_{AT} ($r=0,88$) között (13. és 14. ábra).



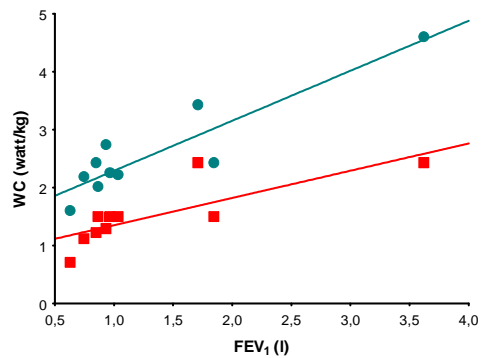
11. ábra Az FVC - VO_2 max (●), és az FVC - VO_{2AT} (■) közötti összefüggés CF betegeknél.



12. ábra Az FVC - WC max (●), és az FVC - WC_{AT} (■) közötti összefüggés CF betegeknél.

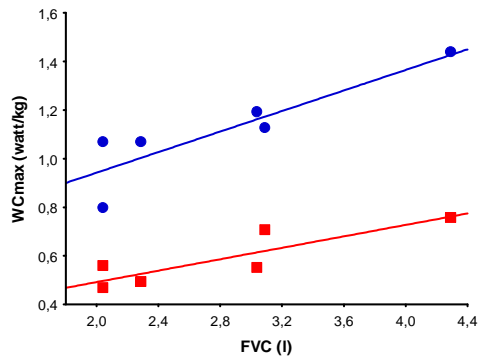


13. ábra A FEV_1 - VO_2 max (●) és a FEV_1 - VO_{2AT} (■) közötti korreláció CF betegeknél.

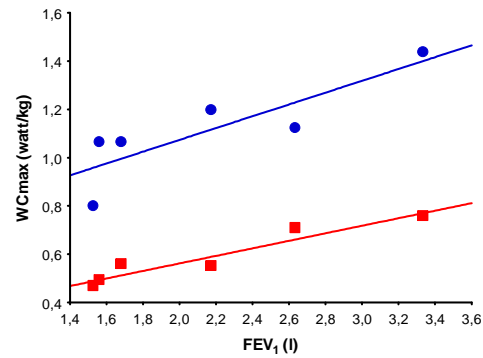


14. ábra. A FEV_1 - WC max (●) és a FEV_1 - WC_{AT} (■) közötti korreláció CF betegeknél.

Az idősek csoportjában az FVC és a teljesítmény között találtunk jelentős korrelációt: az FVC és a WC max között az $r=0,89$; az FVC és a WC_{AT} között az $r=0,87$ (15. ábra). A FEV_1 szintén a teljesítménnyel mutatott szignifikáns korrelációt: a FEV_1 és a WC max között az $r=0,85$ és FEV_1 és a WC_{AT} között az $r=0,95$ (16. ábra).



15. ábra. Az FVC – WCmax (●), és az FVC - WC_{AT} (■) közötti összefüggés időseknél.



16. ábra A FEV₁ - WCmax (●) és a FEV₁ - WC_{AT} (■) közötti korreláció időseknél.

A többi csoportban nem találtunk jelentős korrelációt a légzésfunkció és a terhelhetőség között.

8.4. Az idősek 8 hetes tréninget követő eredményei

Vizsgálataink arra irányultak, hogy kimutassák egy nyolc hetes aerob tréningprogram hatásait egy 80 év körüli csoportban, és megvizsgálja, hogy az AP idő hogyan változik, és mennyire tükrözi a többi eredmény változását.

A kivizsgálás során egy személyt kizártunk a felmérésből, nagyfokú aorta billentyű szűkület miatt. További két személyt a tréning során kellett kizárunk, a kerékpározás közben jelentkező deréktáji fájdalom, illetve lázas betegség miatt. A teljes programot hat fő teljesítette (három férfi és három nő), átlag életkoruk 80 év (77-83). A résztvevők a V-slope módszerrel az AT-nél meghatározott tréningpulzust csak a második-harmadik héten voltak képesek elérni, és a tréning teljes ideje alatt fenntartani. A tréning során nem tapasztaltunk a normálisnál nagyobb vérnyomásváltozást. A férfiak és a nők eredményei között nem találtunk lényeges eltérést. A mért paraméterek változását az III. táblázat mutatja.

	Tréning előtt	Tréning után	Változás
AP idő (s)	33 ± 6,7	47 ± 8,6	**
VO _{2AT} (ml/kg/perc)	9,2 ± 0,55	11,3 ± 0,72	*
VO _{2max} (ml/kg/perc)	13,0 ± 0,55	15,1 ± 0,89	*
VO _{2max} /VO _{2AT} (%)	71	74	ns
WC _{AT} (watt/kg)	0,59 ± 0,048	0,80 ± 0,068	**
WC _{max} (watt/kg)	1,11 ± 0,084	1,12 ± 0,094	ns
ATt (s)	190 ± 20	335 ± 37	*
V _E (l/perc)	45,8 ± 5,79	47,6 ± 3,91	ns
Dysp	6,2 ± 1,56	3 ± 0,77	*
LF	5,3 ± 1,58	5,7 ± 0,80	Ns

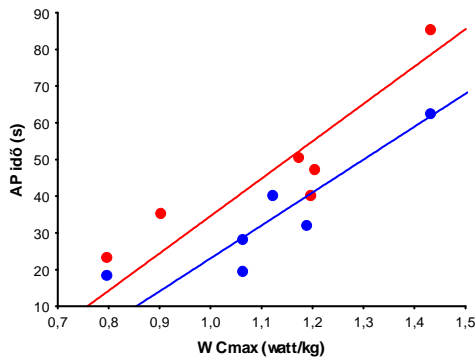
III. táblázat : Az ergospirometriás vizsgálat eredménye tréning előtt és után az idők csoportjában. * p<0,05; ** p≤0,01; ns – nem szignifikáns változás

A nyolc hetes tréning program után, az AP idő 40%-al növekedett, a változás statisztikailag szignifikáns (p=0,01). Szignifikáns növekedést találtunk az AT elérésének idejében a tréning után. Az ATt több mint a duplájára (67 %) emelkedett (p=0,02). Ennek megfelelően, a testtömegre vonatkoztatott relatív teljesítmény az anaerob küszöbnél (WC_{AT}) szintén jelentős mértékben változott (p=0,002). Az oxigén felvételben szignifikáns növekedést mértünk az anaerob küszöbnél (p=0,02), ami 23 %-os emelkedésnek felel meg.

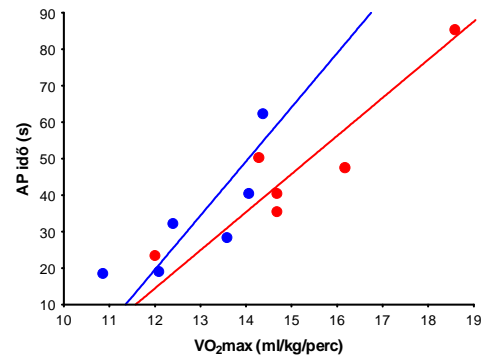
A VO_{2max} változása szintén jelentős volt (p=0,012), ez az érték 17 %-kal volt magasabb a tréning után. A VO_{2AT} a nyolc hetes tréning előtt a VO_{2max} 71 %-ának felelt meg és a tréning program végén 74 %-ra változott. A változás kicsi, nem jelentős. Mindezek mellett a maximális teljesítmény és a maximális terhelési idő gyakorlatilag változatlan maradt.

Az összefüggést az AP idő és a terheléses vizsgálati adatok között az időknel kétszer vizsgáltuk, a nyolc hetes tréning előtt és után. A korreláció az AP idő és a WC_{max} valamint az AP idő és a VO_{2max} között szignifikánsnak bizonyult, mind a

tréning előtt, mind utána. Némi különbség van a két mérés között az összefüggések mértékében, de az eredmények nagyon közel állnak egymáshoz. Az $r=0.88$ és $r=0.90$ az AP idő és a WC_{max} (17. ábra); valamint $r=0.82$ és $r=0.92$ az AP idő és a VO_{2max} között (18. ábra) a tréning előtt és után mért eredmények alapján.



17. ábra Az AP idő és a WC_{max} közötti korreláció a tréning előtt (●) és után (●) az idők csoportjában.



18. ábra Az AP idő és a VO_{2max} közötti korreláció a tréning előtt (●) és után (●) az idők csoportjában.

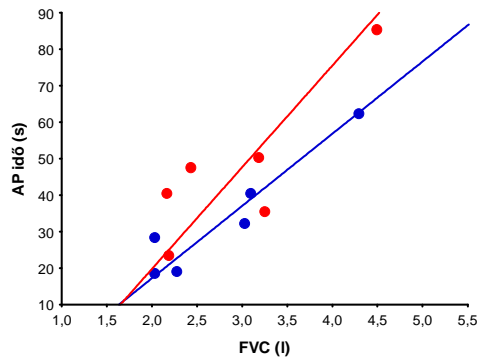
Jelentős, statisztikailag szignifikáns változást találtunk a maximális terhelésnél a nehézlégzés szubjektív megítélésében ($p=0,048$). Ez a változás 52 %-os csökkenést jelent. A láb fáradás szubjektív értékelése a maximális teljesítménynél nem változott jelentősen.

A légzésfunkciós eredmények kismértékű pozitív változást mutattak ugyan, de az eredmények nem jelentősek (IV táblázat).

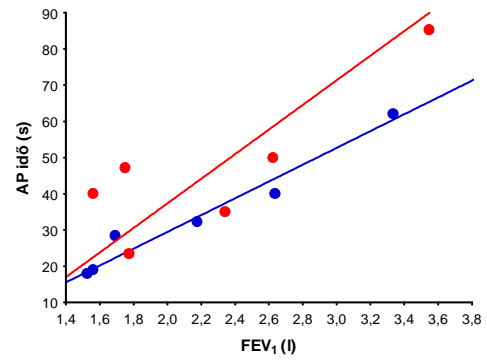
	FVC	FVC%	FEV ₁	FEV ₁ %	FEV ₁ /FVC	V _E
	l		l	%	%	l/perc
<i>Tréning előtt</i>	2,8	114	2,2	117	76,8	45,8
	(±0,9)	(±20)	(±0,7)	(±21)	(±6,0)	(±14,2)
<i>Tréning után</i>	3,0	121	2,27	120	76,3	47,7
	(±0,9)	(±24)	(±0,74)	(±23)	(±4,8)	(±9,6)

IV. táblázat Légzésfunkciós eredmények a tréning előtt és után: az eredmények javuló tendenciát mutatnak, de a változások nem jelentősek.

A korreláció a légzésfunkciós eredmények és az AP idő között szignifikáns volt a tréning előtt és után is (19. és 20. ábra). Mivel az AP idő emelkedése jelentős volt, a légzésfunkciós értékek csak mérsékelt, a korreláció a tréning után kisebb volt, mint előtte.



19. ábra Korreláció az AP idő és az FVC között a tréning előtt (●) és után (●) az idősek csoportjában.



20. ábra Korreláció az AP idő és a FEV₁ között a tréning előtt (●) és után (●) az idősek csoportjában.

9. KÖVETKEZTETÉSEK

Különböző életkorú és egészségi állapotú egyéneket vizsgálva, eredményeink arra mutatnak, hogy az akaratlagos AP idő 20 éves kortól 80 éves korig az egészséges populációban megközelítőleg a felére csökken. CF betegeknél az AP idő jóval elmarad, a hasonló korú egészséges személyekhez képest, az élsportolók csoportjában pedig nem mértünk jelentősen magasabb AP időt, mint a nem sportoló kortársaiknál.

Tanulmányunkban a légzésfunkció, valamint a fizikai teljesítmény mutatói és az AP idő között pozitív korrelációt találtunk a nem edzett és beteg egyének csoportjában, minden életkorban. Az élsportolók és a rendszeresen tréningező amatőr középkorúak vizsgált adatainak elemzése azonban semmilyen összefüggést nem mutatott.

Az idős, 80 éves önkénteseknél egy 8 hetes állóképességi tréning hatására jelentősen növekedett az AP idő, a VO_{2max} , a VO_{2AT} , és a WC_{AT} , de a maximális teljesítmény alig változott. Az AP idő jelentős korrelációt mutatott a VC és a FEV_1 , valamint a VO_{2max} és a WC_{max} értékekkel a tréning előtt és után is.

9.1. Az AP idő és az életkor összefüggése

Az AP idő negatív korrelációt mutat az életkorral az egészséges populációban. Valószínű, hogy ebben az AP időt befolyásoló tényezők közül fontos szerepe van a légzésfunkció korfüggő csökkenésének. Vizsgálataink során a légzésfunkciós értékek az életkorral csökkenő, normál tartományban mozognak minden korcsoportban az egészségesek között. CF betegeknél mért alacsony AP idő és a csökkent légzésfunkciós értékek az obstruktív, restriktív, destruktív tüdőfolyamatoknak megfelelően, jóval elmaradtak a referencia értékektől. A CF betegeknél kimutatott negatív korreláció az életkor és az AP idő között majdnem eléri az egészséges egyéneknél, 18-83 év között mért értéket. Ha számításba vesszük, hogy a CF betegek átlagéletkora körülbelül megfelel a két fiatal csoport életkorának, feltűnik, hogy míg egészséges fiatalok csoportjában nincs korreláció az életkor és az AP idő között, addig a betegeknél, ugyanebben az életkor tartományban kimutatható a negatív összefüggés. Ez azt jelenti, hogy az egészségeseknél sokkal hosszabb idő szükséges az AP idő csökkenéséhez, mint a betegeknél, illetve, hogy a betegeknél az életkor előrehaladtával, a betegség

progressziója egyértelmű, még ilyen kis időtartományban is. Az adatok alátámasztják azt a feltevésünket, hogy a légzésfunkciónak kiemelkedő jelentősége van a betegek AP idejének alakulásában.

Az AP idő és az életkor közötti összefüggés vizsgálata során a legnagyobb szórást a fiatalok csoportjában találtuk. Ennek magyarázata az lehet, hogy ebben a korosztályban jelentős különbség van az edzettségi állapotban (a sportoló és inaktív csoport között), és a rendszeresen sportolók hypercapnia tűrőképessége sokkal magasabb lehet, mint a nem sportoló fiataloké (később részletezve).

9.2. Az AP idő és a légzésfunkció összefüggései

A légzésfunkció (FVC és FEV_1) és az AP idő között jelentős, pozitív korrelációt találtunk az edzetlen fiatalok, az idősek és a CF betegek csoportjában. Ez az összefüggés várható volt Perez-Padilla és mts-ai (1989) eredményei alapján is, akik szoros korrelációt találtak az AP idő és a FEV_1 között asthma bronchiale-ban szenvedő betegeken. Gay és mts-ai (1994) az AP idő csökkenését légzési és keringési betegeken mérték, átlag 25 s-ot, szemben az egészséges csoportban mért 45 s-al. Az említett szerzők hangsúlyozták, hogy az AP időnek jelentős szerepe van a betegek állapotának megítélésében.

Az AP idő és a légzésfunkció nem mutatott szignifikáns korrelációt a sportoló fiatalok és a fizikailag aktív középkorúak csoportjában, ami azt igazolja, hogy a rendszeresen sportolóknál, az AP idő töréspontjában, a légzésfunkció, azaz a mechanikai faktorok meghatározó szerepe jóval kisebb.

9.3. Az AP idő kapcsolata az alveoláris oxigén és széndioxid parciális nyomással

Marks és mts-ai (1997) szintén lényegesen alacsonyabb kilégzés utáni AP időt mértek krónikus tüdőbetegeken (9,2 s), mint az egészséges kontroll csoportban (31,7 s). Ez az idő, mindkét csoportban jelentősen megnövekedett szobalevegő ill. oxigén hyperventilációja után, amely azt bizonyítja, hogy az alveoláris gázok parciális nyomása is jelentősen befolyásolja az AP idő hosszát. Ez különösen hangsúlyozott lehet a CF

beteg adatának értékelésekor, ahol a betegség progressziójával a romló ventiláció következtében csökkenő P_{AO_2} -vel kell számítani.

Fowler már 1954-ben megállapította, hogy egészséges felnőtt egyéneknél az AP idő végén az alveoláris parciális széndioxidnyomást (P_{ACO_2}) átlag 46,6 Hgmm-re nő. Ferretti (2001) tanulmányában magas szérumszavas koncentrációt (> 4 mmol/l), alacsony alveoláris parciális oxigénnyomást ($P_{AO_2} < 30$ Hgmm), és magas P_{ACO_2} -t (> 50 Hgmm) mért az AP töréspontjánál, szabadtüdő mélységi merülőknél. Az eredmények attól függenek, hogy milyen hosszan képes a versenyző fenntartani az egyensúlyt a merülés kezdetekor raktározott oxigén, a növekvő energia felhasználás, az anaerob metabolizmus arányának növekedése és a merülési sebesség között. Számos tanulmány készült az AP idő korlátainak megállapítására. A szerzők szabadtüdő mélységi merülőket és nem merülőket vizsgálva kutatták a töréspont okait. A legtöbb tanulmány az alveoláris gázok és az artériás vérgázok parciális nyomásának változását tették felelőssé a töréspont bekövetkeztéért. Az V. táblázat néhány tanulmányban megjelent eredmény összesítését mutatja.

Szerző	PAO_2 (Hgmm)	$PACO_2$ (Hgmm)
Merülők		
Ferretti (1991)	32,6 (előtte hyperventiláció)	48,5
Hong	30,6	55,6
Önkéntesek (nem búvárok)		
Astrand (1960)	55,8	49,5
	49,6 (előtte hyperventiláció)	41,5
Craig (1961)	58 (előtte hyperventiláció)	46
Tibes és Stegemann (1969)	50	45
Lin és mts-ai (1974)	61,9	53,5
Sterba és Lundgren (1988)	72,3	43,3
Ferretti (1991)	45,6 (előtte hyperventiláció)	50,2
Feiner és mts-ai (1995)	60,6	45,9
	51,7 (előtte hyperventiláció)	42,9

V. táblázat Szabadtüdő merülők és nem merülő csoportok P_{AO_2} és P_{ACO_2} eredményei a légzés visszatartás töréspontjánál (Ferretti 2001).

A táblázatban bemutatott eredmények szerint az AP idő növekedésével a $P_{A}O_2$ a normális értékről fokozatosan csökken, edzetlen egyéneknél a kb. 60 Hgmm-ig, a $P_{A}CO_2$ pedig átlag 46 Hgmm-re emelkedik, és ekkor következik be légzés visszatartás töréspontja. Szabadtüdős mélységi merülőknél ez a két érték jóval meghaladja az átlag emberét. A $P_{A}O_2$ 33 Hgmm körülire csökken, a $P_{A}CO_2$ eléri az 52 Hgmm körüli értéket.

Joulia és mts-ai (2003) által publikált eredmények bizonyítják, hogy az AP idő célzott tréninggel növelhető. Triatlonozó fiatalokat vizsgálva igen magas AP időt mértek (104 s). A szokásos edzések mellett a résztvevők heti háromszor 1 órás dinamikus apnoe tréninget végeztek, három hónapon keresztül. A kerékpárt a VO_2max 30%-ának megfelelő intenzitással hajtották egy órán keresztül, és közben 40 másodperces szünetekkel, 20 másodperces légzés visszatartási periódusokat iktattak be. A tréning eredményeképpen az AP idő 155 s-ra nőtt. A töréspontot a vizsgált versenyzők a tréning előtt a $P_{a}CO_2=45$ Hgmm és a $P_{a}O_2=65$ Hgmm-nél érték el. A tréning után a töréspont magasabb $P_{a}CO_2$ -nél (49 Hgmm) és alacsonyabb $P_{a}O_2$ -nél (60 Hgmm) következett be. Mindezek mellett a VO_2max nem változott a három hónap alatt.

Stroud 1958-ban normál kilégzés után mérte az AP időt. A vizsgált személyek az apnoe előtt különböző oxigén koncentrációjú levegőt lélegeztek be. Minél magasabb volt a belélegzett levegő oxigén koncentrációja, annál magasabb $P_{A}CO_2$ -t talált a töréspontnál. 100% oxigén belélegzése után a töréspont átlag 70 Hgmm-nél következett be, az AP idő = 3' 39 s, míg 10%-os oxigén keverék belélegzése után a $PCO_2 = 40,9$ Hgmm, és az AP idő 37 s volt.

Agostoni és mts-ai (1963) is a $P_{A}CO_2$ emelkedését tartották a töréspont elsődleges okának. Az AP idő végét a $P_{A}CO_2 =45,2$ Hgmm-nél észlelték, normál szobalevegő belélegzése után. Vizsgálataikat 22-32 éves személyeken végezték. Az átlagos AP idő 48,3 s volt. Jelentősen magasabb AP időt mértek oxigén belélegzése után (66,5 s), és a megnövekedett idő mellett magasabb $P_{A}CO_2$ (45,2 Hgmm) értéket mértek. Lin és mts-ai (1974) szintén azt találták, hogy az AP idő jelentősen emelkedett oxigén belélegzése után (162 s-ról 275 s-ra). Azt is kimutatták, hogy progresszív terhelés közben, az AP idő egyre csökken, és negatív korrelációt mutat a VO_2 -vel.

9.4. Az AP idő és a fizikai terhelhetőség összefüggései

Tanulmányunkban az AP idő és az aerob kapacitás, valamint a maximális teljesítmény közötti összefüggés a két fizikailag aktív csoport kivételével valamennyi vizsgált csoportnál szignifikáns volt. Az említett tanulmányok alapján igazoltnak látjuk, hogy a nem edzett, vagy beteg egyének, a P_{ACO_2} és a P_{AO_2} változásaira sokkal érzékenyebben reagálnak, és ennek jelentős szerepe van az AP idő és a terhelési tolerancia meghatározásában. Ezzel szemben a fiatal versenysportolók, és az aktív középkorúak jóval nagyobb változást is elviselnek, így lényegesen magasabb AP időt képesek elérni. Ebben fontos szerepe lehet a jól „edzett” légzésmechanikának, és a motivációnak is. Ezt igazolja a beteg és idős egyéneknél tapasztalt szoros korreláció a légzésfunkciós értékek és a teljesítmény között. Következtetéseinket támasztja alá Hurewitz és Sampson (1994) tanulmánya is, akik elhízott egyéneken, az apnoe átlag 15. másodpercében az alveoláris PO_2 70 Hgmm-re csökkenését mérték, míg a normál súlyúaknál ilyen mértékű csökkenés nem következett be a 30. másodpercig. Tanulmányukban az elhízott személyek AP ideje jóval rövidebb volt, mint a normál súlyúaké.

Az említett tanulmányok igazolják, hogy az alveoláris oxigén és széndioxid parciális nyomásának meghatározó szerepe van az AP idő hosszában. Kiemelt jelentősége van ezeknek az eredménynek azokban az esetekben, ahol a ventiláció romlik, mint pl. a tanulmányunkban vizsgált CF betegeknél, vagy a Hurewitz és Sampson elhízott egyéneinél. Valószínű, hogy az átlagnál jóval alacsonyabb AP idő egyik magyarázata ebben rejlik. Ezt a feltevést erősítik a betegeknek a referencia értékektől jóval elmaradó légzésfunkciós értékeik is.

A rendszeresen magas intenzitású tréninget folytató versenysportolók esetében nem mutatható ki összefüggés az AP idő és a VO_2max között. Az AP idő ebben a csoportban alig több mint a hasonló korú edzetlen fiatalok csoportjában, viszont a VO_2max és a $WCmax$ lényegesen magasabb. Az eredmények azt igazolják, hogy a gyenge, vagy átlagos fizikai kondícióval rendelkezőknél, vagy betegeknél az aerob

kapacitásnak és a fentiek alapján a légzésfunkciónak vezető szerepe van az AP idő meghatározásában éppúgy, mint a maximális teljesítményben. Versenysportolóknál a nagyon magas anaerob kapacitás miatt a teljesítmény jóval túlszárnyalhatja az átlagos maximális munkavégzés szintjét. A WC_{max} több mint 100 wattal (68 %-al) magasabb teljesítményt takar, mint a WC_{AT} , ugyanakkor a nem sportoló fiataloknál ez a különbség csak 50 watt (45 %). Gocentas és mts-ai (2005) még ennél is nagyobb különbséget mértek első osztályú kosárlabdázókon: a $VO_{2max}=48,92$ ml/kg/perc mellett a $WC_{AT}=178$ watt, a $WC_{max}=341$ watt, a különbség 91 %, azaz a maximális teljesítmény majdnem a duplája az AT-nél mért teljesítménynek. Úgy tűnik, a versenysportolók extrém teljesítményében és AP idejében nem a légzésfunkciónak és nem az oxigén felvevő kapacitásnak van döntő szerepe, hanem inkább a magas hypercapnia-tűrő képességnek, az akaraterőnek és a rendszeres magas intenzitású tréningnek.

Mint azt fentebb már említettük, Ferretti és mts-ai (2001) kimutatták, hogy a szabadtüdő bűvárok hypercapnia-tűrő képessége igen magas, ami azt bizonyítja, hogy ez a képesség, és ezzel együtt az AP idő, edzéssel jelentősen növelhető. Ugyanezt bizonyítják Joulia és mts-ai (2003) tanulmánya. Triatlonozó fiatalokon kimutatták, hogy célzott edzéssel az AP idő jelentősen növelhető (104 s-ról 155 s-ra), és ezzel párhuzamosan nő a hypercapnia-tűrő képesség (45 Hgmm-ről 49 Hgmm-re).

A VO_{2AT} valamint a WC_{AT} és az AP idő szintén az edzetlen, az idős és a beteg csoportban mutatott szignifikáns korrelációt. Delapille és mts-ai. (2002) az apnoe töréspontjánál 3.5 mmol/l szérum tejsav koncentrációt mértek edzetlen egyéneken. Ferretti fentebb említett tanulmányában magasabb, 4 mmol/l tejsav koncentrációt mért bűvárokon. Bár tanulmányunkban nem végeztünk tejsav meghatározást, és semmilyen más invazív vizsgálatot, az említett kutatók eredményei alapján úgy tűnik, hogy a légzés visszatartás töréspontja akkor következik be, amikor az egyre növekvő tejsav koncentráció eléri az anaerob küszöb körüli értéket. Ezek a vizsgálatok is igazolják az AT mutatói és az AP idő között talált korrelációt.

Ez az összefüggés rendkívül hasznos lehet a mozgásterápia intenzitásának meghatározásában, hiszen az AP idő ismeretében, közvetlenül az AT-hez kötött oxigénfogyasztás és teljesítmény kalkulálható.

9.5. Nyolc hetes állóképességi tréning hatása idős korban

Kutatásaink eredményei részben megegyeznek Steals és mts-ai (ACSM 1990) eredményeivel, akik átlag 66 éves nőknél hat hónapos közepes intenzitású gyalogló tréninggel 12%-os VO_{2max} növekedést mutattak ki. Annak ellenére, hogy a mi esetünkben a tréning csak 8 hét volt, a VO_{2max} emelkedése meghaladta a fent említett tanulmányban mért változást. Ebben jelentős szerepe lehetett annak, hogy a résztvevők állóképessége a program kezdetén valószínűleg sokkal gyengébb volt, mint a 66 éves nőké. Ezt bizonyítja az a tény, hogy a résztvevők a program elején nem voltak képesek a tréning intenzitását az AT-nél meghatározott tréningpulzussal fenntartani. Átlagosan 10%-al alatta teljesítettek, és kb. csak a harmadik hét elejére érték el a célpulzust. A gyenge állóképességet bizonyítja a tréning előtt mért nagyon alacsony VO_{2max} érték is, ami nem éri el a független életvitelhez szükséges értéket: 15 ml/kg/perc (nők) -18 ml/kg/perc (férfiak) (Paterson 1999).

A csoport eredménye jelentősen elmarad Malatesta és mts-ai (2003) hasonló korú populációnál mért értékeitől is. Az általunk vizsgált személyek VO_{2max} -a 13 ml/kg/perc volt a tréning előtt, és jelentősen magasabb értéket mutatott a tréning után (15,23 ml/kg/perc). Malatesta és mts-ai átlag 83 évesek (10 fő) állóképességét felmérve 23,12 ml/kg/perc VO_{2max} értéket regisztráltak. A felmérésben résztvevők mind önálló, életvitelt folytattak, szemben a mi tanulmányunkban szereplőkkel, akik egy szociális otthon lakói voltak. A szerzők maguk is úgy gondolják, hogy a válogatott csoportnál (magas aktivitás, teljesen független életvitel) mért eredmények nem lehetnek reprezentatívak.

Fletcher és mts-ai (2001) 20 és 79 év között 10 éves intervallumokban határozták meg a VO_{2max} átlag értékeit. A VO_{2max} csúcspontját a 15-30 év között éri el és azon túl fokozatosan csökken. 60 éves korban kb. a 20 éves kori maximum kétharmadát éri el. A csökkenés mértéke dekádonként 8-10%, sportolóknál és inaktív egyéneknél egyaránt. Tanulmányukban a 70-79 éves intervallumban a VO_{2max} 29 ml/kg/perc (férfiak) és 27 ml/kg/perc (nők). Gass és mts-ai (2004) 65-75 éves korú

egészséges önkénteseken 26,7 ml/kg/perc VO₂max-ot mértek, Morris és mts-ai (2002) 63-65 éveseken átlag 27,7 ml/kg/perc-et.

Pimentel és mts-ai (2003) 60 és 75 év közötti nem sportoló egyéneken átlag 28,1 ml/kg/perc VO₂max értéket mértek. A szerzők többszörös regressziós analízissel azt is kimutatták, hogy a VO₂max értékét leginkább meghatározó tényező az életkor (55%-ban). Tanulmányukban a VO₂max értékének csökkenését 10 évenként értékelték (21-74 év). A 30-39 éves periódusban a csökkenés mértéke az előző tíz éves időszakhoz képest 2,4 ml/kg/perc, a következő periódusokban 2,9 és 4, és a 60-70 év közötti időszakban 5,6 ml/kg/perc volt a megelőző 10 évhez viszonyítva. Ez némileg ellentmond Fletcher és mts-ai eredményeinek, akik 10 évenként nagyjából azonos mértékű változást mértek.

Bármelyik említett tanulmányt is vesszük alapul, az általunk mért értékek a normál érték alattinak látszanak a tréning előtt és a tréning után is. Ha az általunk mért kiindulási értékeket normálisnak tekintjük, akkor ebben az évtizedben a VO₂max csökkenésének üteme sokkal nagyobb, mint az előzőben. Ez összhangban van Wisén és mts-ai (2002) eredményeivel, amelyek szerint a negatív korreláció az életkor és a metabolikus equivalens-ben (MET) kifejezett VO₂max között nem lineáris. A MET értéke az életkor növekedésével egyre nagyobb mértékben csökken (1 MET = 3,5 ml/kg/perc oxigénfogyasztás). Tanulmányukban a 70-79 éves csoport maximális MET értéke 6,3 volt (szemben a Fletcher által mért 8 MET-el), 1,6-el alacsonyabb, mint a megelőző évtizedben. Feltételezzük, hogy a VO₂max csökkenésének mértéke a 80. év körül tovább fokozódik. Tanulmányunkban a tréning után mért VO₂max értéket átszámítva, 4,35 MET-et kapunk, ez 1,95 MET-el alacsonyabb, mint a 70-79 éves tartományban. A felméréseinkben résztvevők átlagéletkora 80 év volt és ez nem felel meg az előbb említett tanulmányok tíz éves ciklusainak. Egészen valószínű, hogy nyolcvan éven túl az aerob kapacitás és a fizikai teljesítmény sokkal gyorsabb ütemben csökken, mint korábban és nagyon nagyok lehetnek az egyéni különbségek, de erre nincs vizsgált adatunk. Ehhez a 80-90 év közötti populációt kellene felmérni.

Az idős embereken mért VO₂max megfelel annak az értéknek, amit Somfay és mts-ai (2001) találtak 65 éves COPD-s betegeken (13 ml/kg/perc). A maximális oxigén

felvétel mellett az FVC is hasonló értéket mutat mindkét tanulmányban: 2,8 l az időseknél, és 2,9 l a COPD-s betegeknél. Az idős vitálkapacitása azonban az életkor szerinti referencia értékeknek megfelelő (114%), míg a COPD-s betegek vitálkapacitása csak 76%-a a „kell” értékeknek. A WC_{max} az időseknél 1,1 watt/kg a betegeknél 0,78 watt/kg. Somfay eredményei azt a feltevésünket erősítik, hogy a légzésmechanikának, minden más tényező mellett is nagyon fontos szerepe van az aerob kapacitásban és ezzel együtt a teljesítményben, ebben az életkorban, és a tüdőbetegeknél.

Pimentel-hez hasonlóan Trooster és mts-ai (1999) is az életkort találták a legfontosabb tényezőnek a teljesítmény alakulásában. Munkájukban hat perces gyalogló teszttel mérték a teljesítményt 50-85 év között. A megtett táv az életkorral jelentősen csökkent.

A kardio-pulmonalis állóképesség javítása érdekében Sue és mts-ai. (1988) arra mutattak rá, hogy krónikus obstruktív tüdőbetegek tréningprogramjában az AT körüli, sőt azt meghaladó intenzitású aktivitásnak van jelentős tréninghatása. Programunkban a tréning intenzitását az AT-nél mért szívfrekvenciában maximáltuk. A VO_{2AT} értéke itt a VO_{2max} 71 %-ának felelt meg. Gass és mts-ai. (2004) 56-75 éves férfiak 12 hetes tréningprogramjának eredményeit értékelve kimutatták, hogy sem a VO_{2max} 70%-ának, sem az 50%-ának megfelelő intenzitású tréning hatására nem változtak a légzésfunkciós paraméterek, de mind a teljesítmény, mind a VO_{2max} szignifikáns növekedést mutatott. Eredményeik szerint mindkét intenzitással tréningező csoportnál közel azonos mértékű változások következtek be a vizsgált paraméterekben. A szerzők eredményei alapján a közepes intenzitású tréning is kedvező hatású az idősebb korosztályban, és biztonságos edzéstervezésre ad lehetőséget. Gass és mts-ai véleményét látszik igazolni az a tény is, hogy a programban résztvevők a tréning elején nem voltak képesek elérni az előírt tréningpulzust. Véleményünk szerint azonban ez annak volt köszönhető, hogy a tanulmányban résztvevő idős emberek állóképessége nagyon alacsony volt, amit bizonyít a nagyon alacsony VO_{2max} érték is.

A megnövekedett VO_{2max} ellenére a WC_{max} értéke nem változott a tréninget követően. Jelentős változást találtunk azonban az AT-re jellemző paraméterekben. A VO_{2AT} statisztikailag szignifikáns növekedést mutatott. Ennek következtében jelentősen

növekedett a WC_{AT} és az ATt . Ezek a változások, valószínűleg azzal magyarázhatók, hogy a tréning hatására elsősorban az izmokban nő jelentősen az oxigén felvétel, mint azt Mc Guire és mts-ai tanulmányukban bizonyították (2001 I.). Egy 30 éves utánkötéses tanulmányban kimutatták, hogy az életkorral összefüggő VO_2max csökkenése sokkal inkább a perifériás oxigénfogyasztás, mint a verőtérfogat csökkenésének köszönhető. Ugyanezen szerzők egy másik tanulmányukban azt bizonyították (2001 II.), hogy hat hónapos állóképességi tréning, a perifériás mechanizmuson keresztül helyreállította az életkornak megfelelő VO_2max -ot.

A fentiek alapján feltételezzük, hogy az AT -nél bekövetkező pozitív változások a VO_{2AT} és a WC_{AT} értékeiben, elsősorban az izomanyagcsere javulásával magyarázhatók. Ezt a feltételezést támasztja alá az is, hogy sem a maximális ventilációban, sem a légzésfunkcióban nem találtunk szignifikáns változást a tréning hatására.

Eredményeink részben ellentmondanak Gass és mts-ai (2004) által publikált adatoknak. Nyolc hetes hasonló intenzitású tréning után 3,4%, 12 hét után 8%-os VO_2max növekedést mértek a 65-75 éves csoportban. A résztvevők maximális teljesítménye ennél sokkal nagyobb arányban emelkedett, 176 wattól 187, illetve 195 wattra. A mi eredményeink szerint a VO_2max változása 17%, a maximális teljesítmény azonban nem változott. A VO_2max ilyen arányú növekedése magyarázható az alacsony kiindulási értékkel, de a maximális teljesítmény változatlansága nem. Lehet, hogy a maximális teljesítmény már nem növelhető ebben az életkorban? Vagy a tréningprogram ideje nem volt elég hosszú? A 70 év fölötti VO_2max nagyfokú csökkenésének oka lehet a maximális szívfrekvencia és a zsírmentes testtömeg csökkenése. Míg a maximális szívfrekvencia csökkenése tréninggel nem befolyásolható, a zsírmentes testtömeg, vagyis az izom tömegének csökkenése megakadályozható, vagy lassítható (Hawkins és mts-ai 2003). Egy hosszabb ideig tartó tréning, vagy célzott izomerősítés esetleg növelhette volna a teljesítményt is!

Annak ellenére, hogy a maximális terhelhetőség nem változott, a terhelés mértékének szubjektív megítélésében jelentős változást találtunk. A résztvevők jelzése

alapján a változatlan lábfáradás mellett, a terhelési toleranciát a légszomj és a nehézlégzés kevésbé befolyásolta a program után. A maximális teljesítményt limitáló tényezők közül a nehézlégzés szubjektív megítélése 52 %-kal csökkent a tréning hatására, amely a második legnagyobb változás. Ezzel párhuzamosan a $VO_2\max$ csak 17 %-kal növekedett. A két mutató közötti jelentős különbséget az magyarázhatja, hogy a dyspnoe index csak 10 pontos skálán mozog, ami sokkal kisebb differenciálásra ad lehetőséget, mint az oxigén felvétel korrekt mérése. Másrészt a dyspnoe értékelése erősen szubjektív.

Tekintettel arra, hogy sem a V_E , sem a légzésfunkció nem változott jelentősen, ez az eredmény egyrészt egy jobb légzésmechanikát látszik igazolni, másrészt alátámasztja azt a feltételezést, hogy a tréning hatására a periférián javult az oxigén felhasználás. Ezeken felül, a hatékonyabb perifériás oxigén felhasználás miatt a légzési munka is megváltozik, kisebb erő kifejtést igényel, ezért a résztvevők a javulást sokkal intenzívebbnek érzik, mint azt az objektív eredmények mutatják. A légzési segédizmok magas oxigén felhasználás mellett kisebb határfokkal növelik a ventilációt. A hatékonyabb perifériás oxigén felhasználás megnöveli az aerob anyagcsere határát és csökkenti az azonos teljesítményhez szükséges légzési munkát. Ha azonos teljesítményhez kisebb légzési munka szükséges, az a légzésmechanikán, illetve a légzésben résztvevő izmok oxigén igényének csökkenésén keresztül is javítja a teljesítményt, és így az egyén könnyebbnek ítéli a munkát.

Fizikai munka közben a dyspnoe és a VO_2 , a WC de leginkább a V_E között egyenes korreláció van (Sergysels 1995). Ennek hátterében az áll, hogy a légszomj elsősorban a légzőizmok erő kifejtésének nagyságával és sebességével függ össze.

Ezek mellett, korábbi tanulmányok igazolták, hogy az anyagcsere fokozódásához hozzájárul az izomsejtek inzulinérzékenységének javulása is. Jól ismert, hogy az inzulin érzékenység csökken idős korban, ami a II. típusú diabetes mellitus kialakulásának oka. A tréninggel jelentősen javítható a sejtek inzulin érzékenysége és ezzel fokozható a szénhidrátok felvétele, ami fokozott energiatermelést jelent (Evans és mts-ai 2001).

Az állóképesség javulására jellemző paraméterek, tanulmányunkban eltérő mértékben változtak. A legnagyobb változás az ATt-ben mutatkozott, 67 %-os növekedés, ez azonban óvatosan értékelendő, tekintettel a rendkívül alacsony kiindulási értékre. A tréning program előtt az anaerob küszöböt a résztvevők alig több mint három perc alatt elérték. Ez a nagymértékű javulás is a résztvevők gyenge kezdeti állóképességét bizonyítja, amit a fentebb említett nagyon alacsony VO_{2max} is alátámaszt. Az ATt jelentős javulása, párhuzamosan a VO_{2AT} és a WC_{AT} növekedésével, valószínűleg szintén a hatékonyabb oxigén felhasználással és a koordináltabb izomműködéssel magyarázható.

A mindennapi aktivitást, az életvitelt leginkább meghatározó értékek, a VO_{2AT} 22,4 %-os, és a WC_{AT} 30 %-os növekedése. Ennek a két paraméternek a változása közelíti meg legjobban egymást.

A tréning után az AP idő 40%-os növekedését mértük a kiindulási értékhez viszonyítva. A korreláció szignifikáns volt a tréning előtt, és az maradt a tréning után is, az AP idő és a WC_{max} , a VO_{2max} , az FVC és a FEV_1 között. Az AP idő növekedésének mértéke meghaladja a legtöbb vizsgált paraméter változását. Úgy tűnik, hogy a nyugalmi AP idő mérésénél a motiváció növekedésének is jelentős szerepe van. Nem vitatható azonban az a tény, hogy az AP idő változása követi mind a légzésfunkciós, mind az állóképességben bekövetkező változásokat a 80 év körüli személyeknél. Az időseken kívül nem végeztünk ismételt vizsgálatokat a különböző csoportokban, de egy CF beteg három egymást követő évben végzett vizsgálatának eredménye is jól mutatja, hogy az AP idő követi az állapot változását. Az AP idő és a VO_{2AT} párhuzamosan csökken a három év alatt, ami a betegség progresszív tulajdonságát igazolja.

10. Összefoglalás

Tanulmányunk célja volt, egy olyan könnyen mérhető paramétert találni, ami jó összefüggést mutat a légzésfunkcióval és a teljesítménymutatókkal és alkalmas a tréning intenzitásának megállapítására. Összesen 64 fő adatait dolgoztuk fel. A résztvevőket életkoruk és egészségi állapotuk szerint csoportosítottuk: versenysportoló fiatalok (20 év), egészséges fiatalok (23 év), aktív középkorúak (44 év), idősek (80 év) és CF betegek (20 év). Vizsgáltuk a légzésfunkciót, az akaratlagos apnoe időt és a terhelhetőséget. Összefüggéseket kerestünk az AP idő és a légzésfunkció, valamint a terhelhetőség között. Felmértük továbbá egy nyolc hetes állóképességi tréning hatásait 80 éves egészséges egyéneken, és vizsgáltuk, hogy az állapot változását az AP idő változása követi-e.

I. Eredményeink azt mutatják, hogy az AP idő a húszas évektől a nyolcvanas évekig megközelítőleg a felére csökken. Az életkor és az AP idő között negatív korreláció mutatható ki az egészséges, 60 évet felölelő populációban. CF betegeknel a rövidebb időintervallum (16 év) ellenére, az életkor és a betegség progressiójának megfelelően szintén negatív összefüggést találtunk.

II. Az AP idő csökkenésével együtt a légzésfunkciós paraméterek (FVC, FEV₁) is kb. felére csökkentek a vizsgált személyeknél. Az AP idő és a korfüggő légzésfunkciós értékek között pozitív korreláció mutatható ki az edzetlen fiatal, az idős és a beteg csoportban. A sportolók között nem találtunk összefüggést a két vizsgált adat között.

III. A szakirodalom és saját vizsgálataink alapján igazoltnak látjuk, hogy az edzetlen, idős, vagy beteg egyének, a P_ACO₂ és a P_AO₂ változásaira sokkal érzékenyebben reagálnak, és ennek jelentős szerepe van az AP idő és a terhelési tolerancia meghatározásában. Az edzetlen, idős, vagy beteg embereknél az AP idő jelentős összefüggést mutat az oxigénfogyasztással és a teljesítménnyel az AT szintjén és a maximális terhelésnél.

IV. Az edzett, rendszeresen sportoló egyéneknél az AP idő hossza és a terhelési adatok, vagy a légzésfunkció között nincs jelentős összefüggés.

V. A légzésfunkció és az AP idő, valamint a légzésfunkció és a VO_2 , illetve a WC közötti összefüggések arra engednek következtetni, hogy az AP idő azokban az esetekben jellemzik az állóképességet, ahol a ventilációnak és a tüdő térfogatoknak jelentős szerepe van a terhelési toleranciában. A versenysportolók és a rendszeresen sportoló középkorúaknál szinte semmilyen összefüggést nem sikerült kimutatni a vizsgálat paraméterek között.

VI. Az AP idő hosszában meghatározó szerepe van a dyspnoe érzésnek. Ugyanez a szubjektív érzés meghatározza a terhelési toleranciát is, a VO_{2max} és a WC_{max} értékét, különösen akkor, ha a légzésfunkciós paraméterek beszűkültek, és a dyspnoe lehet a teljesítményt elsődlegesen korlátozó tényező. Ezt bizonyítja az időseknél mért dyspnoe index magas értéke is a nyolc hetes tréning előtt, illetve a CF betegeknél kimutatott magas pozitív korreláció a légzésfunkció és a terhelhetőség között.

VII. Az idős, 80 éves emberek állóképessége a nemzetközi adatokkal összehasonlítva nagyon alacsony volt a tréning előtt. Tanulmányunk igazolta, hogy egy nyolc hetes kerékpár tréninggel ebben az életkorban is jelentősen növelhető a terhelhetőség. A változás az AT idő kitolódásával, a VO_{2AT} és a WC_{AT} , valamint VO_{2max} számottevő növekedésével jellemezhető, de a WC_{max} és a légzésfunkciós paraméterek nem változtak jelentős mértékben. Az említett változókkal párhuzamosan szignifikánsan növekedett az AP idő is. Az állóképesség javulása eltérő mértékben mutatkozik meg a vizsgált paraméterekben. A legjelentősebb változást az AT idő megnövekedésében és a dyspnoe index csökkenésében találtuk. Az oxigén felvétel és a teljesítmény kisebb, de jelentős javulást mutatott. A változások mértékében tapasztalt eltérések magyarázata elsősorban a jobb, gazdaságosabb légzési munka, és az izomanyagcsere javulása lehet.

VIII. Az AP idő jól követi a légzésfunkció és a terhelhetőség változását ebben az életkorban. A pozitív korreláció kimutatható volt a tréning előtt és után is az AP idő és a $VO_2\text{max}$, valamint az AP idő és a $WC\text{max}$ között, és a korrelációs együttható értéke nagyon közel állt egymáshoz a két vizsgált időpontban.

A szakirodalom adatai és saját vizsgálataink alapján úgy tűnik, hogy az AP idő jól használható kiegészítő vizsgálat lehet a legyengült, idős, vagy beteg szervezet állapotának felmérésében. A mérési eredmények tükrözik a légzésfunkcióban és a terhelhetőségben bekövetkező változásokat, ezért a mozgásterápia eredményeinek mérésére is alkalmas. Mivel az AP idő, akárcsak a légzésfunkciós értékek, a korrallal jelentősen lecsökkennek - vizsgált adataink szerint a 20 éves kortól 80-ig kb. 50%-al - valószínű, hogy a 80 éveseknél mért értékeket fiziológiásnak tekinthetjük. Az életkor szerinti normál referencia értékek megállapítására azonban jóval nagyobb populációt kellene felmérni. Az azonban kétségtelen, hogy az életkorral a légzésfunkció és az AP idő hasonló mértékben változik.

Az AP idő egyszerűen, gyorsan és veszély nélkül mérhető paraméter. A jelentős korreláció miatt az AP idő és a testtömeg ismeretében, regressziós egyenlettel kiszámítható a páciens körülbelüli maximális és anaerob küszöbhez tartozó oxigén fogyasztása és teljesítménye. Ennek alapján meghatározható a tréning intenzitása és követhető a tréning hatásának eredménye. Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy a rendszeres intenzív fizikai aktivitáshoz szokott egészséges egyéneknél tanulmányunk nem igazolta az AP idő kapcsolatát a légzésfunkció és a terhelhetőség mutatóival.

Köszönetnyilvánítás

Hálás köszönetemet fejezem ki mindazoknak, akik elméleti, vagy gyakorlati segítségükkel hozzájárultak felkészülésemhez és kutatási munkámhoz:

- Prof. Dr. Lénárd László programvezetőnek, a Pécsi Tudományegyetem rektorának, hogy lehetővé tette, hogy tanulmányaimat megkezdhessem, és építő kritikáját az értekezés kidolgozásához;
- témavezetőmnek Prof. Dr. Ángyán Lajosnak a Pécsi Tudományegyetem Felnőttképzési és Emberi Erőforrás Fejlesztési Kar professzorának, a szakmai irányításért, kutatási munkám vezetéséért, kitartó támogatásáért;
- a Szegedi Tudományegyetem Élettani Intézetében Dr. Horváth Gyöngyi főiskolai tanárnak a kutató munkámban nyújtott elméleti és gyakorlati segítségért;
- a Somogy Megyei Tüdő és Szívkörházban Prof Dr. Gyurkovits Kálmán igazgató úrnak és Dr. Laki István főorvos úrnak a cisztás fibrózisos betegek vizsgálatában nyújtott segítségért;
- a Szegedi Tudományegyetem Tüdőgyógyászati Tanszékén Dr. Somfay Attila tanszékvezető főorvos úrnak és Dr. Varga János adjunktus úrnak, az együttműködésért a tanulmányban résztvevő idős személyek vizsgálatában;
- Fehérné Kiss Anna, Nagy Edit és Domján Andrea kolléganőimnek, a felmérésekben és a tréningben nyújtott segítségükért;
- Wenczler Máriának a Pécsi Tudományegyetem PhD iroda vezetőjének, a korrekt tájékoztatásért és a felkészülés során nyújtott adminisztratív segítségért.

Irodalom jegyzék

1. Agostoni E (1963) Diaphragm activity during breath holding: factor related to its onset. *J Appl Physiol* 18(1):30-36
2. American College of Sport Medicine (1990) The recommended quality and quantity of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 22: 265-274;
3. Ángyán L (1993) Sportélettani alapismeretek. Duplex-Rota Kft Pécs
4. Apor P (2000) Élettan és klinikum. Küszöbértékek haszna a klinikumban. *Orvosi Hetilap* 141 (44), 2383-2388
5. Åstrand PO (1960) Breath holding during and after muscular exercise. *J Appl Physiol* 15: 220-224
6. Baldwin DR, Hill AL, Peckham DG, Knox AJ. (1994) Effect of addition of exercise to chest physiotherapy on sputum expectoration and lung function in adults with cystic fibrosis. *Respir Med* 88: 49-53
7. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ (1986) A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 60: 2020-2027
8. Blau H, Mussaffi-Georgy H, Fink G, Kaye C, Szeinberg A, Spitzer SA, Yahav J. (2002) Effects of an intensive 4-week summer camp on cystic fibrosis. *Chest* 121: 1117-1122
9. Borg GA (1982) Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 14: 378-380
10. Cain SM (1957) Breaking point of two breath holds separated by a single inspiration. *J Appl Physiol*. 11(1): 87-90
11. Casaburi R. (1993) A primer in cardiopulmonary exercise testing. *Monaldi Arch Chest Dis* 48: 266-271
12. Casaburi R, Patessio A, Ioli F, Zanaboni S, Donner CF, Wasserman K (1991) Reductions in exercise lactic acidosis and ventilation as a result of exercise training in patients with obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis* 143(1):9-18
13. Courteix D, Bedu M, Fellmann N, Heradoux MC, Coudert J1(993) Chemical and nonchemical stimuli during breath holding in divers are not independent. *J Appl Physiol* 75(5): 2022-2027

14. Craig AB Jr (1961) Causes of loss of consciousness during underwater swimming. *J Appl Physiol* 16: 583-586
15. Dickstein K, Bravik S, Aarsland T: Validation of a computerized technique for determination of the gas exchange anaerobic threshold in cardiac disease. *Am J Cardiol*, 1990. December 1: 1363-1367;
16. Evans E, Van Pelt RE, Binder EF (2001): Effects of HRT and exercise training on insulin action glucose tolerance, and body composition in older women. *J Appl Physiol*, 90: 2033-2040;
17. Ferretti G (2001) Extreme human breath-hold diving. *Eur J Appl Physiol* 84: 254-271
18. Ferretti G, Costa M, Ferrigno M, Grassi B, Marconi C, Lundgren CEG, Cerretelli P (1991) Alveolar gas composition and exchange during deep breath-hold diving and dry breath-holds in elite divers. *J Appl Physiol* 70: 794-802
19. Feiner JR, Bickler PE, Severinghaus JW (1995) Hypoxic ventilatory response predicts the extent of maximal breath-holds in man. *Respir Physiol* 100: 213-222
20. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, Chaitman B, Eckel R, Fleg J, Froelicher VF, Leon AS, Piña IL, Rodney R, Simons-Morton DG, Williams MA, Bazzarre T (2001) Exercise standards for testing and training. A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation* 104:1694-1740
21. Fowler WS. (1954) Breaking point of breath-holding. *J Appl Physiol* 6: 539-545
22. Frangolias D.D, Holloway C.L, Vedal S, Wilxon P.G (2003) Role of exercise and lung function in predicting work status in cystic fibrosis. *Am respire Crit Care Med* 167:150-157
23. Freeman W, Stableforth DE, Cayton RM, Morhan MD (1993) Endurance exercise capacity in adults with cystic fibrosis. *Respir Med* 87(7): 541-549
24. Gass G, Gass E, Wicks J, Browning J, Bennt G, Morris N (2004): Rate and amplitude of two intensities of exercise in men aged 65-75 yr. *Med Sci Sports Exerc*, 36/10: 1811-1818;
25. Gay SB, Siström CL, Holder CA, Suratt PM (1994) Breath-holding capability of adults. Implication for spiral CT fast-acquisition MRI and angiography. *Invest radiol* 29(9): 848-851

26. Gibson RL, Burns JL, Ramsey BW (2003) Pathophysiology and management of pulmonary infections in cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med* 168: 918-951
27. Gyurkovits K (1991) Cystás fibrosis (Mucovoscidosis) *Medicina* ISBN: 963 241 954 5: 19-21
28. Hawkins SA, Wiswell RA (2003) Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging – Implications for exercise training. *Sport Medicine* 33(12):877-888
29. Hong SK (1988) Man as a breath-hold diver. *Can J Zool* 66:70-74
30. Hurewitz AN, Sampson MG (1987) Voluntary breath-holding in the obese. *J Appl Physiol* 62: 2371-2376
31. Joulia F, Guillaume Steinberg J, Faucher M, Jamin T, Ulmer C, Kipson N, Jammes Y (2003) Breath-hold training of humans reduces oxidative stress and blood acidosis after static and dynamic apnea. *Respir physiol neurobiol* 137 (2003) 19-27
32. Klijn PHC, van der Net J, Kimpen JL, Helders PJM, van der Ent CK (2003) Longitudinal determinants of peak aerobic performance in children with cystic fibrosis. *Chest* 124: 2215-2219
33. Kohrt WM, Ehsami AA, Birge SJ: HRT preserves increases in bone mineral density and reduction in body fat after a supervised exercise program, *J. Appl. Physiol.* 1998, 84(5): 1506-1512;
34. Law C, Burton Keith J (2001) Do patient with Cystic Fibrosis Need to Exercise? *Sport & Exercise Winter* CJ.
35. Lin YC, Lally DA, Moore TO, Hong SK (1974) Physiological and conventional breath-hold breaking points. *J Appl Physiol* 37 (3): 291-296
36. Malatesta D, Simar D, Dauvilliers Y, Candau R, Saad HB, Préfaut C, Caillaud C (2004): Aerobic determinants of decline in preferred walking speed in healthy, active 65- and 80-year-olds. *Eur J Physiol* 447: 915-921
37. Marks B, Mitchell DG, Simelaro JP (1997) Breath-holding in healthy and pulmonary-compromised population: effects of hyperventilation and oxygen inspiration. *J Magn Reson Imaging* (3):595-597
38. McArdle WD, Katch FI, Katch VL (1991) *Exercise Physiology*. Lea & Febiger third edition: 434-435

39. McGuire DK, Levine BD, Williason JW (2001 I.): A 30-years folow-up of Dallas Bedrest and Training Study. I. Effect of age on the cardiovascular response to exercise. *Circulation* 104: 1350-1357;
40. McGuire DK, Levine BD, Williason JW (2001 II.): A 30-years folow-up of Dallas Bedrest and Training Study. II. Effect of age on the cardiovascular adaptation to exercise training. *Circulation* 104: 1358-1366;
41. Meyers N, Mellis CM, Cooper PJ, Van Asperen PP (2002) Randomized controlled study of in-hospital exercise training programs in children with cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 33 (3): 194-200
42. Morris N, Gass G, Thompson M, Bennett G, Basic D, Morton H (2002) Rate and amplitude of adaptation to intermittent and continuous exercise in older men. *Med Sci Spots Exerc* 34(3):471-477
43. Paterson DH, Cunnigham DA, Koval JJ, St Croix CM (1999) Aerobic fitness in a population of independently living men and women aged 55-86 years. *Med Sci Sports Exerc* 31(12):1813-1820
44. Paterson DH, Govindasamy D, Vidmar M, Cunnigham DA, Koval JJ (2004) Longitudinal study of determinants of dependence in an elderly population. *J Am Geriatr Soc* 52(10):1632-1638
45. Patessio A, Casaburi R, Carone M (1993) Comparison of gas exchange, lactate, and lactic acidosis threshold in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 148:622-626
46. Perez - Padilla R, Cervantes D, Chapela R, Selman M (1989) Rating of breathlessness at rest during acute asthma: correlation with spirometry and usefulness of breath-holding time. *Rev Invest Clin* 41: 209-213
47. Pimentel AE, Gentile CL, Tanaka H (2003) Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in endurance-trained than in sedentary men. *J Appl Physiol*, 94: 2406-2413
48. Prasad SA, Cerny FJ (2002) Factors that influence adherence to exercise and their effectiveness: application to cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 34: 66-72
49. Reinhard U, Muller PH, Schmulling RM, (1979) Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. *Respiration* 38:36-42

50. Selvadurai HC, Blimkie CJ, Meyers N, Mellis CM, Cooper PJ, Van Asperen PP (2002) Randomized controlled study of in-hospital exercise training programs in children with cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 33(3): 194-200
51. Sergysels R (1995) Evaluation of dyspnoea during exercise testing. *Eur Respir Rev* 5: 25, 24-26
52. Shah AR, Gozal D, Keens T (1998) Determination of aerobic and anaerobic exercise performance in cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med* 157: 1145-1150
53. Shephard RJ (1986) Physical training for the elderly. *Clin Sports Med* 5:515-533
54. Schmidt RF, Thews G. (1989) *Human physiology*. Springer-Verlag, Berlin
55. Somfay A, Porszasz J, Lee SM, Casaburi R (2001) Dose-response effect of oxygen on hyperinflation and exercise endurance in nonhypoxaemic COPD patients. *Eur Respir J* 18: 77-84
56. Sterba JA, Lundgren CEG (1988) Breath-hold duration in man and the diving response included by face immersion. *Undersea Biomed Res* 12:361-375
57. Stroud RC (1958) Combined ventilatory and breath-holding evaluation of sensitivity to respiratory gases. *J Appl Physiol* 14(3) 353-356
58. Sue DY, Wasserman K, Moricca RB (1988) Metabolic acidosis during exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease: use of V-slope method for anaerobic threshold determination. *Chest* 94:931-938
59. Taskar V, Clayton N, Atkins M, Shaheen Z, Stone P, Woodcock A (1995) Breath-holding time in normal subjects, snorers, and sleep apnea patients. *Chest* 107: 959-962
60. Tibes U, Stegemann J (1969) End tidal partial pressures O₂ uptake and CO₂ output following apneic diving and breath-hold in water and air. *Pflügers Arch* 311: 300-311
61. Trooster T, Gosselink R, Decramer M (1999): Six minute walking distance in healthy elderly subjects, *Eur Respir J* 14(2): 270-274;
62. Turchetta A, Salerno T, Lucidi V, Libera F, Cutrera R, Buch A (2004) Usefulness of a program of hospital-supervised physical training in patients with cystic fibrosis. *Pediatric Pulmonology* 38:115-118

63. Van Pelt RE, Evans EM, Schechtman KB (2001): Waist circumference vs body mass index for prediction of disease risk in postmenopausal women. *Int J Obes*, 25: 1183-1188;
64. Van Pelt RE, Evans EM, Schechtman KB (2002): Contributions of total and regional fat mass risk for cardiovascular disease in older women. *Am. J Physiol Endocrinol Metab* 282: 1023-1028;
65. Ward SA, Macias D, Whipp BJ (2001) Is breath-hold time an objective index of exertional dyspnoea in humans? *Eur J Appl Physiol* 85(3-4): 272-279
66. Whitelaw WA, McBride B, Amar J, Corbet K (1981) Respiratory neuromuscular output during breath-holding. *J Appl Physiol* 50(2): 435-443
67. Wisèn AGM, Farazdaghi RG, WohlFart B (2002): A novel rating scale to predict maximal exercise capacity. *Eur J Appl Physiol* 87: 350-357;

Az értekezés alapjául szolgáló publikációk és kongresszusi előadások

Eredeti közlemények

Nagy E, Feher Kiss A, **Barnai M**, Preszner Domján A, Angyan L, Horvath G
(Accepted: 2007 Január 20.): Postural control in elderly subjects participating in balance training Eur. J. Appl. Physiol. IF:1,619

Barnai M, Domján A, Varga J, Somfay A, Nagy E, Horváth G (2006): Exercise capacity of the 80 age-old people. microCAD 1-6

Barnai M, Nagy E, Rázsó K, Domján A, Horváth Gy (2006): Az akaratlagos apnoe idő változása az életkor és a fizikai kondíció függvényében. Mozgásterápia 15:10-15.

Barnai M, Domján A, Varga J, Somfay A, Jeney K, Sárga N, Verebély B, Horváth G (2006): Az állóképesség fejleszthetősége nyolcvan éves korban. Acta Sana 1: 26-33

Barnai M, Laki I, Gyurkovits K, Angyan L Horvath G (2005): Relationship between breath-hold time and physical performance in patients with cystic fibrosis Eur. J. Appl. Physiol. 95: 172-178 IF: 1,465

Barnai M (2000) Az akaratlagos apnoe idő és a fizikai terhelhetőség összefüggései. Mozgásterápia 3:17-18

Kongresszusi előadások

Barnai M, Nagy E, Rázsó K, Domján A, Horváth Gy (2006): Az akaratlagos apnoe idő és a fizikai teljesítmény összefüggései. SZTE EFK Fizioterápiás Tanszék 15 éves Jubileumi Kongresszus. Április 27-28 Szeged

Barnai M (2005) Az akaratlagos apnoe idő és a fizikai teljesítmény. Magyar Gyógytornászok Társasága V. Kongresszusa. November 17-19 Sopron

Barnai M, Domján A, Varga J, Somfay A, Jeney K, Sárga N, Verebély B, Horváth Gy (2005): Az akaratlagos apnoe idő és a nyolcvan évesek állóképességének vizsgálata Magyar Élettani Társaság LXII. Vándorgyűlése. Június 2-4. Budapest

Barnai M, Domján A, dr. Varga J, dr Somfay A. (2004) Az állóképesség fejleszthetősége idős korban. Magyar Gerontológiai Társaság Kongresszusa Március 26-27. Szeged

Barnai M, Preszner Domján Andrea, Verebély B, Jenei K, Boros E, Sárga N. (2003) Kerékpár tréning hatása az állóképességre. Magyar Gyógytornászok III. Kongresszusa. Október 16-19. Szombathely

Egyéb közlemények, kongresszusi előadások

Könyv, könyvrészlet, kiadvány:

Barnai M. (2003) Aktív expektorációs technikák. (fejezet) Modern fizioterápia a cystás fibrózis kezelésében. szerk: Borka Péter, Budapest

Barnai M. Gerencsér Zs. (1999), Fejlődés a belgyógyászati fizioterápiában. a SZOTE Főiskolai Kar Általános Szociális Munkás és Gyógytornász Szakának jubileumi évkönyve.; 179 – 181

Kádas É, Rázsó K, **Barnai M**, Fehérné Kiss A (1999): Az otthoni fizioterápiás ellátás indikációs és kontraindikációs körei. In: Az ápolás menedzselése – „A segítők együttműködése az ápolásban és a paramedicinális foglalkozások területén” 1999. Pető Éva British Council – SZOTE Népegészségtani Intézet Szeged: 34-36

Barnai M. (1995) Az asztmás betegek fizioterápiája (könyv fejezet) Az asztmáról, az asthma nurse tanfolyam hallgatóinak; szerk.: dr Rónai Zoltán Kaposvár. 66-75

Könyv fordítás angolról magyarra:

Kapandji I.A. (ford: **Barnai M**): Az ízületek élettana I. A felső végtag. Medicina 2005

Kapandji I.A. (ford: **Barnai M**, Fehérné Kiss A): Az ízületek élettana II. Az alsó végtag. Medicina 2005

Kapandji I.A. (ford: **Barnai M**): Az ízületek élettana III. A törzs és a gerinc. Medicina 2005

Kongresszusi összefoglalók, előadások:

Nemzetközi:

Barnai M, Fehérné Kiss A: Challenges in the development of new education structure in physiotherapy program. COEHRE Annual Conference 2005 marc 30-april 2 Budapest

Barnai M, Bornemisza É Jankovics A., Somfay A: Correlation between the mobilization of the thorax and the exercise tolerance in COPD 14. International Congress of The World Confederation for Physical Therapy; 2003 jun 7-12. Barcelona

Barnai M, Bán R, Physiotherapy education in Hungary. Rehabilittion Congress 2000 okt. 27-30. Bukarest

Barnai M Laki I, Gyurkovits K: Simple indexes for prediction of the exercise tolerance International Congress of Cystic Fibrosis. 1994 máj. 29- jún. 3. Párizs

Barnai M, Gyurkovits K, Holics K,: Two weeks Camp for CF families in Hungary.18 th European Cystic Fibrosis Conference 1993 máj. 21-26. Madrid

Laki I, **Barnai M**, Gyurkovits K: Acute Effects of Physioterapy Performed by Flutter or Clini-Jet Techniques. IX. World Congress of Cystic Fibrosis 1992 aug. 19-27. Dublin

Hazai:

Barnai M, Várhelyi G, Nagy E, Nagy E, Horváth Gy: A helyreállási időt befolyásoló tényezők. Magyar Élettani Társaság LXX. Vándorgyűlése, 2006 jún. 7-9. Szeged

Bornemisza É, Presznerné Domján A, **Barnai M**, Nagy E, Horváth Gy: Medence aszimmetriák és a súlyviselés. Magyar Élettani Társaság LXX. Vándorgyűlése, 2006 jún. 7-9 Szeged

Barnai M: A manuálterápia és az aquaterápiás módszerek kombinációja a protrakciós fejtartás mobilizációjára. SZTE EFK Fizioterápiás Tanszék 15 éves Jubileumi Kongresszus 2006. ápr. 27-28. Szeged

Barnai M: Nyaki gerinc mobilizációs lehetőségek az aquaterápiában. Magyar Balneológiai Egyesület Éves Kongresszusa, 2005. nov. 11-13 Szeged

Sebő K, Légrády P, **Barnai M**, Rázsó K, Aranyász K, Banka I, Lajis E, Tóth O, Ábrahám Gy, Sonkodi S: Statikus és dinamikus egyensúly vizsgálatok hipertóniás betegeken. A Magyar Hypertonia Társaság XII. Kongresszusa 2004. dec.1-4. Budapest

Barnai M: A mellkas mechanikájának megváltozása mellkasi műtétek kapcsán. A Magyar Tüdőgyógyász Társaság Onkopulmonológiai Szekciójának Konferenciája, 2003 dec. 5-6 Budapest

Zapantis G, Csoka I, Horvath G, **Barnai M**, Kekesi G, Csanyi E, Penzes T, Eros I: Ketamin klorid tartalmú transzdermális gyógyszerformák formulálása és vizsgálata. Congressus Pharmaceuticus Hungaricus XII. 2003 máj. 8-10. Budapest

Barnai M: Relaxációs technikák a hidroterápiában Magyar Gyógytornászok III. Kongresszusa, 2003 okt. 16-19. Szombathely

Barnai M: Légzésrehabilitációs eljárások COPD-ben SZOTE Tudományos Ülések Bizottsága tudományos ülése 2002 febr. 19. Szeged

Barnai M, Bán R, Bornemisza É: Az edzéselmélet alapelveinek alkalmazása a fizioterápiában . „A mozgás szerepe a Csont- Izület Évtizedében” tudományos konferencia, 2001 november 9 Szeged

Barnai M, Borók B: Rehabilitációs lehetőségek COPD-ben Magyar Gyógytornászok II. Kongresszusa 1999 szept. 2-4. Kecskemét

Hódi Á, **Barnai M**, Gerencsér Zs: Az akut myokardialis infarktuson átesett betegek korai mobilizációjának lehetőségei és korlátai. SZOTE Tudományos Ülések Bizottsága tudományos ülése 1999. Szeged

Barnai M, Fehérné Kiss A, Varga M: Krónikus vállfájdalom haemiparetikus betegeknél. Rehabilitációs Vándorgyűlés, 1999. Székesfehérvár

Barnai M, Hódi Á: A cisztás fibrózis fizioterápiás kezelési lehetőségei SZOTE Tudományos Ülések Bizottsága Tudományos Ülése, 1999. Szeged

Barnai M: Krónikus lumbális gerinc problémák manuálterápiás kezelése Manuálterápiás Szimpózium 1999. április 23-24. Budapest

Mészáros Á, **Barnai M**: Aktív expektorációs technikák Gyógytornász Fórum 1996 Szeged

Barnai M: A légzés mechanika károsodásának okai és következményei krónikus légzőszervi megbetegedésekben Gyógytornász Fórum 1996, Szeged

MELLÉKLETEK

1. sz melléklet

Az 1-10-es skála beosztása	
6	
7	nagyon, nagyon könnyű
8	
9	nagyon könnyű
10	
11	elég könnyű
12	
13	kicsit nehéz
14	
15	nehéz
16	
17	nagyon nehéz
18	
19	nagyon, nagyon nehéz
20	

Borg skála: a fizikai terhelés mértékének szubjektív megítélése. A 6-20-as Borg skálán a 15-16-os érték felel meg az anaerob küszöbnek.

2. sz. melléklet

No.	Testsúly (kg)	Életkor (év)	AP idő (s)	VO _{2AT} (ml /kg/perc)	VO _{2max} (ml /kg/perc)	WC _{AT} (watt/kg)	WC _{AT} (watt)	WC _{max} (watt/kg)	WC _{max} (watt)
1*	45	23	10	7.3	9.7	0.8	36	1.2	52
2	51	31	12	8.2	11.1	0.7	35	1.6	82
3	41	22	12	11.4	12.2	1.0	41	1.2	47
4	53	22	13	12.6	14.6	1.1	58	2.2	115
5	59	18	14	8.9	27.5	0.9	53	2.5	148
6	38	18	18	14.2	17.7	1.5	57	2.0	76
7	43	19	20	13.9	20.5	1.2	51	2.4	103
8	40	15	20	18.0	26.4	1.5	60	2.2	90
9	50	18	22	15.5	24.9	1.3	63	2.7	136
10	54	20	22	15.6	17.0	1.5	81	1.7	92
11	44	17	27	20.2	28.2	1.5	66	2.2	97
12	49	20	28	19.0	28.7	2.0	98	3.8	186
13	47	19	29	11.3	23.8	2.0	94	4.0	188
14	42	16	32	16.6	24.1	1.5	63	2.4	101
15	45	20	32	20.0	30.8	1.9	85	3.6	162
16	46	19	35	21.5	30.0	2.0	92	3.0	138
17	46	18	41	23.9	30.4	2.4	110	3.4	156
18**	58	18	58	28.7	51.8	2.4	139	4.6	267

18 CF beteg részletes adatai. Az adatok az AP idő növekedése alapján rendezettek.

* a legalacsonyabb AP idő: egy 23 éves előrehaladott állapotú beteg

** a legmagasabb AP idő: egy 17 éves korban diagnosztizált rendkívül jó állóképességű fiatal beteg