

PhD értekezés

Dr. Szabó Sándor András orvos alezredes

2008

ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM
BOLYAI JÁNOS KATONAI MŰSZAKI KAR
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA

Dr. Szabó Sándor András orvos alezredes

**A KATONAI REPÜLŐ-HAJÓZÓ ÁLLOMÁNY
REPÜLŐORVOSI MINŐSÍTÉSE ÉS KIKÉPZÉSE A NATO
STANDARDIZÁCIÓS EGYEZMÉNYEK SZELLEMÉBEN**

*különös tekintettel a szív-érrendszeri adaptáció és readaptáció
vizsgálatára komplex és szimulált repülési stressz környezetben*

Doktori (PhD) Értekezés

**Témavezető: Dr. habil Grósz Andor CSc
orvos dandártábornok**

2008. BUDAPEST

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS

<i>A tudományos probléma megfogalmazása.....</i>	1
<i>Kutatási célkitűzések.....</i>	3
<i>Kutatási hipotézisek megfogalmazása.....</i>	4
<i>Kutatási módszerek.....</i>	6
<i>Várható eredmények, azok felhasználhatósága.....</i>	7

1. VADÁSZREPÜLŐGÉPEK ÚJ GENERÁCIÓJA ÉS ÚJ KIHÍVÁSOK A REPÜLŐORVOSTANBAN.

<i>1.1. A vadászrepülőgépek szerepének változása és ennek hatása a repülő-hajózó állománnyal, a kiképzéssel és a magassági védőfelszereléssel szemben támasztott repülőorvosi követelményekre.....</i>	8
<i>1.1.1. Élettani problémák.....</i>	13
<i>1.1.2. Technikai védelem, a kiképzés korszerűsítése.....</i>	19
<i>1.2. A repülőorvostan új kihívásainak elemzése repülésbiztonsági szempontból.....</i>	31
<i>1.3. A szelekció prioritásai.....</i>	46
<i>Összegzés.....</i>	53

2. A NATO KATONAI STANDARDIZÁCIÓS ÜGYNÖKSÉG (MAS/NSA) REPÜLŐORVOSI PANELJE ÁLTAL GONDOZOTT STANDARDIZÁCIÓS EGYEZMÉNYEK ELEMZÉSE.

<i>2.1. A standardizáció filozófiája, szintjei, a repülőorvosi standardizáció fő irányai, célkitűzései.....</i>	56
<i>2.2. A NATO Katonai Standardizációs Ügynökség Repülőorvosi Panelje által gondozott Standardizációs Egyezmények részletes elemzése, honi adaptációjuk lehetőségei.....</i>	61
<i>Összegzés.....</i>	81

3. A SZÍV-ÉRRENDSZERI ADAPTÁCIÓ VIZSGÁLATA KOMPLEX REPÜLÉSI STRESSZ KÖRNYEZETBEN.

<i>3.1. A hagyományos funkcionális diagnosztikai vizsgálatok rendszere és tapasztalatainak elemzése.....</i>	83
--	----

3.2. Új vizsgálati lehetőség: az Impedancia Kardiográfia szerepe.....	86
3.2.1. A vizsgálat főbb célkizűzései.....	86
3.2.2. Vizsgálati eredményeink.....	91
3.2.3. Eredményeink érékelése.....	94
3.3.4. Az IKG egyéb alkalmazási lehetőségei.....	96
3.3. Egészségvédelem és új therápiás lehetőségek a hajzó állomány harcképességének fenntartása érdekében.	99
Összegés.....	105

BEFEJEZÉS

<i>A kutatási tevékenység összegzése.....</i>	106
<i>Összefoglaló végkövetkeztetések.....</i>	107
<i>Új tudományos eredmények.....</i>	110
<i>Ajánlások.....</i>	111

FÜGGELÉK

<i>Az értekezésben használt rövidítések.....</i>	112
<i>Publikációs lista.....</i>	113
<i>Felhasznált szakirodalom.....</i>	117

„...a háborút katonák vívják és nyerik meg, nem a gépek..
végül is a katona az, aki a dolgát teszi.
Tőle függ minden.”¹

BEVEZETÉS

A tudományos probléma megfogalmazása

A Légierőnek, mint önálló haderőnemnek a szerepe, lehetőségei és alkalmazása gyakorlatilag a megszületésétől kezdve a teoretikusok és a katonai stratégák gondolkodásának központi eleme volt. A gazdaság, azon belül a katonai technikai-technológiai fejlesztések nyújtotta új perspektívák – a lezajlott helyi és világháborús konfliktusok tapasztalatait felhasználva – rögtön vissza- tükröződtek a haderő szervezeti struktúrájára, illetve az alkalmazandó harceljárásokra vonatkozóan, melyek természetesen szoros kölcsönhatásban vissza is hatottak a technikai haladásra. Már az I. világháború után megszülettek az első átfogó munkák a légierő potenciális jövőbeni szerepéről. A technikai-szervezeti-harcelméleti (hadművészeti) hármas dinamikus egysége, egymást kölcsönösen inspiráló és a továbbfejlődést elősegítő kölcsönhatása azóta is fennáll. Azaz ahogy fejlődött a repülés, újabb kihívások fogalmazódtak meg a technikával és a pilóta harcképességével szemben, úgy tökéletesedtek a légi harcászati elvek és úgy modernizálódott az alkalmazott harci technika, komplexitásában tekintve maga a vadászrepülőgép, annak minden alrendszerével együtt.²

A Légierő mint haderőnem stratégiai szerepe és a légierő harcászati alkalmazása helyi és regionális konfliktusokban a II. világháború óta eltelt időben semmit sem csökkent, sőt bizonyos konkrét helyi háborúkban alkalmazása önmagában is perdöntő volt³. Stratégiai méretekben illetve elgondolásokban a hidegháború korában a légierő csapásmérő képessége, az atom arzenál célba juttató képessége alapvető fontosságú volt, ami a tömeghadseregek korában is jól képzett pilóták, repülő-hajózó állomány rendszerbe állítását, kiképzését és lehető legtovább szolgálatban tartását kívánta meg.

A Bevezetést nyitó idézet ezért véleményem szerint különösen vonatkoztatható a pilótára, még ha a légiharc sikeres megvívásához sokkal nagyobb logisztikai-kiszolgáló,

¹ FM-100-5. szabályzat

² Szabó, M.: Légiuralom-elmélet – légifegyverkezés – (A Magyar Királyi Légierő az 1930-as években , Douhet, G.: Il Dominio dell’Aria 1921. A Légiháború. 1927. Mindentudás Egyeteme IX. szemeszter előadás 2006. október 02-án. www.mindentudas.hu/archivum, letöltve 2008. március 13.

felderítő kapacitás és csapatmunka szükséges, mint az egyes harcok tevékenységéhez a harcmezőn.

A kétpólusú világ megszűnésével a légierő potenciális szerepvállalása nem szűnt meg, sőt csapásmérő ereje fokozódott: a 90-es években zajló Balkáni konfliktusokban a NATO szövetséges erői gyakorlatilag rövid idő alatt kivívták a légifölényt, ami meggyorsította a katonai győzelem elérését, majd a politikai rendezést. A légierő önálló és tömeges alkalmazása, csapásmérő képessége az 1. és 2. Öbölháborúban, az afganisztáni háborúban is nagymértékben hozzájárult nemcsak a légvédelem kiiktatásához és a légifölény fenntartásához, hanem a szárazföldi csapatok megbénításához is. (Az első Öböl-háború egyike volt a modern háborúk azon eseteinek, amikor a légierő olyan szinten volt képes a másik haderőnemet támogatni, hogy az ellenség területének elfoglalása alig volt több mint formalitás.⁴) A harcászati alkalmazások során egyértelmű volt a kistávolságú manőverező jellegű légi harcok számának csökkenő tendenciája, a magas fokú manőverező képességgel, lopakodó-képességgel rendelkező (és természetesen korszerű fegyverzettel, rakéta arzenállal, célnavigációs, kommunikációs berendezésekkel bíró) gépek dominanciája a Szövetségesek oldalán. Ugyanakkor, a legújabb harcászati repülőgépek fejlesztési irányait tanulmányozva továbbra is kijelenthető, hogy ma is határozott törekvés figyelhető meg a manőverezőképeség fokozására.⁵

Az ilyen repülési csúcstechnika a tapasztalatok szerint nemcsak fegyveres konfliktusban, hanem a haderők által végrehajtott, nem V. cikkely szerinti békefenntartó, békekikényszerítő feladatokban, közös harci kötelékek elemeként is rendkívül hasznosan működhet közre, már csak elrettentő erejénél fogva is, de konkrét légi szállítás, humanitárius feladatok ellátásában is fontos szerep jut neki.

A légi harc a „A repülőeszközök és kötelékek cél, hely, idő szerint egyeztetett manőverének és tüzeinek szervezett összessége”⁶, melyben változatlanul kulcspozícióban van a jól kiképzett harci pilóta, bár helyesebb a piramis csúcsára helyezni őt, az irányító-logisztikai háttértámogatás plasztikusabb kifejezésére.

A gépek manőverező képességének és túlélő képességének fenntartása mellett – a NATO „Force protection” elvének, az élőerő elsődleges védelmének filozófiája és gyakorlati

³Varga, F.: A légi harc változása az I. világháborútól napjainkig. PhD értekezés Budapest, 2001. Tézisek, p. 131.

⁴Varga, F.: A légi harc változása az I. világháborútól napjainkig. PhD értekezés Bp., 2001. p. 42.

⁵Varga, F.: A légi harc változása az I. világháborútól napjainkig. PhD értekezés Bp., 2001. Tézisek, p. 132.

⁶Szilágyi, T.: A légvédelmi és repülőcsapatok hadművelési művészetének alapjai. Budapest, 1994. p. 109.

megvalósítása szellemében – biztosítani kell a pilóta harcképességét, cselekvőképességét, azaz speciális munkavégző képességét is, figyelembe véve a NATO országok légierőinek többségében esedékes fegyverzet korszerűsítési feladatait és a vadászrepülőgépek cseréjét is. A rendszerbe álló 4. és 5. generációs, fejlett technikájú, többségükben előszárnyas („kacsaszárnyas”) elrendezésük folytán és (vagy) tolóerő vektor vezérlési képességük révén rendkívül jól manőverezhető harci gépek pilótáinak meg kell felelniük az élettani stresszorok okozta kihívásoknak. Ilyenek a gyorsulások okozta túlterhelések, a veszélyhelyzetben változatlanul fenyegető (és potenciálisan végzetes) oxigénhiány, a térbeli tájékozódóképesség zavara.

Ezek a kihívások a repülőorvostan számára is új megközelítést, új szempontokat kívánnak a pilóták kiválogatási folyamatában, egészségügyi alkalmassági minősítésük rendszerében, hangsúly eltolódásokkal a korábbi szigorú kizárási kritériumoktól a repülőorvosi tréning, demonstrációk irányába. Komplexitásában kell értékelni az esetleg bekövetkező repülőbalesetek és katasztrófák okait, a humán tényező pszichés és fizikai teljesítőképességének korlátait. Egyúttal, - figyelembe véve Szövetségi elkötelezettségünket, a NATO Standardizációs Ügynöksége által megkívánt kompatibilitási-együttműködési követelményeket – szükség van a katonai repülő-hajózó állomány nemzetközi minősítési elveinek, kiképzésének egységesítésére, a repüléssel, a repülőszemélyzet védelmével kapcsolatos humán, technikai és eljárásbeli Standardizációs Egyezmények elfogadására és bevezetésére.

Kutatási célkitűzések

- 1) A 4. és 5. generációs vadászrepülőgépek (definíciót lásd az I. fejezetben) támasztotta fokozott élettani, repülőorvosi kihívások bemutatása, fontosságuk elemzése, az általuk provokált hibalehetőségek szisztematikus megközelítése, különös tekintettel a pilótahiba kialakulásának dinamikus folyamatába. Ehhez felhasználok a repülésbiztonság statisztikai adatait is. Az emberi hiba elleni küzdelem egyik legfontosabb, de időrendben mindenképp a legelső lépcsője a szelekció. Célom a magas fizikai és szellemi teljesítményre képes, és ezért hibára kevésbé hajlamos pilóta jelöltek kiválogatási folyamatának, a folyamat néhány kiemelt jelentőségű elemének a szemléltetése.
- 2) A NATO Standardizációs folyamatainak elemzése, különös tekintettel a NATO NSA (NATO Standardizációs Ügynökség) Repülőorvosi Munkacsoport (majd Panel)

- működésére, az általa gondozott Egységes Védelmi Előírások helyzetére, a nemzeti adaptáció, azaz ratifikáció és bevezetés aktuális helyzetére, a problémák elemzésével.
- 3) A 3114 STANAG („Egységes Védelmi Előírás a Repülő-hajózó állomány repülőorvosi kiképzésére”) kapcsán kiemelten, saját statisztikai adatokkal elemzem a barokamrai vizsgálati protokoll változásait, különös tekintettel a nagymagasságú hypobáriás hypoxia demonstratív, tréning célzatú végrehajtását különböző állomány kategóriákban, a repülőorvostani szakmai-módszertani útmutató 2004-es módosítása óta. Szemléltetem a centrifuga kiképzés fontosságát is, kitérve a magassági hatások és gyorsulás elleni komplex védelem, illetve a védőfelszerelés fontosságára. Összehasonlítom a hagyományos hypoxiás minősítési eljárásban észlelt, illetve a klinikai kerékpár terheléses módszer okozta élettani változásokat az impedancia kardiográfia módszerével.
- 4) A repülőorvosi funkcionális diagnosztika elveinek követésével - elődeim és oktatóim munkáját folytatva – a pilóták harcképessége (alkalmassága minősítésének) meghosszabbításának lehetőségeit keresem, további életmódbeli, szükség esetén klinikai repülőorvosi módszerek, terápiás lehetőségek, gyógyszerek ajánlásával. Ezzel a magyar hajózó állomány alkalmazhatóságát, felkészültségét, nemzetközi elismertségét, igyekszem javítani.

Az értekezésnek nem tárgya a repülő-hajózó állomány kiválogatásának, a minősítési elveknek teljes elemzése klinikai részletességgel. **Célom** csupán a hadművészet és katonai alkalmazhatóság szempontjából alapvető repülőorvosi problémák, veszélyek felvillantása, kivédésük lehetőségeinek elemzése, az egységesítés, vagyis egységes Szövetségi megközelítés alkalmazása mind több területen.

Kutatási hipotézisek megfogalmazása

Bizonyítani kívánom, hogy a haditechnikai (repülőműszaki, avionikai) fejlesztések, az ennek nyomán lezajló, strukturális, katonai szervezeti változások és a harcászati elvek általánosságban leírt dinamikus kölcsönhatása a mai viszonyok között, szűkebb – repülőorvosi - szakterületemen is értelmezhető, tetten érhető. A megváltozott geostratégiai helyzetben, a kétpólusú világ megszűnésével, a NATO szerepének és deklarált céljainak hangsúlyeltolódásával párhuzamosan a légi harcászati, békefenntartó és humanitárius (nem V. cikkely szerinti) alkalmazása továbbra is megköveteli a céloknak megfelelő géptípusok

fejlesztését: nagy manőverezőképeségű vadászrepülő-gépek, korszerű légiirányító és riasztó repülőgépek, légiegesztségügyi kiürítésre-mentésre alkalmas repülőeszközök rendszerben tartását. Erre alapozva **állítom és szemléltetem**, hogy

1. A csúcstechnikájú gépek magas szellemi és fizikai teljesítőképességet követelnek meg. Ez szükségessé teszi a pilóták munkavégző képességét fokozó repülőorvosi eljárások, kiképzési metodikák és életfenntartó rendszerek technikai fejlesztését, modernizációját.
2. Fő célunk a repülésbiztonság növelése, melyhez a pilótahiba kialakulásának lehetséges okait, és a folyamat háttértényezőit is ismernünk kell. Az okok és a repülőbaleseti statisztikák ismertetésével a humán tényező fizikai és szellemi teljesítőképességének korlátait vizsgálom.
3. Ezek alapján a repülő-hajózó állomány **nemzeti** kiképzési és alkalmasság-vizsgálati alapelveit, lehetséges modernizációját is áttekintem, annak érdekében, hogy **lehetőleg ne az ember legyen a „leggyengébb láncszem”**.
4. **Nemzetközi** katonai szervezeti szintű vetülete a fentieknek a NATO standardizációs folyamat, amelyben a légiműveletek támogatási területén (Air Operation Support) a repülőegészségügynek is fontos szerepe van, legalább az interoperabilitás, kölcsönös együttműködési képesség szintjének elérésével. Erre a Magyar Honvédségen belül a módszertant illetően több, a technikai háttérrel illetően kevesebb mozgástérrel, de lehetőséget látok és ezt a ratifikációs folyamat egyes konkrét dokumentumaival bizonyítom.
5. Saját metodikánkban új nem invazív szív-érrendszeri mérőberendezés, az Impedancia kardiográf (IKG) alkalmazhatóságát elemzem szimulált repülési stressz szituációkban, az oxigénhiány és a túlnyomásos légzés okozta reakciók monitorizálásában és felvetem a hosszútávú alkalmazás lehetőségét.
6. Az egészségvédelem területén a gyógyszeres kezelés bevezetésének és a szív-érrendszeri rizikó csökkentésének lehetőségét elemzem és bizonyítom hatékonyságát.

Kutatási módszerek

Kutatásomat a következő témakörök szerint végeztem:

- 1) A vadászrepülőgépek új mérnök-műszaki megoldásai és az általuk teremtett repülésélettani problémák számbavétele, részben történeti jellegű áttekintése. A pilóta hiba lehetőségei, a hypoxia (oxigénhiány), G-LOC (gyorsulás és túlterhelés okozta eszméletvesztés – G induced loss of consciousness), térbeli dezorientációs (tájékozódóképesség elvesztésével járó) repülőesemények repülésbiztonsági elemzése kapcsán a barokamra és centrifuga vizsgálatok szerepének tanulmányozása.
- 2) A NATO Standardizációs Ügynökség Repülőorvosi Panel (korábban Munkacsoport) célkitűzéseinek, hatályos dokumentumainak (Standardizációs Egyezményeinek) elemzése, az egységesítési folyamat modellszerű szemléltetésével és témakörök szerinti tételes elemzésével.
- 3) A 3114-es STANAG (Egységes Védelmi Előírás a repülő-hajózó állomány repülőorvosi kiképzéséről) hazai bevezetésének értékelése, a Magyar Honvédség Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ Repülőorvosi-, Egészségvizsgáló és Kutató Intézet repülőorvosi vizsgálati rendjébe történő beillesztése. A vadászpilóták és a GRIPEN pilóta jelöltek 7600 és 8000 méteres vizsgálati protokollja tapasztalatainak elemzése, más NATO országok barokamrai vizsgálati metodikájával történő összevetésben.
- 4) Hypobáriás hypoxiában és túlnyomásos oxigénlégzéses teszt során történt impedancia kardiográfiás mérések elemzése. *(A komplex kutatási elrendezésből csak a saját kutatási hipotézisemre vonatkozó metodikát és eredményeket emelem ki, más munkacsoport tevékenységét csak a legszükségesebb mértékben említem.)*
- 5) Kiképzett pilóták repülőorvosi alkalmasságának meghosszabbítási lehetőségeit vizsgálom és elemzem a szív-érrendszeri rizikó elemzés és a gyógyszeralkalmazás új lehetőségeivel. Ehhez felhasználok a NATO RTO/AGARD (Kutatási és Technológiai Ügynökség) új szempontjait (WG 26 munkacsoport adatbázisa „NATO országok nemzeti gyógyszeralkalmazási elveiről a hajózó állomány körében”), valamint Egységes Védelmi Előírások, mint a STANAG 3474 (Átmeneti letiltások a hajózóállomány hatékonyságát korlátozó külső okok miatt) illetve a STANAG 3526 (NATO hajózóállomány kategóriák kölcsönös interoperativitása) hatályos rendelkezéseit.

Várható eredmények, azok felhasználhatósága

1. Elemző munkám és kísérleti tapasztalataim alapján a repülőorvosi kiképzés elméleti és gyakorlati tematikája, részleteiben a NATO elveknek megfelelően letisztult repülőorvosi szakmai- módszertani útmutatónk a gyakorlati demonstrációk során még jobban közelít a NATO elvárásaihoz. Ez lehetővé teszi a repülő-hajózó állomány nemzetközi műveleti feladatokban való részvételét, növelné a Magyar Honvédség vezetésének mozgásterét, katonai szerepvállalásaink lehetőségét a nemzetközi missziókban.
2. Pontosíthatjuk a szelekció és az időszakos repülőorvosi alkalmassági vizsgálatok során funkcionális diagnosztikai lépéseinket és betegség gyanúja esetén a szükséges therápiás (akár gyógyszeres) beavatkozási algoritmust, figyelembevéve a pilóta rehabilitációs lehetőségeit, repülőszolgálatba történő visszaállítását.
3. Kutatási vagy funkcionális diagnosztikai eszközként nagyobb rendszerességgel alkalmazhatjuk az Impedancia kardiográfot a szív-érrendszeri reakciók tanulmányozására, longitudinális adatbázis jelleggel (időszakosan ismételve), vagy gyógyszerhatás / mellékhatás profil értékelésére.

Összegésképpen – ajánlásokat teszek a funkcionális diagnosztikai vizsgálatok további korszerűsítési lehetőségeire, repülőorvosi tréning és kiképzési formák adaptációjára. Ismereteim, saját vizsgálati eredményeim alapján elsősorban a szomatikus (fizikai és szív-érrendszeri) teljesítőképesség javítására vonatkozó lehetőségeket részletezem. A NATO Kutatási és Technológiai Ügynökség adatbázisának és klinikai irányelveinek feldolgozásával a hajózóállomány gyógyszeres kezelésének óvatos, fokozatos jellegű kiterjesztését támogatom.

Figyelembe véve a repülőorvostan alkalmazott orvostudományi jellegét, ugyanakkor erősen technikafüggő kutatási területét és szoros kötődését a katonai repüléshez – bár vizsgálati alanya mindig az ember, a pilóta, (egy fejezet erejéig a potenciálisan beteg, tehát orvosilag kezelendő pilóta) – a szöveg megfogalmazásában, a problémák kifejtésében, a szintaxisban előnyben részesítettem a katonai terminológiát és a köznyelvi kifejezéseket, míg a hagyományos, latinra épülő orvosbiológiai kifejezéseket igyekeztem a minimumra csökkenteni, szükség esetén körülírni.

1. VADÁSZREPÜLŐGÉPEK ÚJ GENERÁCIÓJA ÉS ÚJ KIHÍVÁSOK A REPÜLŐORVOSTANBAN.

*„A legfontosabb a fordulékonyság, második a sebesség”
Carl August von Schoenebeck.*

1.1. A vadászipülőgépek szerepének változása és ennek hatása a repülő-hajózóállománnyal, a kiképzéssel és a magassági védőfelszereléssel szemben támasztott repülőorvosi követelményekre.

A Magyar Honvédségnél a vadászipülőgép tender elbírálása után folyik a GRIPEN többcélú vadászipülő rendszerbe állítása. 2008. januárjában az utolsó magyar felségjelzésű JAS-39 repülőgép is megérkezett a Szentgyörgyi Dezső Légibázisra, Kecskemétre. A típusváltás más csatlakozó országokban is felmerült, a NATO országok harcrendjébe illeszkedő, a szövetséges országok harci technikájával interoperabilis vadászipülőgépek beszerzése és rendszerbe állítása egyre sürgetőbb probléma. A kínálatban szereplő - és a Magyar Honvédség Harcászati Repülő Értékelő Csoport által mélyrehatóan elemzett és minősített⁷ - valamennyi harcászati repülőgép nagy manőverező képességű, korszerű vadászipülőgép, új repüléstechnikai és figyelemreméltó repülőfedélzeti (avionikai, fegyverzet kezelési) megoldásokkal.

A manőverezőképesség, mint prioritás a repülőgépek közötti fegyveres küzdelem, vagyis a légi harc kezdete óta fennáll. Ez a légi eszközöknek „...az a tulajdonsága, hogy milyen gyorsan képes – a pilóta akaratának megfelelően – megváltoztatni repülési sebességét, magasságát és irányát valamint térbeli helyzetét.”⁸ „ Ugyanakkor, a rendszerbe álló gépek többcélú tervezésének, többfeladatú rendeltetésének megfelelően ezek a gépek fokozott és rendkívül széles spektrumú operátori teljesítményt is megkövetelnek a pilótától, mint a rendszer működtetőjétől. Navigációs, fegyverzetkezelési, kommunikációs feladataik is új tényezőkként egészülnek ki, nem csak egy személyben kell repülniük a gépet, hanem egy komplex támadó rendszer részeként a pilóta egy információs hálózatnak is része, kooperál,

⁷ Óvári, Gy.: Régi gondok új megközelítésben: vadászipülőgép beszerzés 2000. után. HADTUDOMÁNY IX, évf. 3.-4. szám. 1999. december, (www.zmne.hu/kulso/mhtt/hadtudomany/1999/ht-1999-34-14.html, letöltve 2008. 08.27.)

⁸ Szabó, J. (Ed.):Hadtudományi Lexikon, Budapest, 1995. MHTT p. 898.

megnő a másokért vállalt közvetlen (esetleg pszichés nyomással járó) felelősség jelentősége is.

Az új műszaki megoldások az emberi teljesítőképesség határát súrolják. Az „ember-környezet-gép” dinamikus hármasságában **az ember vált a gyenge láncszemmé**, a technikai fejlődés folyamán nem először és nem utoljára. (E gyenge láncszem „végleges” kiküszöbölésének lehetősége a NATO és általában a katonai repülés stratégiáinak gondolkodásában is felmerült. A pilóta nélküli (UAV, UCAV) repülőeszközök katonai alkalmazásának repülőorvosi feltételeire a standardizációs fejezetben térek ki, azzal az előrebocsátott megjegyzéssel, hogy míg felderítés szempontjából az UAV kisméretű távirányítható repülőeszközök harcászati, hadszíntéri alkalmazása már megvalósult, véleményem szerint a humán emberi tényező még sokáig nem mellőzhető a légierő teljeskörű alkalmazása során, elsősorban a légifölény - légiárórozési funkciók megvalósítása tekintetében.

Az új technikai kihívások okozta repülésélettani és kórélettani reakció elemzése, az általuk okozott potenciális veszélyforrások összeegyeztetése a sikeres pilóta tevékenységben alapvető humán fiziológiai (élettani) és pszichikai (lelki) tényezőkkel új repülőorvosi-repülőműszaki megoldásokat is igényelnek. Ezeknek célja a pilóta munkavégző képességének, harcképességének megőrzése, személyre szabott maximális védelme a kiképzési repülés és a valódi légi harc körülményei között egyaránt.

Ugyanakkor a NATO keretein belül az emberi tényező, a humán faktor (jelen esetben a pilóta) egységes elvek szerinti értékelése is egyre fontosabb. A szelekciós-kiképzési-oktatási eljárások alkalmazása, az egészségügyi alkalmasság, fáradtság menedzsment, gyógyszerelés hasonló elvek szerinti elbírálása új igényként jelentkeznek. Ez a repülőorvosi munka sokszínűségét mutatja. A minősítés a munkaegészségügyi oldalról, a kiképzés/demonstráció a repülésélettani oldaláról, míg a gyógyszeres kezelés/rehabilitáció a klinikus repülőorvos szemszögéből jelent kihívást. Ez a soklépcsős, összetett folyamat a NATO Katonai Standardizációs Ügynökség (MAS) Standardizációs Egyezményein (STANAG-ok, vagy Egységes Védelmi Előírások rendszerén) keresztül valósulhat meg. Értekezésemben e komplex probléma sokirányú megközelítésére teszek kísérletet.

A repülőorvostan olyan alkalmazott orvostudományi ág, amely a potenciálisan veszélyes és ellenséges repülési környezetben az emberi teljesítőképesség határaival, fenntartásával, ill. megőrzésének lehetőségeivel foglalkozik. Mint alkalmazott tudomány erősen interdiszciplináris jellegű, sok tudományágra átfogó terület; szorosan követi a repülőtechnika és avionika, valamint a kapcsolódó műszaki tudományok és a hadtudomány

időnként robbanásszerű fejlődését és megpróbál az új kihívásokra új megoldásokat kínálni. Jó példa erre a múltból (II. világháború és azt követő évtized) a nagysebességű - nagymagasságú repülések miatt kifejlesztett magassági védőfelszerelések tökéletesítése: hogyan alakult ki a komplex magassági ruha-sisak-oxigénlégző rendszer, az anti-G (gyorsulás és túlterhelés ellen védő) ruha. A háború utolsó éveiben a sugárhajtóműves vadászrepülőgépek megjelenése, a zuhanó- és nagymagasságú bombázások tömeges alkalmazása már jelezte az új élettani kihívásokat:⁹

- tovább nőtt a gyorsulások-túlterhelések miatti átmeneti látászavar (látótér beszűkülés és szürkefátyol), sőt eszméletvesztés gyakorisága, a zuhanóbombázó pilótája nem mindig volt képes időben kivenni a zuhanásból a gépet.

- a Junkers Ju-87 pilótáit a zuhanás-rácsapás közben („Stuka bombázás”) már extrém nyomásváltozás fenyegette, a középfül nyomásváltozás miatti károsodásával, esetleg dobhártya szakadással. Ennek megelőzésére először a németek vezették be a dobhártyába beültethető kis grommet (azaz tölcsér) alkalmazását, a nyomáskiegyenlítést megkönnyítendő. (Ezt a módszert az amerikaiak Dr. Armstrong vezetésével még az 1950-as években is alkalmazták, illetve Frenzel javasolta a garatúri nyomáskiegyenlítésre alkalmas szájalapi izomfeszítés módszerét.¹⁰)

- a két világháború között már megkezdődött a túlnyomásos kabinok fejlesztése, a Junkers Ju 49 volt az első kísérleti gép, amely 41000 láb magasságon (13000 méter) tudott repülni, majd 1937-ben a Lockheed XC -35-ös, 1938-ban a Boeing 307 Stratoliner gépen volt az egész törzsben/kabintérben túlnyomás.¹¹ A bombázó kötelékek bevetése kapcsán a folyamatos oxigén adagolás biztosítása jelentett gondot: a nagy magasság mellett, a visszalélegzett levegő rezervoár, visszapótló gumizsákba került, a kilehelt pára miatt gyakran befagytak szelepek és a légénység oxigénhiányos állapotba került. A B-17-es és B-25-ös bombázó erődök pilótáinak, bombázó tisztjeinek, lövészeinek erre folyamatos figyelmet kellett fordítani, ha az erős légvédelem miatt magasabbról támadtak. A Hirosimára atombombát ledobó Enola Gay B-29-es repülőerőd kabintere volt először megfelelőképpen hermetikussá, nyomásállóvá téve, hiszen a speciális bomba teher miatt extrém magasan, a

⁹ A Messerschmitt Me 262 volt az első aktív csapatszolgálatba állított vadászrepülőgép, az Arado Ar 234 pedig az első bombázó repülőgép, melyet sugárhajtóművel láttak el. Matricardi, P: A Harci repülőgépek nagy könyve. GABO Könyvkiadó, 2006. Budapest. p. 233.

¹⁰ Aviation Medicine (Edited by J. Ernsting), Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. kiadás, p. 319

¹¹ Hallion, R.P.;1999 Louis H Bauer Lecture: Aerospace medicine nears the millenium: adaptation, anticipation, and advancement. Aviat Space and Environ Med 1999., 70., p. 1117-1124.

légvédelem és a légelhárítás biztonságos elkerülésével kellett a célterület fölé eljutni és a bombát kioldani.¹²

Az 1950-70-es évek általános tendenciái és a két világhatalom fejlesztési trendjei mind a magassági fölény, mind a manőverezőképesség további fenntartásának igényét bizonyították. (Bár a sikeres légiharchoz az idők folyamán a rakéta fegyverzet minőségi fejlesztése, a jó vadászirányítás elengedhetetlenné vált.) Ezek miatt a hermetizáció biztosítása, a gép csúcsmagasságáig a megfelelő oxigén ellátás biztosítása alapvető követelménnyé vált és a technikai lehetőségek is gyors ütemben bővültek. Kifejlesztették a csak belégzési fázisban oxigént adagoló, tehát gazdaságosabb oxigén rendszereket, az úgynevezett műtűdő beiktatásával a környezetinél nagyobb nyomáson is oxigént adagoló maszkokat rendszeresítettek. Ezek – a pilóták magas szintű képzésének részeként – maguk után vonták a repülőorvosi demonstrációk, tréningek tökéletesítését is, azzal a céllal, hogy a pilóta felismerje élettani korlátozó tényezőit, cselekvőképességének határait, éljen – de ne visszaéljen - a képességeivel.

A jelen kihívását már a vadászrepülőgépek új (4. és 5.) generációja (Eurofighter, Rafale, F-22, Gripen, F-35 Joint Strike Fighter, azaz Közös Csapásmérő Vadászrepülőgép, lásd később) jelenti, a nagy sebesség-gyorsulás és manőverező képesség szélsőséges magassági tartományban való fenntartásával, a gyorsulási vektor dinamikus változtathatóságával. (A gépek csoportosítása, generációs besorolása a szakirodalomban eltérő lehet és mindig csak retrospektíve történhet meg, a tényleges repülési jellemzők, harcászati képességek ismeretében.)¹³

Az átmeneti „4,5 vagy 4+ generáció” fejlesztése 1990-2000 között ment végbe: átmenetet jelentenek az 5. generáció felé, a fejlett technológiák felhasználását illetően. Nagy teljesítmény, csökkent radar keresztmetszet. (árnyékolás, radar elnyelő anyagok), fejlett avionika (buszok,IRST – infravörös látás és követés) jellemzi őket: F-18 Super Hornet, Szuhov Szu-33, Szuhov Szu-35, Eurofighter Typhoon EFA 2000, SAAB JAS 39 Gripen, Dassault Rafale tartozik ide. Az igazi 5. generáció 2000-től kerül előtérbe: például a lopakodóképesség, integrált rendszerek alkalmazása terén jelent további előrelépést az F-22 Raptor, MiG MFI, Szuhov Szu-47 (ez utóbbiak deklaráltan kísérleti gépek). Ezek már a katonai repülőgép tervezés új korszakát jelentik, amit a XXI. század megváltozott védelmi igényei és újabb innovációk jellemeztek. Az F-35 JSF például olyan harci gép, amit nehéz

¹² Amaczi, V.: Paul Warfield Tibbets halálára. Magyar Honvéd: XVII. évf. 51-52. szám, p.41.

¹³ Matricardi, P.: A Harci repülőgépek nagy könyve. GABO Könyvkiadó, 2006. Budapest. p. 388.

megtalálni és még nehezebb eltalálni. Intelligens, szuperszonikus teljesítményű, új eszközt jelent a légifölény fenntartásához a nemzetközi terrorizmus által megváltoztatott ismeretlen világban is.¹⁴ A legújabb vadászpilóta gépek technikai paraméterei sok tekintetben ugrásszerű javulást mutatnak az előző generációk teljesítményéhez képest: rendkívül jó tolóerő/súly aránnyal (esetleg tolóerő vektoriálás, azaz a hajtómű fűvocsó szögben történő kitérésének képességével) rendelkező, nagy manőverező képességű, sok esetben több feladatú harci gépek. A „szupermanőverező képesség”-hez a statikus instabilitás, a kacsaszárny (vagy előszárny) elrendezés is hozzájárulhat.



1. ábra: A haditechnika – harceljárás – szervezeti elem dialektikus kölcsönhatása

A gyorsulási vektor dinamikus változása az emberi szervezetben gyorsan változó nagyságú és irányú túlterhelést hozhat létre, ami a szív-érrendszeri reakciók kisiklását, hibás adaptációt okozhatja. A belső fül egyensúlyérző receptoraiban az eredő gyorsulás változása a térbeli dezorientáció veszélyes formáit teremti meg. A hypoxia elleni védelem folyamatos biztosítása, vészhelyzetben (a kabinyomás elvesztésekor) azonnali aktiválása szintén létfontosságú. A zaj és vibráció elleni védelem, a hőkomfort, hosszú idejű bevetéseknél (transzkontinentális bombázó bevetések, légi járőrözési funkciók) a harcképesség, szellemi

¹⁴ Matricardi, P.: A Harci repülőgépek nagy könyve. GABO Könyvkiadó, 2006. Budapest. p. 418.

frissesség fenntartása operatív szempontból alapvető. Mindez új, komplex repülésélettani problémákat vet fel, melyek alapvetően befolyásolják a haditechnikai – harceljárás - szervezeti elem dinamikus és dialektikus egymásra hatását. **(1. ábra)**. A problémákra válaszul a pilóta védelmét, magassági és gyorsulás-túlterhelés elleni védőfelszerelését kell tökéletesíteni, munkavégző képességét fokozó-kiterjesztő ergonómiai megoldásokat kell fejleszteni.

1.1.1. ÉLETTANI PROBLÉMÁK:

GYORSULÁS

A fizikai gyorsulások (a sebességvektor irányának és/vagy nagyságának időegység alatt történő megváltozása révén) az emberi szervezetben a gyorsulás nagyságával azonos, de azzal ellentétes irányú túlterheléseket hoznak létre, a testre mint fizikai objektumra ható tehetetlenségi erők miatt. Ezek nemzetközi nomenklatúrája (a test tengelyeihez viszonyított előjele) megállapodás kérdése. A nemzetközi **repülőorvosi** nomenklatúra szerint a test hossz- (Z) tengelye mentén +/- G_z erők, a sagittális (X azaz nyíli irányú, vagy mell-hát tengelymenti) +/- G_x , a haránt (Y, vagy oldal) tengely mentén a +/- G_y gyorsítóerők hatnak. A gyorsítóerő és a túlterhelés előjele azonos tengely mentén egymással ellentétes, szintén megállapodás révén alakult ki. A mindennapi gyakorlatban inkább a fej-far (fej-láb) illetve far-fej (láb-fej) irányú, valamint a mell-hát illetve hát-mell irányú, és jobb-bal illetve bal-jobb irányú megjelölést használjuk a túlterhelés iránya szerint. (A **repülőműszaki** szakirodalom az $n_{x,y,z}$ nevezéktant használja a repülőgép tengelyszerinti túlterheléseinek megnevezésére.)

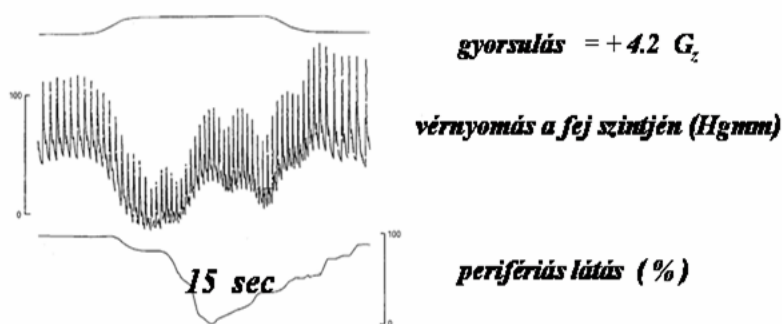
Az emberi szervezetnek a maximális gyorsulással és túlterheléssel szembeni passzív tűrőképessége a különböző tengelyek mentén jelentősen eltérő. A repülési környezetben gyakorlati jelentősége a fej-far ill. far-fej irányú (G_z) túlterheléseknek van, amikor a pilóta olyan köríven mozog (fordulóban, szűkített fordulóban), amikor tehetetlensége miatt az erekben megváltoznak a gravitáció függő hidrosztatikai nyomásviszonyok, bekövetkezik a vér tehetetlenség következtében létrejövő kényszeráramlása. Ilyen irányú túlterhelések például műrepülés (függőleges hurokrepülés = looping) különböző fázisaiban léphetnek fel, az F_c (centripetális) és F_g (gravitációs) erő vektoriális összegződése miatt. A testre folyamatosan ható függőlegesen lefelé irányuló F_g gravitációs erő és a kör során folyamatosan változó irányú F_c centripetális erő eredője (F_{res}) időben folyamatosan változó nagyságú és irányú. Így a kör alsó ívén a normális nehézségi erőnél nagyobb, a felső pontnál kisebb a túlterhelés. Fej-

farirányú túlterheléseknél (hurokrepülés alsó íve) a vér a hidrosztatikai nyomásgradiens fokozódása miatt az alsó testfél felé helyeződik át. A hidrosztatikai nyomásgradiens meghatározza az éren belüli nyomás alakulását: a szív fölött az artériás vérnyomás csökken, a szív alatt nő.¹⁵

Amikor a vér az alsó testfél felé helyeződik át, a szemfenék és az agy vérkeringése jelentősen romlik, a véráramlás akár meg is szakadhat. Ennek következménye az agyi funkciók, a mentális teljesítmény gyors romlása, akár teljes eszméletvesztéssel, 15-30 másodpercig tartó emlékezet kihagyással. A jelenség neve G LOC (G-LOC = G induced loss of consciousness, gyorsulás okozta öntudatlanság).

SZÜRKEFÁTYOL, CSÖLÁTÁS ÉS FEKETEFA TYOL KIALAKULÁSA

**A periféris látás progresszíven esik az agyi vérnyomás csökkenésével:
a feketefátyol (= blackout, amikor a periféris látás 0-ra csökken)
kb. 6 sec-mal a legalacsonyabb vérnyomásérték után következnek be.
Utána a kompenzatorikus reakciók beindulnak és a vérnyomás és a látás helyreáll**



2. ábra : A G-LOC gyakorlati jelentősége

Az alapfolyamat, hogy a fej (az agy illetve a szemfenéki erek, az ideghártya) szintjén a hidrosztatikai nyomás esik. Csökken az agyi vérátáramlást fenntartó vérnyomás és a szemfenéki vérátáramlás, a szem saját belső (intraoculáris) nyomása, 20 Hgmm-es nyomás miatt a periféria felől. A szemfenéken csökkenő vérnyomás pedig a látási funkciók jellegzetes beszűküléséhez vezet, ez a szürkefátyol, csörlátás ill. feketefátyol.¹⁶ (2. ábra)

¹⁵ Ernsting, J. (Ed.): Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. Kiadás, p. 135.

¹⁶ Ernsting, J. (Ed.): Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. Kiadás, p. 134.

Az agyi vérátáramlás ma akár harci körülmények között, légi harc közben is mérhető, a NIRS (közel infravörös spektroszkópia) technológiával.¹⁷ (Ellentétes folyamat a „vörösfátyol” jelensége láb-fej irányú túlterheléskor, amikor a vér a koponyába tódul, nagy nyomáson agyi vérbőséget, pangást, fejfájást és következésképpen cselekvőképtelenséget okoz.)

A gyorsulások okozta túlterhelésekkel szemben első lépcsőben az adaptív, alkalmazkodást elősegítő szívérrendszeri reflexek védenek, kompenzálnak. Ezek fellépése természetesen időfüggő még egészséges, jó kondícióban lévő szervezet esetén is; ezért meghatározó tényező a gyorsulás fellépési sebessége. A túlterhelés okozta tünetek ezért idő és gyorsulási rátától függőek. Rövid idejű, hirtelen fej-far irányú túlterhelés elég az agyi vérnyomás drámai csökkenéséhez, a szemfenéki keringés periféria felől kezdődő beszűküléséhez, illetve a látás elvesztéséhez. Nagyobb gyorsulás rövidebb idő alatt (nagy gyorsulási ráta) előzetes szemtünetek nélkül is eszméletlenséget okozhat. Ilyen előfordulhat akkor, ha a pilóta hirtelen, a botkormány gyors rántásával hoz létre túlterhelést, vagy kétüléssel gépen a növendék pilóta túl hirtelen mozdítja el a botkormányt („betépi a gépet”) és a hátsó ülésben ülő oktató pilóta szervezetét ez váratlanul éri, nem képes rá reagálni.¹⁸

HYPOBÁRIKUS HYPOXIA

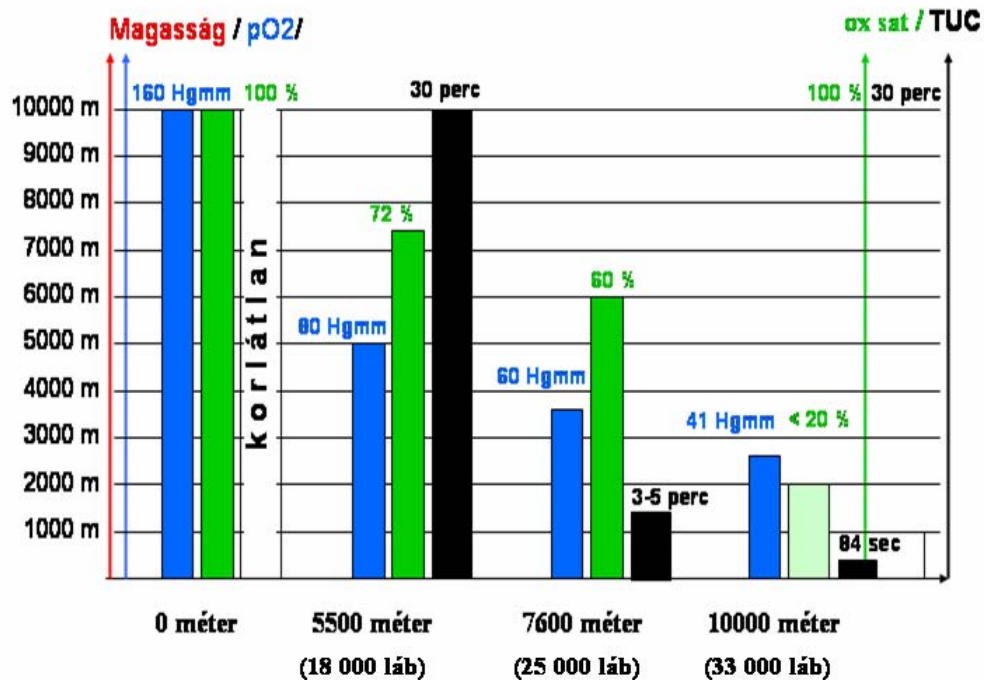
A hypoxia, azaz a szervezet egésze és egyes létfontosságú szervek, mint a szív és az agy sejtjeinek csökkent oxigén ellátása a pilóta munkavégző képességét drámai módon rontó vészhelyzet. Klasszikus felosztásban a 2-4000 méter közötti magassági zónát tekintjük a tökéletes kompenzáció zónájának, ahol egészséges ember korlátlan ideig tud működni és dolgozni, a szív-érrendszeri reflexek aktivitásának növelése révén, és csak 4000 méter fölött, a tökéletlen kompenzáció zónájában kell számolni ezen reflexek időfüggő kimerülésével. 5500 méter magasságban, ahol a légköri nyomás felére csökken és a feleződött oxigén résznyomás miatt a verőeres oxigén telítettség 75 % körüli értékre csökken, a hasznos öntudati vagy önmentési idő¹⁹ **20-30 perc**, ez után várható visszafordíthatatlan keringésromlás és az eszmélet elvesztése. További magasság növeléssel, exponenciális jellegű

¹⁷ Kobayashi, A., Tong, A., Kikukawa, A.: Pilot cerebral oxygen status during Air-to-Air Combat Maneuvering. Aviat Space Environ Med 2002., 73., p. 919-924.

¹⁸ Ernsting, J. (Ed.): Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. Kiadás, p. 142.

¹⁹ TUC: time of useful consciousness. Hasznos öntudati (vagy önmentési) idő, amíg a pilóta észleli saját állapotromlását és akítvan tud cselekedni ellene. Ernsting, J. (Ed.): Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. Kiadás. p. 56. o.

nyomáscsökkenéssel pedig exponenciálisan csökken a hasznos önmentési idő: 7600 méteren 4-5 perc, 12000 méteren 9-12 másodperc ! (3. ábra)



3. ábra: Vér oxigén telítettsége (ox sat) és TUC (hasznos önmentési idő) a magasság függvényében

Ez természetesen csak az akut reakciókra vonatkozó élettani határérték, elhúzódóbb, alattomos jellegű állapotromlás már jóval alacsonyabb magasságon is jelentkezhet. A boszniai háború alatti hosszútávú C-130 Herkules repülések kapcsán (repülési idő akár 12 óra volt), az akut hegyi betegség tünetei (fáradtság, szédülés, meglassultság, hányinger) már jóval kisebb - akár 6500 láb (2000 méter körüli) - kabinmagasságon is jelentkeztek a kanadai hajózóállományon. (E gépek kabinja és tehertere nem minden altípusnál hermetizált kivitelű). Ezért a hosszútávú repülések idejét 8-10000 láb közötti (azaz 2400-3000 méter közötti) kabinmagasság mellett is 4 óra időtartamban limitálják.²⁰

²⁰ Gray, G., Michel P.: Assessing the effects of crew exposure to cabin altitudes of 8,000 ft to 10,000 ft: A literature review and recommendations. Defence Research and Development Toronto, REPORT. www.toronto.drdc-rddc.gc.ca, letöltve 2008. 02.21.

LÁTÁS, TÉRBELI ORIENTÁCIÓ

*„...a légi harc alfája és omegája:
elsőnek megpillantani az ellenséget.”
Adolf Galland ász pilóta*

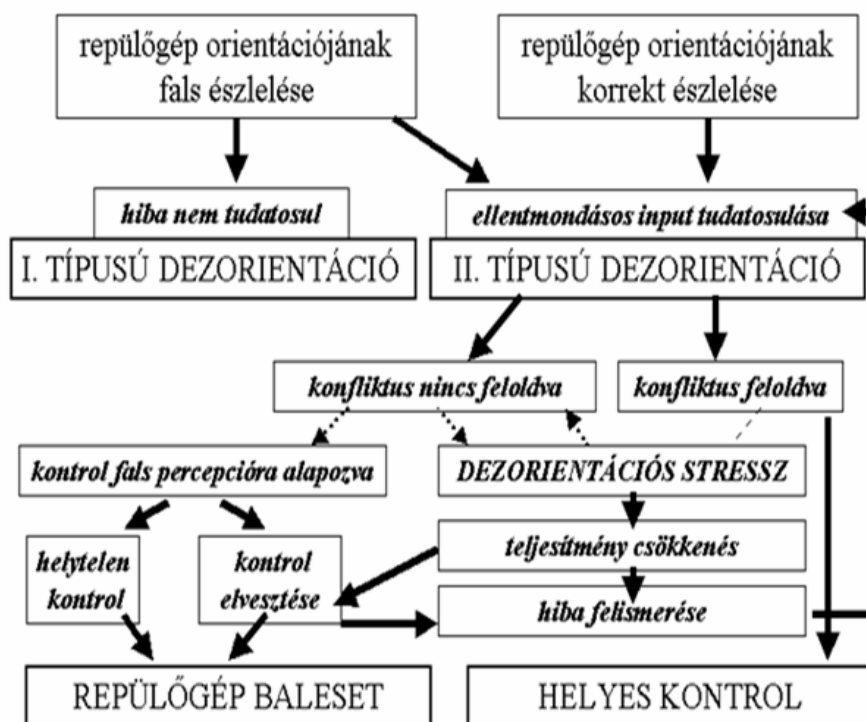
A repülés közben a pilóta által felfogott és értékelt információ 80 %-a a látórendszeren keresztül érkezik. (A jövő látásjavító berendezései a vizuális információ részarányát várhatóan 90 %-ra emelik, a napszaki megkööttségek oldásával és az éjszakai repülőharcászat gyakorlati alkalmazásának előretörésével.) A látási információ gyűjtés folyamatát munkavégzésként foghatjuk fel, amelynek hatékonysága alapvetően meghatározza a pilóta-repülőgép-külső környezet együttes működését.²¹

Természetesen nemcsak az éjszakai, hanem a földközeli/terepkövető, nagysebességű repülés egyéb problémái is hangsúlyozottan jelentkeznek a 4.- 5. generációs vadászrepülőgépeknél. A vizuális információ feldolgozó képesség és a figyelem megosztás korlátozott volta a cselekvési időt is behatárolja. Ez a késői észlelés és elkésett elhárító manőver a frontális és oldalirányú (adott szögsebesség melletti) közeledés során is szemléltethető, a légi összeütközés lehetőségére mutat rá. Például állandó bezárt irányszög mellett a másik repülőgép képe mindig a szem ideghártya (retina) identikus, egyazon pontjára esik. Relatív elmozdulás nem észlelhető és az éleslátás helyére sem vetül a kép. Így a perifériás látómező nem kap mozgási ingerületet, ha a pilóta nem mozdítja a fejét a kabintetőhöz képest, rutinszerűen pásztázva a környezetet. Az észlelhetőséget a retinális kép nagysága dönti el. Frontális közeledésnél viszont a látószög növekedés és a retinális kép nem lineárisan, hanem exponenciálisan nő. A repülőgép képe mindaddig nagyon kicsi, az észlelhetőség szintje alatti, amíg az összeütközés szinte kivédhetetlen, a reakcióidőnél is kisebb. A rendszeres pásztázás, a fixációs pontok tudatos és sorozatos áthelyezése a pilóta előtti térképben segít, de biztonsággal nem zárja ki a légi összeütközést. Igazi segítséget az automatizáció, például a földközelség jelző műszer (GPWS-Ground Proximity Warning System-földközelségre figyelmeztető rendszer.) riasztása jelenthet.

A **térbeli orientáció és tudatosság** (SA= Situational awareness) a pilótának a géphez, a gépnek a környezethez, másik géphez ill. a földhöz képest viszonyított helyzetének helyes érzékelése a jelenben és e viszony adekvát előrevetítése a korlátozott jövőbe.

²¹ Grósz, A.: A katonai repülő-hajózó állomány vizuális munkavégzőképességének mérési tapasztalatai. Kandidátusi értekezés, 1991, Budapest. p. 7.

Ennek elvesztése az orientációs hiba, mely repülőkatasztrófák közvetlen oka lehet (fel nem ismert, I. típusú dezorientáció)²². Másik lehetőség, hogy a folytatódó és ismétlődő illúziók által fenntartott percepció-érzékelési konfliktus miatt (felismert II. típusú dezorientáció) stressz-hez, mentális lerobbanáshoz (rövidzárlathoz), neurozishoz, és végül repülési averzióhoz, a repüléstől való teljes elforduláshoz vezethet.²³ (4. ábra)



4. ábra: Térbeli dezorientáció okozta hibák és következményei

A 4.-5. generációs vadászrepülőgépek kínálta dinamikusan változó gyorsulási környezet a vizuális és vesztibuláris szenzorok (a szemben lévő fény- és alakzat érzékeny receptorok és a belfülben lévő egyensúlyérző szerv érzéksejtei) folyamatos ingerlését jelenti. Például a gép vektoriálisan változtatható tolóereje révén, miközben pályamenti előrehaladása minimális, nagy szögkitéréseket tehet (állásszög változása 50 fok/sec szögsebességgel akár 90 fokig, a jól ismert kobra állásig). Mindez illúziókat válthat ki, a

²² Ernsting, J. (Ed.): Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. Kiadás, p. 421.

²³ Jones D.G., Endsley M. R.: Sources of situation awareness errors in aviation. Aviat Space Environ Med. 1996; 67. p. 507-512.

pilóta hamisan érzékeli saját helyzetét, és rossz kormánymozdulatok révén „halálorsóba/dugóhúzóba” viheti a gépét (graveyard spin).

1.1.2. Technikai védelem, a kiképzés korszerűsítése

GYORSULÁS elleni védelem lehetőségei

A fej-láb irányú túlterhelések ellen eddig a hagyományos anti-G ruha (pl. az orosz PPK), a légzésvisszatartással, préssel járó Valsalva manőver (amerikai terminológiával Hook manőver) és izomfeszítés együttesen (AGSM = Anti-G Straining Manoeuvre, azaz gyorsulás elleni feszítési manőver) védett, az összes végtagi izomzat akaratlagos megfeszítésével. Ezek, kellő hatékonysággal, gyakorlattal végezve megakadályozzák a vér áthelyeződését az alsó végtagokba és a perifériára, csökkentik a rekesz gyorsulás alatti lábírányú elmozdulását és így a szív-agy távolság kedvezőtlen növekedését. Egyszóval a keringési perctérfogat és az agyi vérátáramlás megőrzését segítik elő.

Hatékonyságuk +2-+4 G_z , azaz gyorsulás tűrőképességben mérhető többet. A "természetes" (nyugalmi, relaxált) G tűrő képességgel (4.7+/- 0,6 G_z , lassú gyorsulás növekedésnél) összeadva és a hagyományos anti-G nadrág viselése mellett a csúcsterhelésnek számító +9 G_z rövid idejű (maximum 10-15 másodperces) elviselését teszik lehetővé, a látási funkció beszűkülése és eszméletvesztés nélkül. Ez viszont jelentős izommunkával, a folyamatos hasfali préssel, légzésvisszatartás okozta gyors kifáradással jár együtt. A védekező izomfeszítés folyamatos végzésének hátránya a kifáradás és a kommunikáció képtelenség. Azonban a folyamatosság nélkülözhetetlen, ugyanis egy pillanatnyi szünet a vénás telődés drámai csökkenését és a keringés gyors összeomlását okozná. A rendszerben lévő vadászipülőgépek pilótáinál legalább 12-25 %-ban (USAF Amerikai Légierő F-16-os kiképzőszázaiban több, mint 30 %-ban!) leírják a G-LOC jelentkezését²⁴, ami a harci manőverek közben a fenti határértékek figyelmen kívül hagyásának következményeként repülőkatasztrófák okozója volt !

A 4.-5. generációs harci repülőgépek ennél többet, hatékonyabb védekezést (és emellett folyamatos kommunikációt) kívánnak: a tartós gyorsulás a gép mechanikai-

²⁴ Pászti, Zs.: USAFSAM Amerikai Légierő Repülőorvosi Tanfolyam jegyzete, AFB Brooks, Texas. 1998.

strukturális lehetőségeit nem haladja meg, **de az emberét igen**. Így az ember-gép-környezet rendszer gyenge láncszemévé az ember válik.

Hogy a fentebb említett gyorsulási tartományban is megőrizze a pilóta a harcképességét, szükség van (vagy lehet) a következőkre:

- **megnövelt testfedésű anti-G túlterhelés ellen védő ruha**, amely az alsó testfél több mint 90 %-os takarását biztosítja. Az új FCAGT (full coverage anti G trousers, azaz teljes testfedésű anti G ruha) erre képes, a testfelszínre boruló és ráfeszülő (1-2 másodperc alatt felfújódó) tömlők révén megakadályozza a véráramlás megszűnését a vénás oldalon.

- **új típusú, túlterhelés vagy gyorsulás elleni túlnyomásos oxigénlégzés** (pressure breathing, azaz PB for G, röviden PBG.) A hypoxia elleni PBA = magasság (altitude) vagy oxigénhiánnyal (hypoxia) elleni túlnyomással szemben ennek rövidítése PBG, utalva a G gyorsulásra. Ez a technikai megoldás a túlnyomásos légzés "melléktermékét" hasznosítja, vagyis azt, hogy a tüdőre és a légutakra átmeneti túlnyomást biztosítva a vérnyomás megemelkedik. (Ilyenkor a mellkasban lévő nagyerekre is áttevődik kívülről a nyomás, és ez a külső kompressziós nyomás emeli a vérnek az érfalra kifejtett nyomását.) Minél nagyobb a tüdőre adott nyomás (PBA), annál nagyobb a tüdőre adott túlnyomás révén a vérnyomás (blood pressure, BP) emelkedés (delta BP). Ennek következménye az, hogy a túlterhelés alatti (egyébként gyorsan fenyegető) vérnyomás csökkenés és agyi vérátáramlás romlás üteme elhúzódik, a túlnyomásos légzés gyors alkalmazásakor magasabb G-tartományra tevődik át: nő a G-tűrő képesség.

- **új típusú anti-G szelep**, amely a kompenzációs nyomást a test felületre nemcsak a gyorsulás függvényében, hanem a fentiek miatt a tüdőre adott túlnyomással összhangban emeli. Ennek profilja +4 G-től kezdődik, és 12 Hgmm/G gradienssel elvileg 12 G-ig (tüdőre adott 70 Hgmm-es túlnyomásig) növelhető automatikusan.

- **túlnyomásos mellény vagy zeke**. Korábban egyértelmű volt, hogy ekkora **tartós** légúti nyomást, a tüdő túlfeszülésének lehetősége miatt kívülről, a mellkasfalra adott kompressziós nyomással ellensúlyozni kellett, különben a tüdőszövet sérül, bevérzik. Erre a nagy magasságban bekövetkező oxigén hiány esetén ma is szükség van. Ugyanakkor vitatott, hogy a mai kisebb magasságú repülések kapcsán, amikor drámai oxigénhiány nem fenyeget, a rövid idejű túlterhelések alatt ekkora tüdön belüli (intrapulmonális) nyomás kompenzálásához szükség van-e túlnyomásos mellényre vagy zekére. Esetleg elég-e a túlterhelés alatt megnövekedett mellkasfali túlsúly a tüdőtágulás (expanzió vagy dystenzió) kivédésére. (Mint a Rafale esetében: a francia pilótáknál a mellény méretezése gyakorlatilag csak a katapultálás és túlélés kapcsán szükséges felszerelés elhelyezésére

szolgál, effektív kompenzáló mellkasfali ellennyomást nem jelent.)

- **a pilóta testhelyzetének lényeges módosítása.** A cél a függőleges szív-agy távolság csökkentése, a túlterhelés alatti agyi nyomás csökkenés minimalizálása. Ez a pilótaülés minimum 65 fokos hátradöntését, ezáltal az egész kabin újra tervezését követelné meg (a Rafale, illetve F-16-os pilótaülésének 30 fokos reklinációja, döntött pozíciója inkább csak kényelmi jelentőségű és tervezési megszorításokra vezethető vissza. Hasonlóképpen a Gripen pilótaülés tervezésénél is inkább az ergonómiai szempontok domináltak, azzal a céllal, hogy a kilátás és a vezérlőelemek elérése optimális legyen. Ezért az ülés dőlésszöge 28° , a pilótaülés háttámlájáé pedig $23,5^\circ$. Ez a G tűrőképesség növeléséhez nem járul hozzá számottevő mértékben, legfeljebb a katapultálás során segíti, hogy a gerinc tengelyirányába eső túlterhelés egyenletesen érje az ágyéki csigolyákat, csökkentve a csigolyatörés valószínűségét).²⁵ A jövőben a pilóta teljes horizontális pozicionálása is elképzelhető például úgy, hogy a pilótát "ablak nélküli", virtuális valóságot megjelenítő kabin veszi körül, és abban „fekszik”. A gyorsulási vektorok, túlterhelések ilyenkor G_x tengely mentén hatnak, és mell-hát irányban jóval nagyobb tűrőképességet ($12-15 G_x$!) érhetünk el.

E fejlesztés alatt álló komplex rendszer előnye: a pilóta képes a $+9 - +12 G_z$ tartománybeli túlterhelések tartós elviselésére erőfeszítés, kifáradás nélkül.²⁶ (Bár a túlnyomásos légzés, a normális légzési mechanika megfordulása, az erőltetett kilégzés hosszabb távon szintén fárasztó lenne és a kommunikációt is zavarná. De ha csak a gyorsulások-túlterhelések néhány másodperces periódusai alatt lép működésbe, sokkal hatékonyabb, mint a korábbi légzés visszatartásos módszer.)

Megoldandó technikai részletek még a nagyobb levegő/oxigén szükséglet biztosítása a hajtómű-kompresszor rendszerről, a pilóta egyéni felszerelésének megfelelő átalakítása. Módosított anti-G szelepre van szükség, amely nemcsak az anti-G nadrág felfújását vezérli, hanem ezzel egyidejűleg villámgyorsan légúti túlnyomást juttat a maszkon keresztül a tüdőre. Azért, hogy a hirtelen megnövekedett maszk nyomás a maszk szélén ne illanjon el (a maszk kifújását megakadályozandó), automatikus feszítésű, illeszkedő maszkra, a maszk-szél hermetizációjára van szükség. Meg kell oldani a felszerelések integrációját a meglévő kabin berendezésekhez, illetve egyéb ruházatokhoz (pl. NBC, vagy CBRN ruházat atom-, biológiai vegyi szennyeződések ellen). Biztosítani kell a kabin vészelhagyásának szabad útját, a

²⁵ Peták, Gy. – Szabó, J.: A Gripen. Petit Real könyvkiadó, Budapest, 2003. p. 59.

²⁶ Burns, J.W., Ivan, D.J., Stern, C.H.: Protection to + 12 Gz. Aviat Space Environ Med 2001. 72., p. 413-421.

sisakhoz illesztett kijelzők stabilizációját. Megoldandó orvosi problémát jelent a pilóták tréningje az új gyorsulási profiloknak és gyorsulási tartományoknak megfelelően. A pilóták kiképzése új, nagy gyorsulási képességű, három szabadságfokú (több síkban dönthető és forgatható gondolájú) centrifugában történhet, ahol számos túlterhelés profil valósítható meg:

- lassú GOR (gradual onset rate) profil: 0.1 G/sec gyorsulás növekedés,
- gyors ROR (rapid onset rate) : 1.0 G/sec gyorsulás növekedés,
- SACM (= simulated air combat manoeuvre = szimulált légi harc manőver) +4 és +7.5 G_z között ismétlődő futamokkal,
- 3 G/sec gyorsulás növekedés mellett 7 - 9 G_z , 15 másodpercig.

A NATO szabványok szerint a pilóta jelenleg csak az anti-G feszítési manővert és a G-LOC eszméletvesztés megelőzését gyakorolja (bár egyesek szerint a G-LOC átélése hasznos lehet, mivel lerövidíti az öntudat visszatértekor a teljes és részleges öntudatvesztés illetve cselekvőképtelenség kb. 15-15 másodpercnyi periódusát, lásd később).

A jövőben szükség lesz a centrifugában a nagy gyorsulás melletti túlnyomásos légzés (PBG) illetve az ún. joystick (botkormány) feladatok egyidejű végrehajtására, a harci feladat teljes értékű modellezésére. Erre először az Amerikai Légierő tett erőfeszítést SACM, azaz szimulált légi harc manőver jellegű centrifuga protokollok kialakításával, ahol a gyorsulási vektort dinamikusan változtatták 4-7 G között, változó időperiódusokkal. A centrifuga létesítmények szabadságfokának emelésével, a centrifuga gondolájának elfordításával pedig a G gyorsulás vektor dinamikusan változtatható több tengely mentén, sőt a gondola mozgását a benne ülő pilóta szimulált légi harcra irányítja. Ilyen DSF (azaz Dynamic Flight Simulator, dinamikus repülés szimulátor létesítmény) található például Linköpingben, Svédországban is, a Gripen gyártó SAAB tulajdonában.

Másik hosszútávú probléma az akut és krónikus/degeneratív nyaki gerinc és lágyrész problémák megelőzése. A pillanatnyi nagy túlterhelések erősen igénybe veszik a nyaki lágyrészeket (akut izomfájdalom és lágyrész duzzanat) ill. hosszabb távon degeneratív nyaki gerinc elváltozásokat provokálnak. Ez szükségessé teszi a gerincelváltozások kellő időbeni észlelését. Úttörő lépés ezen a területen a Finn Légierőben alkalmazott, 18 éves kortól ismétlődően elvégzett longitudinális MRI vizsgálatok (Mágneses rezonancia Imaging, azaz leképezés). Ezzel a képalkotó eljárással felvételeket készítenek a nyaki gerincről az elfajulásos jelek időbeni észlelésére.²⁷ Hasonló célt szolgálhat a nyakizomzatot erősítő

²⁷ Hämäläinen, O., Toivakka-Hämäläinen S.K., Kaisaviita, K.P.: +Gz Associated stenosis of the cervical spinal canal in fighter pilots. *Aviat Space Environ Med* 1999. 70. p. 330-334.

gyakorlatok bevezetése, melyek tehermentesítik a gerincoszlopot és a tartószalagokat, késleltethetik az elfajulásos, porckorong megbetegedésre utaló elváltozásokat.²⁸ Lényeges elem lenne a fej megfelelő megtámasztása, ez viszont a légiharchoz szükséges mindenirányú kitekintéssel, fejmozgékonyssággal nehezen egyeztethető össze.

A Eurofighter fejlesztése kapcsán szembesültek a vénás visszaáramlás akadályozottsága miatti alkar fájdalom problémájával. Az alacsonyan elhelyezkedő botkormány (és a sűrűbben alkalmazott túlnyomásos légzés) okozta csökkent vénás visszaáramlás miatti pangás vénafal túlfeszülést okoz, a C típusú idegrostokban fájdalomingerületet kelt, ami a túlterhelés alatt elvonhatja a pilóta figyelmét. A pilóta keze megdagad, lüktet, elhúzódó fantom fájdalom alakulhat ki, ami a botkormány rendkívül precíz gomb és kapcsoló szerkezeteinek adekvát működését ellehetetleníti. Megoldást a HOTAS rendszer (hands on stick and throttle, a botkormányon elhelyezett vezérlőszervek) magasabbra helyezése nyújthat, amihez a kabin ergonómiáját összességében kellett módosítani. A Gripen pilótáknál karra felhelyezhető védőmandzsetta (arm protector) segít megelőzni a vénás pangást. A hajózállomány megfelelő elméleti kiképzése, a túlterhelésekkel kapcsolatos problémák megvilágítása, a szükséges gyakorlati-centrifuga edzések kellő gyakoriságú végrehajtása (minimum 5 évente a NATO szabvány szerint) segíthet a G-LOC kivédésében, a harcképesség fenntartásában.

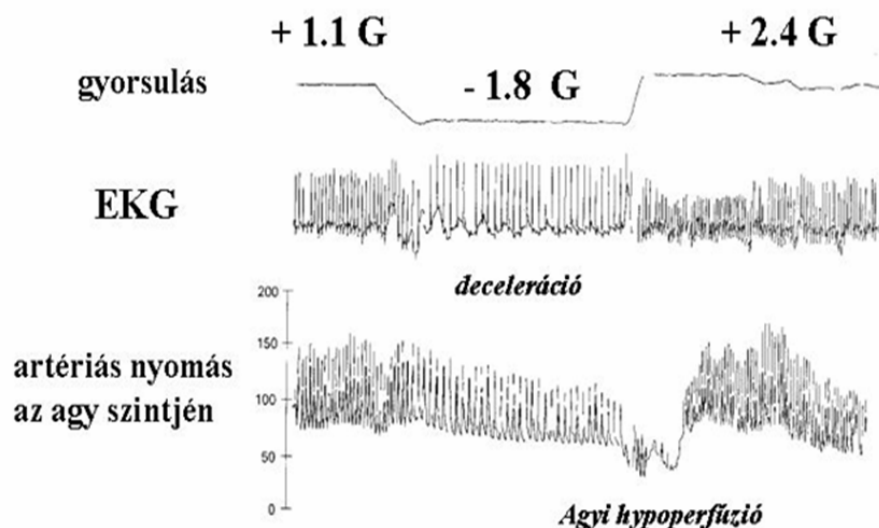
Különösen fontos a **push-pull effect** (hirtelen pozitív-negatív G_z irányú túlterhelések váltakozása) elkerülése, a kiszámíthatatlanul romló szív-érrendszeri reflex ismerete, amely repülőkatasztrófák oka lehet. Ennek hátterében az áll, hogy a vektoriálisan összeadó gyorsulások miatt önmagukban kis („ártalmatlan”) gyorsulások szív és érrendszeri hatásai is összeadódnak.

Előzetesen agyi vérbőség jön létre, mely után az agyi ellátó erekben (a nyaki fejverőérben) a baroreflex (vérnyomás szabályozó mechanizmus) érzékenysége (szenzitivitása) megnő. A szervezet elsődlegesen pulzus lassítással, a szívfrekvencia csökkentésével reagál.

A bekövetkező pulzus lassulás (deceleráció) viszont rontja a következő fázisban („pull”, húzás, vagyis amikor a nyaki verőerek szintjén drámaian lecsökken a nyomás) szükséges élettani reakciót: nem következik be a szívritmus és vérnyomás kellő mértékű és gyorsaságú megnövelése (elmarad a tachycardia), az agyi vérátáramlás lecsökken. A pilóta

²⁸ Alricsson, M., Harms-Ringdahl, K., Schüldt, K., Ekholm, J., Linder, J.: Mobility, Muscular Strength and Endurance in the Cervical Spine in Swedish Air Force Pilots *Aviat Space Environ Med* 2001. 72. p. 336-342.

ilyenkor hosszú másodpercekre álomszerű, döntésképtelen állapotba kerül az elhúzódo agyi keringésromlás miatt.²⁹ (5. ábra)



5. ábra: A push-pull effektus

Valós repülés körülményei között a fenti folyamat HOLTER longitudinális EKG-val utólag elemezhető, vagy telemetria révén követhető.³⁰ Az eredő gravitációs vektor változása okozta rossz adaptáció pedig a funkcionális diagnosztika fegyvertárába tartozó billenőasztal + alsóvégtagi negatív nyomás (LBNP-lower body negative pressure) vizsgálat során modellezhető.³¹

²⁹ Ernsting, J. (Ed.): Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. Kiadás, p. 144.

³⁰ Banks, R.D., Gray, G.: „Bunt bradycardia”: Two cases of slowing of heart rate under negative G_z. (push-pull effect). Aviation Space and Environmental Medicine, 1994., 65., 330-331.

³¹ Goodman, L.S., Lesage, S.: Impairment of Cardiovascular and Vasomotor Responses During Tilt Table Simulation of "Push-Pull" Maneuvers. Aviat Space Environ Med 2002., 73., p. 971-979.

HYPOXIA elleni technikai védelem és kiképzés

Az oxigénhiány elleni védelem katonai repülőgépeknél alapvető: nem kényelmi, hanem harc képességi szempont. A repülőgép csúcsmagasságáig a pilóta számára megfelelő oxigénkínálat biztosítandó, csak így tartható fenn a tüdő léghólyagocskáiban és a verőeres vérben a kellő oxigén résznyomás. Ezt első lépésben a hermetizált kabin által fenntartott túlnyomás és elfogadható légköri nyomású kabinlevegő belégzése biztosítja.

Kabinnyomás elvesztésekor a maszkon keresztül illetve a sisakban belélegzett levegő összetételének a módosítása szükséges: először az oxigén arányának a tengerszintéhez képest fokozatos emelése (kb. 2-3000 m-től 8 000 m-ig az oxigén aránya 100 %-ra nő), majd 12-13000 m-től az oxigén túlnyomással történő belégzése nélkülözhetetlen.

Ez a repülőgépek csúcsmagasságáig kellő oxigenizációt biztosít, miközben a tüdő túlfeszülése (dystenzió) és barotrauma (mellkasfal és nagyerek sérülése) ellen a testfelületre megfelelő ellennyomást adó túlnyomásos ruha véd. Az orosz megoldás a VKK (kb. magassági kompenzáló ruha) a törzs és végtagok mentén végigfutó, tehát az egész testre túlnyomást adó, tömlős ráfeszítésű kezes-lábas ruha. Az angolszász kivitelre az alsó testfelre túlnyomást adó nadrág (lapos tömlővel) és a mellkasra túlnyomást adó mellény kombinálása, vagy ez utóbbi önállóan (zeke) jellemző. Minél nagyobb a tüdőre adott túlnyomás és ezzel párhuzamosan a kompenzáló ellennyomást adó testfelszín, elvileg annál hosszabb ideig maradhat 13000 méteres kabinmagasság fölött a pilóta.

Ugyanakkor a légúti túlnyomásnak hosszabb idő alatt káros hatása lehet: figyelembe kell venni a keringési változásokat, az effektív keringő vérmennyiség csökkenését és a kompenzáló szív-érrendszeri reakciókat. A túlnyomásos légzés alatt (elsősorban hypoxia és túlterhelés kombinációjakor) a mellüri nyomás emelésével csökken a vénás visszaáramlás, ez a periférián pangást (vérkirekesztődést) okoz, miközben az effektív keringő vérmennyiség csökken. Az alkar relatív térfogata több, mint kétszeresére nő, a vér feszíti a visszerek falában lévő fájdalomérző receptorokat, speciális túlnyomásos kesztyű használata indokolt lehet.³²

Hirtelen, tartós és jelentős légúti túlnyomás alkalmazása viszont drámai légzésmechanikai és keringési hatásokkal jár, mely szélsőséges esetben, kompenzáló ellennyomás (túlnyomásos ruha), illetve elégséges adaptív szív-érrendszeri reflex reakció hiányában a keringés összeomlásához vezethet. (Ennek élettani mechanizmusát a harmadik

³² Self, B.P. Balldin, U.I., Shaffstall, R.M., Morgan, T.R.: Pressurized sleeves and gloves for protection against acceleration-induced arm pain. *Aviat Space Environ Med* 2000., 71., p.501-505.

fejezetben elemzem saját kísérleti adataim alapján.) A túlnyomásos légzés okozta ájulás (kollapszus) hirtelen okozza a keringés összeomlását és elhúzódo vérnyomásesést eredményez, még a túlnyomás megszűntetése és az öntudat visszatérése után is.³³

A hypoxia elleni védelem a korszerű harci gépekben is magasságfüggő elven működik. Egyedi viszont az oxigén forrás, mely a hagyományos, rendszeresen feltöltendő, illetve cserélendő gáz vagy folyékony oxigén tartály helyett fedélzeti oxigéngépző rendszert (OBOGS= on-board oxygene generation system) alkalmaz. A MSOC (= molekuláris oxigén szűrő és koncentráló eszköz), legalább két, alumínium szilikátból álló, zeolit kristályos szűrőágy közötti nyomásváltás és nitrogén adszorpció elvén működik. A levegő átbocsátásakor az eltérő tetrapol momentumú nitrogén a szűrőágyban adszorbeálódik, az átpasszált levegő oxigénben feldúsul. A rendszer földi oxigénforrás nélkül 95 % tisztaságú oxigén előállítására képes.³⁴ Az ilyen oxigén rendszerek logisztikailag előnyösek (gyors karbantartás, megbízhatóság), repülőműszaki szempontból egyszerűbbek (a belégzés vezérelt műtűdőt, a demand regulátort egyszerűsítik). Mivel működése a hajtóműből jövő levegőáramtól függ, hajtómű leállás esetére tartalék (gáznemű) oxigén rendszer szükséges. Az újraindítás után azonban a rendszer működése helyreállítható, a bevetés elvileg folytatható.

Az oxigénhiány és a túlnyomásos légzés élettani hatásaira felkészítő kiképzési elemeket (barokamrai hypoxiás edzés és túlnyomásos légzéses teszt során saját tapasztalataimat) a 2. és 3. fejezetben részletezem.

LÁTÁSI / VIZUÁLIS INFORMÁCIÓ FELDOLGOZÓ KÉPESSÉG, TÉRBELI ORIENTÁCIÓ fenntartása

A sisakhoz illesztett kijelzők/display-k, az éjjellátó berendezések, a sisakvizorok (nukleáris robbanás okozta fényfelvillanás, lézer, éles napfény ellen védőbevonattal ellátott plexi/üveg lapok) célja a pilóta vizuális teljesítményének védelme, munkavégző képességének fenntartása, fokozása illetve kiterjesztése minden napszakra, időjárási – légköri körülményre. Ez egyúttal az avionikai és fegyverkezelő rendszerekkel való integrációt is jelenti.

Az éjszakai látást a fényerősítés elvén működő szerkezet és foszforeszkáló képernyő (éjjellátó készülék vagy „szemüveg”, azaz NVG ill. NVD) teszi lehetővé: ez a 700-900 nm hullámhosszú (vörös és rövid infravörös) tartományra érzékeny, akár 0.5-2 mlux megvilágítás

³³ Ernsting, J. (Ed.): Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. kiadás., p. 70.

³⁴ Ernsting, J. (Ed.): Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. Kiadás., p. 86.

mellett a fényerősítés elve alaján növeli a megvilágítottság érzetét. A képzett kép jelentősen erősebb (3 candela/m^2) fényerejű, a pálcikák helyett a csap receptorok is ingerületbe kerülnek a szemben. A különbség a megvilágítottságban az újhold és telihold melletti látáshoz hasonlítható. Így a látóélesség is jelentősen javul (6/60-ról 6/9-re), igaz, hogy szűk frekvencia spektrumban (530-545 nanométer között, a zöld tartományban).

Előnye a megtartott operativitás (teliholdnál szinte nappali látóélesség), előzetes sötét adaptáció nélkül. Hátránya a beszűkült (kb. 40 fokos) látómező: a legújabbaknál is kb. 45-50 fokos, a kísérleti négy csöves, 100 fokos látóteret biztosító amerikai NVG pedig túl nehéz. Csökkent a mélységlátás és a háromdimenziós képérzékelés (sztereopszis), néha korrekciót igénylő közellátó tendencia van (éjszaka a tágult pupillák miatt a lencse széli része a szem ideghártya elé fókuszál), valamint a „sárga-barna” utóhatás érvényesül. Ennek lényege, hogy NVG használata után, az NVG látómezőjében, a zöld fotoreceptorok (csapok) kimerülése miatt átmeneti színlátás zavar marad vissza.

A gyakorlatilag monokromatikus kép miatt színlátás nincs, a kontrasztérzékenység lecsökken, a tereptárgyak nehezen megkülönböztethetők. A pilótákat az éjjellátó berendezés használatára, elméleti korlátaira oktatni kell, továbbá a fentieket terepasztalon is szemléltetni szükséges. A fenti kiképzés hiánya és a korlátozott vizuális teljesítmény tudatosításának elmaradása mintegy ötszörösére növeli az éjjellátó berendezés használata mellett bekövetkező, térbeli dezorientációra visszavezethető súlyos (amerikai osztályozás szerint A, B, C) sérüléssel járó balesetek számát.³⁵

Az illúziók és a kísérő szemteke rezgés (nystagmus) ellen küzdeni lehet a műszeres repülés még biztonságosabbá tételével, a tudatosulást nem követelő perifériás látórendszer imitálásával. A kabintető fémívét fedő lámpasor egy Föld-stabilizált vizuális környezetmintát kínál a szemnek a MALCOLM rendszerben, amely a „vízszintes” horizontot reprezentálja³⁶. A többfunkciós, jól átlátható képernyők, a színes-grafikus megjelenítések, a tekintéshelyezést kiküszöbölő HUD (szélvédő elé kivetített kép) mind a gyors áttekintést, a „NAGY KÉP” mint egész átfogását segítik elő, a fegyver- és avionikai rendszerek gyors, zökkenőmentes kezelésére.

³⁵ Braithwaite, M.G., Douglass, P.K., Durnford, S.J., Lucas, G.: The hazard of spatial disorientation during helicopter flight using night vision devices. *Aviat Space Environ Med* 1998., 69., p. 1038-1044.

³⁶ DeHart, R.L. (Ed.): *Fundamentals Of Aerospace Medicine*, Philadelphia, US, Lea & Febiger, 1985. p. 370.

Vészhelyzetben a látásra, illetve a hallásra ható vizuális és audibilis vészjelzők tudatosítják pl. a másik gép vagy a Föld közelségét (ez utóbbiak, tehát a figyelmeztető hangjelzések hypoxiában tovább hatékonyak, a hallórendszer kevésbé érzékeny a hypoxiára). A MAC = Mid-Air Collision (légi összeütközés) illetve a CFIT = Controlled Flight Into Terrain, (kontrollált Földnek repülés), két gyakori oka a repülőkatasztrófáknak. 2002-ben ez utóbbi szerepet játszott a polgári utasszállító gépek katasztrófáinak felében.³⁷

Az ergonómiai megoldások elősegíthetik a kabin, mint munkahely optimális kialakítását azért, hogy a pilóta is alkalmazkodóképessége maximumát nyújthassa, a fizikai, és a psychés stressztűrőképesség, valamint az információ feldolgozóképeség szempontjából. Hogy csökkentsék a pilóta munkaterhelését, a legújabb generációs harci gépeken a szenzoros információkat integrálják. Az automatizáció révén a gép-ember interakció a következő kulcselemek közvetítésével valósulhat meg:

- ◆ *DVI: Direct Voice Input, azaz közvetlen hangvezérlés.*
- ◆ *VTAS: ami a HOTAS (Hands on Throttle and Stick, azaz kezek a gázkaron és a botkormányon) és a DVI kombinációja (Voice Throttle and Stick, azaz hangvezérlésű gázkar és botkormány)*
- ◆ *HMD: azaz integrált fejre-sisakra erősített kijelző (Helmet Mounted Display)*
- ◆ *HUD: azaz széles látószögű fej előtti kijelző (Head Up Display)*
- ◆ *MHDD: azaz színes többfunkciós kijelzők lefelé tekintéskor (Multi-Function Head Down Display)*

A DVI az automatizáció magas fokán jelent meg. A kétutas hang aktivációs rendszernek köszönhetően a pilóta beszélhet a gépéhez és a gép verbális utasításokat teljesíthet. Így a repülőgép vezetője még inkább arra koncentrálhat, mi is történik a kabinon kívül. Nem szükséges lefelé néznie a műszerekre, és tudatosan manuálisan vezérelni a gépet. Célpontot választhat, rakétákat irányíthat a célra, megváltoztathatja a navigációs tervet, kezelheti a radart, rádió frekvenciát válthat, ellenőrizheti az üzemanyagszintet, kijelző funkciót válthat, adatátviteli vonalat válthat és üzenetet továbbíthat anélkül, hogy a kezét megmozdítaná, a figyelmét elterelné a műszerekre pillantás, csupán a szavak „erejével”. A

³⁷ Rozelle,R. (dir.): Flight Safety Foundation News. FSF president calls for renewed attack against CFIT scourge. 2002.nov.5., Data for 2002 show increase in fatal accidents. 2003. március 19., www.flightsafety.org.

gép hangja válaszol, teljesíti az utasítást és figyelmezteti a pilótát a repülés megannyi aspektusára.

HUD (fej előtti kijelző) és HOTAS (kéz a gázkaron és botkormányon) mozaikszavakkal jelölt megoldásokat először az F-15 Eagle fedélzetén rendszeresítették. (Az F-14 Tomcat kétüléses (pilóta és operátor közötti feladat megosztással bíró) vadászipülőgéphez képest az F-15 pilótájának egyedül kell minden feladatot megoldania: vezet, kezeli az elektronikát, fegyvert választ és indít; igazából egy személyben hagyományos értelemben vett vadászpilóta és elektronikus hadviselési tiszt.) A pilóta munkaterhelésének csökkentésére alkalmazták először a HUD rendszer által a pilóta szeme elé, a speciális homloküvegezésre kivetített információ közlés lehetőségét: a leglényegesebb repülési üzemmód, navigációs és célinformációk tekintet váltás nélkül megjelentek a centrális látótérben zöld vagy vörös megvilágítással. A pilótának nem kellett a műszerfalra lepillantva ellenőriznie a műszerek állását, ami idővesztést jelentett volna.³⁸

A HUD ma is a pilóta legfontosabb folyamatos információ forrása: repülési adatokat közöl (magasság, sebesség, irány, műhorizont, túlterhelés és egyéb rendszerek állapota), harci üzemmódot mutat, fegyverrendszer adatokat (célzás és célkövetés) biztosít, beépített FLIR (előreirányuló kúpszögben infravörös letapogatás) üzemmódja van. A kivetítő félig tükröző képernyő a pilóta frontális látótérében, a kabintetőn belül, a pilóta előtt helyezkedik el, így a korszerű kijelzők és display-k koherens és integratív képet, információt biztosítanak a pilóta számára anélkül, hogy elvonnák a figyelmét a centrális látómezőről és a harci helyzetről. A fejlett optika széles látószögű mezőben valósítja meg a (központi mezőben szinte holografikus, háromdimenziós térbeli) képegyesítést.

A HOTAS az ülés jobb oldali könyöktámaszán (side-stick az F-16, Rafale fedélzetén) vagy közepén elhelyezett, két tengely mentén szabadon mozdítható botkormányból és a baloldalt a kezelőpulton elhelyezett gázkarból áll, a botkormányon mintegy 24, ujjbegy érintésre működő funkcióval; érzékelő és fegyverzet kezelő, sajátgép védelmi funkciók, a kommunikációhoz és a repülőgép kiegészítő vezérléséhez szükséges kapcsolók és nyomógombok. Ez lehetővé teszi a pilóta számára, hogy komplex feladatokat oldjon meg, relatíve könnyen (kis kézmozgással) intenzív repülési (pl. túlterhelési) szituációban, vizuális kontroll nélkül is.

³⁸ Rendall, I.: Vadászipülvök. Légiharc a sugárhajtású gépek korában. Gold Book Kft, Budapest, 1997. p. 245.

A kapcsolók és nyomógombok pontos kezelése a vibráció, túlterhelések okozta vénás pangás kapcsán jelentkező fájdalom mellett sok gyakorlást és nagy összpontosítást követel a pilótától. Ez utóbbi miatt az EFA Eurofighter botkormányának pontos pozicionálását újra kellett tervezni, ami utólag jelentős ergonómiai módosításokat és ezzel együtt járó költségeket eredményezett.³⁹

A HMD, mint sisakrostélyra kivetített kijelző összetettségében szintén előrelépést jelent. Képes a repülési referencia adatok, a fegyvercélzó berendezések paramétereinek kivetítésére a pilóta sisakra erősített félig-tükröző transzparens vizorra. Előnye egyértelmű: a repülőgép vezető nincs kényszerítve, hogy csak előre (a HUD-ra), illetve lefelé a műszerfalra tekintsen. Figyelmét egy pillanatra sem vonja el a külvilágról. A céltárgyat folyamatosan nyomon követheti, vizuálisan fixálhatja és megjelölheti. Így még extrém nagy célszögek esetén is célozhat, „a válla fölött”. Tényleg biztosítja a „meglátni és tüzelni” képességet. Kombinálható az éjjellátó berendezéssel és rendelkezhet a flash (atomrobbanás okozta fényfelvillanás), továbbá lézer elleni védelemmel, bevonattal.

A MHDDS (Többfunkciós Head-Down Display-k) három színes képernyője az egyszerűség és funkcionalitás új egységét teremtette meg. A helyzetnek megfelelően adaptálva illetve billentyűváltással információt biztosít az általános harcászati szituációról, a támadás folyamatáról, a földrajzi és terepviszonyokról (térképszerűen), a légiirányítási / bejelentkezési módokról, a rendszerek állapotáról és az adekvát ellenőrzési listáról.

Mindezek az eszközök, az automatizáció a kognitív (szellemi, gondolkodásbeli) teljesítményigényt részben csökkentik, a pilóta szellemi kifáradásának idejét kitolják. Csökkentik a pilóta fejfordításából fakadó dezorientációs veszélyt és a nyaki csigolyák túlterhelését. Ugyanakkor a térbeli és időbeli tudatosítása a repülőfedélzeti (térbeli, navigációs, fegyverzeti) helyzetnek, a kijelzőkön-képernyőkön az éppen szükséges információ megjelenítése gyakorlást, új típusú operátori tevékenységet is igényel és a pilóta vizuális információ feldolgozó rendszerét új kihívások elé állítja. Ez a tevékenység, a pilótamunkához szükséges speciális pásztázó kijelző-ellenőrzés és funkcióváltás, a navigáció/fegyverzet kezelés javítható szimulátor oktatással, ami általában típus specifikus, de rengeteget számít a tényleges repült idő, a kellően flexibilis mentális model kiépítése.⁴⁰

³⁹ Szabó, S.: 1999. Repülőorvosi Diploma Tanfolyam Farnborough, Egyesült Királyság, centrifuga gyakorlat.

⁴⁰ Bellenkes, A.H., Wickens, C.D., Kramer, A.F.: Visual scanning and pilot expertise: the role of attentional flexibility and mental model development *Aviat Space Environ Med* 1997., 68., p. 569-579.

1.2. A repülőorvostan új kihívásainak elemzése repülésbiztonsági szempontból

„A repülés nem önmagában veszélyes,
de még a tengernél is könnyörtelenebb
a gondatlansággal, cselekvőképtelenséggel,
hanyagsággal szemben.”
Névtelen

A repülőorvostan feladata és végső célja a kezdetektől, a tudományá válás első pillanatától fogva a repülésbiztonság növelése, a pilóta munka- és harcképességének fokozása, a pilóta életben tartása, a katasztrófák kivédése. Mint orvosi tudomány, alanya az esendő ember, aki ki van téve a környezeti fizikai hatásoknak éppúgy, mint a belső pszichés folyamatok - mindenekelőtt az információ feldolgozó képesség - korlátaiból fakadó, behatárolt teljesítőképességnek, és az időkényszernek, mely rendkívül individualizált módon ronthatja a szellemi teljesítőképességet. Ez a limitált teljesítőképesség szélsőséges stressz helyzetekben hibára hajlamosít, amely - általában több tényező együtthatásakor – légiközlekedési eseményhez (repülőeseményhez, vagy balesethez) vezet.

A fentiekben áttekintettem a vadászrepülőgépek új generációjával kapcsolatos új repüléséleti problémákat, illetve azok megoldásait. Ebben a munkában a pilóta mint aktív munkavégző, a fejlesztő repülőmérnök és a repülőorvos szoros együttműködése valósul meg, a biztonságos repülés javára. A pilótahiba megelőzése nemcsak az ember megmentése, mint humánus feladat miatt fontos, hanem a kiképzett pilóta, a felkészített mérhetetlenül drága technika megóvása miatt is. (Egy Blackhawk helikopter pilóta kiképzése több, mint 650 ezer dollár, egy AH-64 Apache helikopter ára 15,5 millió dollár, míg egy repülőorvos kiképzése **mindössze** 1200 dollár.)⁴¹

A repülés - a földtől elszakadó háromdimenziós mozgás - mindig is "veszélyes üzem" volt és az is marad, nem természetes közege és mozgástere az emberi fajnak. De mindig új kihívást, új inspirációt jelentett az új iránt fogékony, a kihívásokat kereső emberi szellem számára. (Amikor 1896. augusztus 9-én Otto Lilienthal siklórepülőgéppel lezuhant, utolsó szavai a repülésért ezek voltak: „Áldozatot kell hozni érte!”)

A repülés (és itt elsősorban a levegőnél nehezebb, motorral vagy hajtóművel rendelkező légi jármű komplexitására gondolok) rendszerelméleti szempontból számos

⁴¹ Smith, M.H. (USA MEDDAC Heidelberg): Orinetation and history of Aviation Medicine. Magyar Amerikai katonarvosi kongresszus előadása, Budapest.2004.

alrendszer kombinált, térben és időben összerendezett folyamatos működését feltételezi, amelybe beletartoznak technikai komponensek éppúgy (pl. avionika, hajtómű rendszer épsége), mint külső tényezők (meteorológiai viszonyok). Így tekintve a repülés végrehajtó alanya, a pilóta is "csak" egy alrendszer, a maga inherens, belsőleg meghatározott "meghibásodási arányával", legyen szó akár hirtelen egészségi állapotromlásról (ezzel a klinikai repülőorvostan foglalkozik, például a leszállás közben bekövetkező szívinfarktus valószínűségének értékelése), akár a hibáról, mint az aktuális szellemi teljesítmény elégtelenségéről.

Az előző fejezetben csak egy nagyon szűk hiba tartományt, a külső stresszorokra visszavezethető, és általában akután (néhány másodperc vagy perc alatt) ható, pillanatnyi cselekvőképtelenséget okozó, a környezetre való reakció képességet csökkentő, azaz diszruptív (elszakító vagy kiszakító) okokat elemeztem. Ez csak egy szűk szegmensét fedi le a hibalehetőségeknek, ahol az emberi tényező a limitáló és kockázathordozó elem. Általánosságban mondható, hogy míg a repülés első 50 évében a technikai hibák, a technológiai hiányosságok játszották a vezető szerepet a légi katasztrófák kialakulásában, addig a második 50 év az emberi tényező előtérbe kerülését hozta ezen a téren.

Azt az állítást, hogy a repülés "leggyengébb láncszeme" az ember, a baleseti statisztikák is bizonyítják. Például az Amerikai Egyesült Államokban a közforgalmi repülésben kb. 70 %-ra teszik az emberi hibát (oki vagy hozzájáruló tényezőként) involváló katasztrófák arányát. Az Amerikai Repülőorvosi Társaságot ez a felismerés indította arra, hogy a polgári „általános repülésben” is az emberi tényező szerepére a civil pilótákat oktassák, kapjanak kiképzést a repülési jogosítvány megszerzése előtt.⁴² A polgári repülési katasztrófa lista top 10 sorrendjéből a döntő többség emberi hibának tulajdonítható. (A terrorista merényleteket nem számítva.) A listavezető pedig az a Kanári-szigeteken 1977. március 27-én bekövetkezett és 583 halálos áldozatot követelő katasztrófa, ahol a KLM Boeing 747-200 Jumbo gépe ütközött össze felszállás közben a Pan Am Boeing 747-es járatával, a földön. Azért, mert a holland gép kapitánya az utolsó visszajelzést, a végső felszállási parancsot nem várta meg.

Az Egyesült Királyságban (ahol a legrégebben vezetnek repülési katasztrófa statisztikákat, illetve az egyik legelső önálló Repülőbaleseti Kivizsgáló Központot AAIB - Air Accident Investigation Branch - hozták létre Farnboroughban) a katonai repülésben összesen

⁴² AsMA Amerikai Repülő- és Űrorvosi Társaság 96-3 határozata „Az emberi tényezők oktatásáról”.
www.asma.org/publications/toc_compendium

80% körül van a humán tényezőt, vagyis az emberi hibát involváló baleseti arány⁴³. Ebből 40% , ahol elsődleges vagy kizárólagos a légi személyzet hibája, 17%, ahol erősen valószínű a pilóta hiba oki szerepe a balesethez vezető folyamatban.⁴⁴ Amerikai statisztikák szerint „A” osztályú (súlyos vagy halálos) F-16-os balesetekben a pilóta oki szerepe összességében 55 %-ban volt igazolható, ezek 30 %-ban a figyelem beszűkülése és a térbeli tájékozódóképesség elvesztése biztosan szerepet játszott. Ha azonban a fatális kimenetelt tekintjük (19 év alatt 190 repülőesemény alapján, a balesetek 27 %-ában valamelyik pilóta meg is halt), akkor a fatális esetek 97 %-ban volt igazolható a humán tévedés szerepe!⁴⁵ Ennek oka az, hogy míg a technika megbízhatósága gyors ütemben növekedett (precíziós avionika, modern kompozit anyagok, biztonsági és tartalék repülőműszaki, navigációs-elektronikai és hajtómű rendszerek), addig a repülés alanya, a pilóta alapvetően ugyanazokkal a szubjektív teljesítménykorlátokkal repül, redundanciája nem változott.

A baleset - és ez az utólagos katasztrófa elemzések során egyértelműen látható - nem a pillanat műve, több tényező, történés együttes és fatális egymás utánisága hozza létre a kritikus helyzetet, vagyis **dinamikus folyamat**.

Ezt a Reason-féle "sajtmodel" szemlélteti: mint a sajtseleteken a lyukaknak egy egyenesbe kell esni ahhoz, hogy átlássunk rajtuk, úgy az *önmagukban* ártatlan kis eltérések is felfűzhetők egy eseményláncre, amely a balesethez vezet.⁴⁶ A pilóta lehet elindítója illetve máskor passzív elszenvédője az eseményeknek, de gyakran hibás vészhelyzeti tevékenységével ő is rásegít tőle független hiba források realizálódásához, a lánc tovább haladásához. **(6. ábra)**

A részletek végzetes egybeesése jellemzi például az American Airlines 965-ös Miami (USA, Florida)–Cali (Kolumbia) járatának szerencsétlenségét 1995 december 20-án, Bugánál:

- 1: A gép késve indult Miamiból,*
- 2. A pilóták a szokásos várakozási légtér körbepülése nélkül azonnal le akartak szállni, meredek süllyedéssel.*
- 3. A fedélzeti számítógépbe betáplált, a megközelítési irányt megadó kódszó (Rozo) tévedésből egy másik navigációs rádióadónak is a hívójele volt, amely az eredeti útiránytól szinte merőlegesen elfordította a süllyedő gépet, az Andok hegyláncainak irányába.*
- 4. A leszállás közbeni előkészületek, listaellenőrzések közben ez a pilótáknak fel sem tűnt, csak amikor a földközelséget jelző automatika a gép felhúzására adott parancsot.*

⁴³Ernsting, J. (Ed.): Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. Kiadás, p. 599.

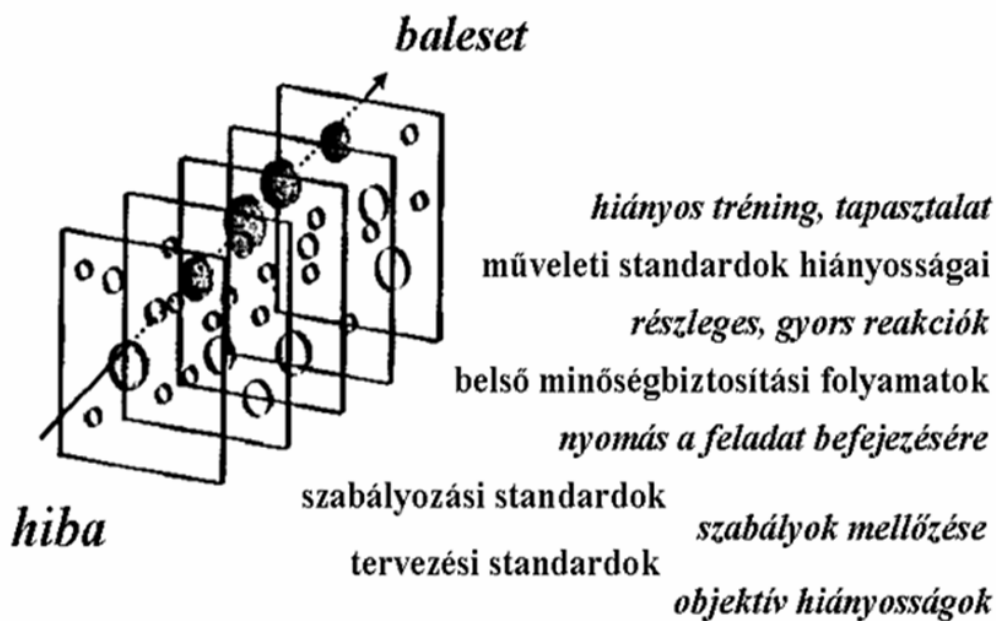
⁴⁴DAvMED: Repülőorvosi Diploma tanfolyam, Pszichológiai szekció DERA, Farnborough, 1999.

⁴⁵Knapp, C.J., Johnson, R. : F-16 Class A mishaps in the U.S. Air Force, 1975 - 93. Aviat Space Environ Med 1996., 67., p. 777-783.

⁴⁶Reason, J.: Human error: models and management. British Medical Journal 2000., 320., (7237) p. 768–770.

5. Ekkor viszont a leszálláshoz kibocsátott és nyitva felejtett szárnyféklapok lassították a vészhelyzeti felhúzást, és a gép néhány méterrel egy hegycsúcs alatt – a hegyoldalnak ütközött.

rendszerek biztonsági kockázatai



6. ábra: A hibafolyamat sajtmodelje

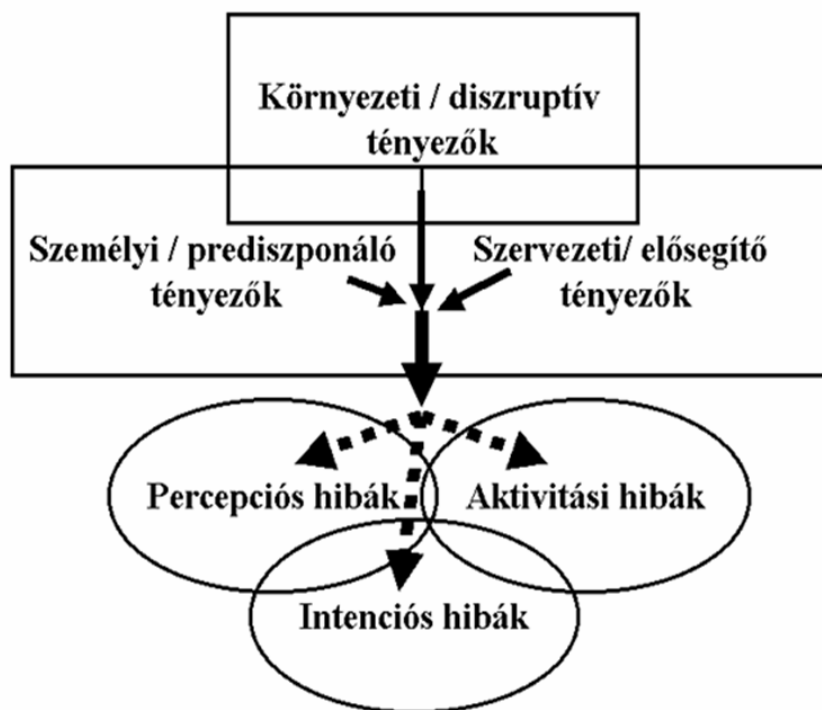
A fentiekből is érzékelhető a folyamat gyorsuló dinamikája, az időkénszer, a megszokott rutinból történő váratlan kiesés, ami a céltudatos, szervezett munkát megzavarta, a pilótákat hibára kényszerítette.⁴⁷

EMBERI HIBA: TÍPUSOK ÉS HÁTTÉR TÉNYEZŐK

Napjainkban a legfontosabb, önmagában is sokszínű (tehát csoportjellegű) hibaforrás az ember, és a hibatényezők közül is több, akár 3-4 is jelen lehet egyszerre. Ezek alapján

⁴⁷ www.AirDisaster.com. Accident Database

beszélhetünk aktuális hiba típusokról és a nekik háttérrel biztosító, hosszabb távon ható jellemzők tartományairól, a doménekről.⁴⁸ (7. ábra)



7. ábra: Hiba típusok és háttér tartományok

Hiba típusok

Az első nagy csoport a percepciósi vagy észlelési hibák csoportja: egy fontos információt a pilóta nem észlel vagy félreértelmez. Ennek lehet oka a percepciósi folyamat időbelisége, az észlelés élettani korlátja, pl. nagy sebességgel szemből közeledő repülőgépek esetében a légi összeütközés veszélye áll fenn. A folyamat lehetőségét a légirányítás és a radarkövetés igyekszik kiküszöbölni, de mint pl. a közelmúltban svájci-osztrák határlégtérben (Überlingen) bekövetkezett katasztrófa is mutatja, ez is csődöt mondhat, szintén az emberi komponens esendősége miatt. Mint ismert egy csomagszállító gép ütközött össze egy orosz-baskír Tu-154-es géppel, az eredmény 69 halott, főleg gyerekek.⁴⁹

⁴⁸ Chappelow, J.W.: Error and accidents. In Ernsting, J. (Ed.): Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. Kiadás, p. 599.

⁴⁹ www.AirDisaster.com. Accident Database

A vizuális illúziók, a térbeli dezorientáció pedig a félreértelmezés tipikus példái: pl. földi fények tükröződése inverziós légrétegen becsapja a pilótát, a szemének hisz és hibás útvonalat, magasságot választ, vagy ferde felhőalaphoz igazítja a gépét, és így magasságot veszít, ahelyett, hogy vízszintben repülne.

A térbeli dezorientáció pedig még összetettebb folyamat, attól függően, hogy a pilótában tudatosul-e, hogy valami nincs rendben, vagy teljes egészében a fals érzeteket és információkat követi, tájékozódó képességét elveszti és aszerint cselekszik - rosszul. Mind a kettőnél igen gyakori a CFIT (Controlled Flight into terrain, kontrollált földnek repülés), főleg rossz időjárási körülmények (VFR-ből IMC-be⁵⁰) közé történő berepülés során, ha nincs a földközelséget jelző automata riasztó rendszer.⁵¹

A második nagy emberi hiba csoport a szándék, az intenció hibái: a pilóta által megformált repülési terv, illetve annak adott repülési helyzetben megvalósítandó részlete kockázatot hordoz magában, mert ütközik a repülési körülményekkel. A pilóta szándékosan is megszegheti durván a szabályokat, vagy félreérti a helyzetet, illetve félreértelmezi a szabályokat, amelyek az adott helyzetben irányadóak kell hogy legyenek.

A harmadik nagy emberi hibacsoport a kivitelezés, a tényleges tevékenység hibája: a megfelelő terv rossz végrehajtása okozza a bajt. Egyszerű kihagyások egy összetett, egymásra épülő cselekvéssorban bajt okozhatnak, pl. ha a leszállási esemény láncolatban, a checklist (utasításlista) felolvasásakor kimarad valami, a tett nem követi a szót, vagyis a parancssort. Például a pilóta nem engedi ki a futóművet, vagy a futómű kiengedése helyett a katonai gép pilótája a póttartályt dobja le, mert a másik géptípuson megszokott helyen levő kezelőszervet (gombot vagy kapcsolót) összekeveri.

Időkényszer, nagy pszichés vagy fizikai leterheltség nagyon leronthatja a pszichés teljesítményt: lelassul a mozgás, mint válaszreakció, vagy éppen ellenkezőleg, kapkodóvá és összerendezetlenné válik: mindkettő veszélyes.

Háttér tényezők

Kibernetikai - rendszerelméleti oldalról tovább elemezve a hibafolyamatot, az utolsó (az esetleges katasztrófa előtti) pillanatban a humán tényező mindig is főszereplő marad, a fenti hibák másodperceken belül az adekvát repülési tevékenység széteséséhez vezetnek.

⁵⁰ Visual Flight Rules: látva repülési szabályok, Instrumental Meteorological Condition: műszeres repülési körülmények.

⁵¹ Thomas, T.K., et al.: Controlled Flight into Terrain Accidents Among Commuter and Air Taxi Operators in Alaska Aviat Space Environ Med 2000., 71., p. 1098-1103.

Ugyanakkor mind a pilóta, mint ember, mind a környezet, mint stressz forrás, mind a szervezet, mint működési keret rejthet olyan tényezőket, amelyek ezt megelőzően **hosszabb** távon létezhetnek és befolyásolhatják az egyéni vészhelyzeti teljesítményt.

E háttér domének közül az emberi tulajdonságok prediszponáló, hajlamosító tényezők. Lehetnek abszolút individuálisak: a személyiség, a rátermettség, a motiváció, a vészhelyzeti stressztűrő képesség, és az aktuális éberség, amelyet a kifáradás, vércukorszint csökkenés, alkoholos, illetve gyógyszerezett állapot befolyásol.

A környezeti stresszorok szituatív jellegűek, helyzet és feladat függő módon befolyásolják a teljesítményt, alkalmanként diszruptív - kiszakító jelleggel. A repülésélettani stresszorok, például az oxigénhiány, a túlterhelés ilyen obligát módon rontják a pszichés teljesítményt. Egyéni függőséget mutat, hogy bizonyos élettani stresszorok (gyorsulás, oxigénhiány, térbeli tájékozódás zavara) önmagukban és kombinálva milyen szomatikus (testi) reakciót, valamint az agyi keringésre és az egyes agyi területek funkcióira hatva **direkt módon is** milyen mentális, pszichofiziológiai deficitet hozhatnak létre.

Ma a műrepülő bemutatókon, illetve a földközeli harcászati gyakorlásokon (Magyarországon is sajnos előforduló) leggyakoribb katasztrófa ok a „push-pull = nyomd és húzd” effektus, melyben a változó irányú túlterhelés szív-érrendszeri hatásai összeadódnak, a pilóta vérnyomása és pulzusa leesik, és mire magához térne, már a földbe csapódik.⁵² A 2007 őszi szezon első bemutatóján a US NAVY haditengerészeti bemutató kötelék, a Kék Angyalok formáció egyik pilótája zuhant le emiatt, mert miközben igyekezett minél hamarabb visszazárkózni egy alakzat után a többi géphez, túl agresszívan húzta meg a botkormányt és elvesztette az eszméletét.

A fej-far irányú túlterhelés okozta eszméletvesztés (G-LOC) álmoközeli (hypnagog) hallucinációkkal, érzécsalódásokkal, halálközeli élményekkel társul (nem feltétlenül kellemetlen érzés, de a pilóta mégis harcképtelenné válik!). Amerikai tapasztalatok szerint az 1990-es évek elején jelentős különbség alakult ki a US NAVY Haditengerészeti légierő és a USAF Légierő repült típusain, és a kiképzőgépen repülő növendékek G-LOC gyakorisága között: az eltérő kiképzőgép, centrifuga használat és az előrehaladó kiképzés különbsége miatt sokkal gyakoribb volt a Légierő fiatal pilótái között az eszméletvesztéssel járó incidens (bár a tapasztalt oktató jelenléte természetesen a fatális kimenetelt általában megelőzte).⁵³

⁵² Pilot error cited in 2007 Blue Angel crash: 'Real aggressive turn' appeared to cause disorientation: A Haditengerészet szóvivőjének nyilatkozata az AP hírügynökségnek. www.eurekalert.org/pub.releases/2007-12

⁵³ NATO Repülőorvosi Munkacsoport ülése, 2002. Brüsszel, amerikai előadás.

Még hosszabb időtartam (20 év) G-LOC eseteit feldolgozva pedig azt találták, hogy a 29 halálos kimenetel közül földi célok ellen támadó harci (együléses) gépek pilótái esetében volt a legnagyobb a fatális kimenetelű G-LOC aránya (73 %).⁵⁴ A Typhoon/Eurofighter rendszerbe állítása miatt a Brit Királyi Légierő ismételten felmérte a G-LOC előfordulási gyakoriságát; a pilóták 20,1 %-ánál legalább egyszer előfordult, nagyobb arányban a kiképzés alatt állóknál (kiképzőgépeken 77,4 %-nál,) és az alacsony repült óraszámnál (64 %, 100 repült óra alatt). A tipikus G-LOC nem túl magas, 5-5,9 Gz túlterhelési tartományban következett be, a push-pull manőverek 31,3 %-ában⁵⁵.

Az oxigénhiány is jelentős pszichés változásokkal, tudatállapot romlással jár, ami éles repülési helyzetben még mindig vészhelyzetet jelent, bár a katasztrófák abszolút száma csökkent. Például az Amerikai Haditengerészet 1941 óta használ barokamrai hypoxiás edzést, mégis 2001 óta 3 halálos hypoxiás esetük volt, pedig a maszk pozícióban volt az arcon, csak az oxigénrendszer nem működött. 1991-2002 között pedig 9 esetben fordult elő hypoxiás rosszullét „mask-on” (arcon) helyzetben (a fedélzeti oxigén generátor nem működött Hornet harci gépeken).⁵⁶ Biztonságos körülmények között barokamrában szemléltethető a kognitív szellemi teljesítmény romlás: a jól begyakorolt kézírás olvashatatlanná válik, mérhetjük az érzékszervi teljesítmény romlását (látóélesség csökkenését, látótér beszűkülést), a hosszabbá váló reakcióidőket, a két-kéz koordináció változását, illetve az egyes agyi területek direkt elektromos aktivitását, például az eseményhez (külső fény vagy hangingerhez) kötött agyi potenciálokat, elektromos jeleket. Az MTA Pszichológiai Intézetével végzett közös kísérleteink nyomán állíthatjuk, hogy a magassági hypoxiában a homloklebeny területén jelentkező deficit (az úgynevezett újdonság P3 hullám csökkenése) lehet felelős az ítéletalkotás és cselekvőképesség veszélyes romlásáért.⁵⁷

A hypoxia alattomos jellegére és potenciális szerepére a ciprusi gép katasztrófája újból rávilágított. (A Helios légitársaság Boeing 737-ese zuhant le 121 emberrel a fedélzetén 2005. 08. 14-én, a kabinyomás észrevétlen lassú elvesztése, és következményes hypoxia miatt)⁵⁸

⁵⁴ Lyons, T. J., Kraft, N., Copley, B., : Analysis of mission and aircraft factors in G-induced loss of consciousness in the USAF: 1982-2002. *Aviat Space Environ Med*, 2004., 75., p. 479-481.

⁵⁵ Green, N.D.C., Ford, S.A.: G induced loss of consciousness. Retrospective survey results from 2259 military aircrew. *Aviat Space Environ Med* 2006., 77., p. 619-623.

⁵⁶ Artino, A.R., Folga, R.V., Swan, B.D.: Mask-on hypoxia training for tactical jet aviators. *Aviat Space Environ Med* 2006., 77., p. 857-863.

www.safetycenter.navy.mil/media /approach/issues/mayjun05/pdfHypoxiaIntheHornet.pdf

⁵⁷ Balázs, L., Czigler, I., Karmos, Gy., Grósz, A., Szabó, S., Tótká, Zs.: Frontális diszfunkcióra utaló eseményhez kötött agyi potenciálváltozások magassági hipoxiában. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 2000, LV.4. p. 501-516.

⁵⁸ www.AirDisaster.com , Accident Database

Összetettebb a térbeli dezorientáció hatása a hiba mechanizmusában: a tájékozódóképesség teljes elvesztése közvetlenül is balesethez vezethet (I. hiba). Az USAF felmérése szerint 1990-2004 között a repülőbalesetek 11 %-a volt visszavezethető térbeli dezorientációra (ez 2,9 eset/1 millió bevetés), ennek 69 %-a végzetes kimenetelű, főleg támadó harcigépeken és helikoptereken. Az éjszakai eseteket elemezve 23 %-kal magasabb a lezuhanás, katasztrófa aránya.⁵⁹

Ritkább, hogy a pilóta elbizonytalanodása és pszichés teljesítőképességének csökkenése (II. hiba) vezethet katasztrófához, illetve a repülési ambíció elvesztéséhez, averzió kialakulásához, ami ma is letiltási ok lehet. Nagymagasságú, ingerszegény környezetben történő repülés során (a horizont bizonytalan, a relatív elmozdulást külső vizuális megerősítés nem kíséri) disszociatív szenzáció, elszakadás érzés (*break off-kilépés*) léphet föl. A pilóta úgy érzi, hogy kilép a testéből, vagy mint egy aranyhal utazik a nagy semmiben (*goldfish bowl-aranyhal effektus*), illetve egy óriás hordozza a tenyerén (*giant hand*). Angol felmérések szerint a pilóták 14 - 35 %-a tapasztal ilyet és ezek 1/3-ánál a jelenség nyugtalanító, zavart provokáló; ha generalizált nyugtalansághoz vezet, végül is a repüléshez nélkülözhetetlen önbizalom elvesztése, a repüléstől való félelem, sőt teljes elfordulás lehet az eredménye.⁶⁰

Egyéb fizikai stressz hatások is szinte folyamatosan érvényesülnek a repülésben, melyek teljesítmény csökkenéshez vagy hibához vezethetnek. A termális (hőmérsékleti szélsőség által kiváltott) stressz és a zaj okozta teljesítménycsökkenés összeadódik, additív jellegű, de a folyamatos időkényszer miatti pszichés stressz potenciórozó hatása mindezt még kiszámíthatatlanul felerősíti. Sőt, a bevetés, mint pszichológiai stressz anticipációja, előre elképzelése önmagában is kétségtelenül stresszt jelent, amit a plazma kortizol (mellékvesekéreg stresszhormon szintjének) megemelkedése is igazol.⁶¹

Az 1970-es években megjelenő pszichofiziológiai szemlélet ezért helyez nagy hangsúlyt a repülőmunka pszichikai sajátosságaira, a pilótával szemben támasztott ergonómiai követelményekre, törekszik a funkcionális tartalékok felmérésére, az esetleges korai kifáradás előrejelzésére.^{62, 63}

⁵⁹ Lyons, T.J., Ercoline, W., O'Toole, K.: Aircraft and related factors in crashes involving spatial disorientation: 15 years of USAF date. *Aviat Space Environ Med* 2006. 77. p. 720-723.

⁶⁰ LMF: Lack of moral fiber, kb. a morális tartás hiánya, 1999 Repülőorvosi Diploma tanfolyam jegyzet

⁶¹ Brock, O., Peschke, M.: Physiological and psychological strain of police helicopter pilots. ICASM 2007. Nemzetközi Repülő- és Űrorvosi Kongresszus, Bécs előadás absztrakt.

⁶² Szabó, J. (Ed.): Repülési Lexikon 1991, Akadémiai Kiadó, Budapest, II. kötet, p. 172.

⁶³ Hideg, J.: A magyar űrhajósjelöltek kiválogatása és az első szovjet-magyar űrrepülés során szerzett tudományos tapasztalatok felhasználása vadászpilóták alkalmasságának elbírálásában. *Hadtudományi értekezés*, 1981. p. 1-5.

A környezeti tényezők (a zaj, a vibráció, a termális stressz), az operatív tényezők, (mint a feladat végrehajtási és időkényszer, a személyes fenyegetettség érzete) individuálisan hatnak. Ez függ a személyiség jellemzőitől és az arousal szint, vagyis a központi idegrendszer (elsősorban az agytörzs) mindenkori aktivitás szintjétől. A Yerkes-Dodson törvény szerint az extrovertált (kifelé nyitott) személyiség típus inkább krónikusan alulingerelt (underarousal), központi idegrendszere keresi a kihívást, az izgalmakat, hogy arousal szintje az optimumra emelkedjen és bonyolult feladatokat magas hatékonysággal oldjon meg. Számára a monotónia, a könnyű feladattal járó alacsony éberség a fő hibaforrás. Ezzel szemben az introvertált (befelé forduló) személyiség könnyű feladatokat old meg kitartóan, alacsony hibaszázalékkal. Ő a külső stresszor szint emelkedésére jobban érzékeny, hatékonysága túljut az optimumon, és teljesítménye lecsökken.⁶⁴

Talán legsokoldalúbban a zaj hatását vizsgálták a munkapszichológiában: a figyelem beszűkülése, a kognitív teljesítmény csökkenése erősen függ a zaj jellegétől (intermittáló vagy impulzív zaj, magas frekvencia komponens jobban rontja a teljesítményt, mint a folyamatos zaj, alacsony frekvencián), és elsősorban a hibaszázalékot növeli, mintsem direkt módon a munkatempót. A zaj jobban befolyásolja a folyamatos kognitív működést és figyelmet, éberséget (vigilanciát) kívánó, vagy szimultán feladatok végrehajtását, mint az egyszerű ismétlésen alapuló, repetitív munkát. Általában az akusztikus tényezőktől nem függő feladatok megoldásának eredményessége zaj mellett javulhat is. Tekintve, hogy a pilóta munkáját a folyamatosan magas éberségi szint mellett folyamatos többszörös választási kényszer jellemzi, érthető, hogy a fedélzeti magas zajszint minimalizálása a stressz csökkentés és a halláskárosodás megelőzése miatt is fontos.⁶⁵

A szervezeti keret hiányosságai is rejtett (és csak a legrosszabb pillanatban manifesztálódó) problémákat okozhatnak. A működést, vagyis a repülést szabályozó utasítások és rendeletek lehetnek hiányosak illetve a repülőfedélzeti berendezések, felszerelések avulnak el folyamatosan. Ez utóbbi területen két ellentétes tendencia érvényesül: a fedélzeti berendezések tökéletesítése az automatizálás, az emberi közbeavatkozás kiiktatása felé halad, miközben célszerű lenne fenntartani az emberi felügyelet és áttekintés teljes időbeli és térbeli kompetenciáját.

⁶⁴Ernsting, J. (Ed.): Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. Kiadás. P. 605.

⁶⁵Grósz, A.: A vizuális információfeldolgozó képesség. Vizuális Teljesítmény Teszt (VTT) Szemészet, 1989./126. p. 47-54.

Erre azért van szükség, hogy vészhelyzetben, műszaki meghibásodáskor a pilóta azonnal "képben legyen", és tudjon cselekedni. Ez a kabin ergonómia szerepét hangsúlyozza: új, többfunkciós, szín- és részlet gazdag nagy képernyők és monitorok jelennek meg a pilótafülkében, amelyek nemcsak manuálisan, hanem hanggal is vezérelhetők. A szervezet működési szabályzatai pedig rendre frissítésre, az új harceljárások adaptációjára szorulnak.

Fontos a visszajelzés lehetőségének biztosítása a repülés előtti és utáni jelentések rendszerével, az objektív kontroll (repülés alatti műszaki adatok és repülőharcászati teljesítmény jellemzők) elemzésének biztosításával.

Tágabb értelemben a szervezeti keretek közé sorolandó a szelekció és a kiképzés folyamatos, az igényeknek megfelelő korszerűsítése, a pilóta munka változásának elemzésével („job-analízis”, munkaköri térkép, azaz a részmunka folyamatok szisztematikus képességigényének felmérésével). Ebben a katonai és szakmai vezetés felelőssége óriási: kellő képzelőerővel fel kell térképezniük a folyamatosan fejlődő repülőtechnikai lehetőségek mellett az új veszélyforrásokat, fontossági sorrendet kell szabniuk a repülést szabályozó, néha ellentétes elképzelések között, biztosítaniuk kell a visszaellenőrzés és szankció lehetőségét, a katonai és repülési szabályzatok korszerűsítésével.

Személyiség és stressztűrő képesség

Cannon és Selye a stressz fogalmát a félelmi reakcióra (harcolni vagy elmenekülni) illetve a GAS generális adaptációs szindrómára (alarm, vagyis vészreakció, adaptáció vagyis alkalmazkodás és kimerülés hármas egysége) fejlesztette ki.⁶⁶ Selye meghatározása szerint a „stressz egy fajlagos tünetcsoportban megnyilvánuló állapot, mely magában foglal minden, nem fajlagosan előidézett elváltozást egy biológiai rendszeren belül. A szervezet valamennyi adaptációs reakciójának a stressz a foglalata”. Ezen modellekben a stressz szükségszerűen fenyegető esemény, károsító tényező.

Holmes és Rahe definíciója szerint viszont a stressz valamiféle mentálisan vagy emocionálisan diszruptív, kiszakító hatás, a homeosztatis (belső, dinamikus) egyensúly megváltozása.⁶⁷ Az adaptáció pedig a szervezet hozzáigazodása a megváltozott környezethez.

⁶⁶ Kopp, M.: Selye János 1907-1982. Magyar Tudomány 2007. 05. p. 614.

⁶⁷ Banyard, P.: Psychology in Practice: Health. UK: 2002. Hodder and Stoughton, p. 81-84.

Így stressz minden olyan esemény, ami az egyént változásra készíti (ebben az értelemben nem maga a változás jó vagy rossz volta, hanem a változás szükségessége jelent stresszt az egyén számára).

A pilóta számos speciális adaptív mechanizmust fejleszt ki, hogy megbirkózzon a repüléssel kikerülhetetlenül, inherens-belső módon együtt járó változásokkal. Ezek háttérben az extrovertált (nyitott, kifelé irányuló), stabil, teljesítményorientált személyiség áll, magas (technikai irányultságú) intelligenciával, az újdonság és a kihívások, a felelősség keresésével és vállalásával. Stressz szituációban (ideges, dühös, vagy depressziós) konstruktív megoldásokat keres, aktív, kibeszéli a problémát, él a humor eszközével. A repülőalkalmasság megítélésében ezeknek a szempontoknak feltétlenül érvényesülniük kell.

A kisebb, hatékonyabb hadseregek szükséglete, a repülőtechnika működtetésének, a pilóta kiképzésének hatalmas költségei, a repülésbiztonság fokozása megköveteli a szelekciós kritériumok tökéletesítését, a legjobb paraméterekkel – pl. stressztűrő képességgel - rendelkezők kiválasztását. A repülés hőskorában azt gondolták, hogy aki jó lovaspólós, abból jó pilóta is lesz. A „RIGHT STUFF” („beleváló fickó”) teória sokáig egyértelműen az extrovertált, kifelé nyitott, probléma orientált, „intelligens macsó” férfi ideálját szentesítette.

Angol tapasztalatok szerint a RAF brit Királyi Légierőben előforduló repülőbaleseteknek, katasztrófáknak kb. 20 %-a hozható kapcsolatba a személyiséggel, 2 típusba osztályozva: az egyik az önbizalomhiánnyal küszködő, ideges, gyakran túlreagáló pilóták csoportja, a másik a túlzott önbizalommal bíró, nyughatatlan, a szabályokkal nem törődő csoport. Az előbbi, az „instabil introvertált” talán hajlamosabb a nagy figyelmet igénylő, a testi épséget is veszélyeztető vészhelyzetekben hibás cselekvésre, az események „félrekezelésére”, lassú, széteső vagy kapkodó reakcióra. Az „instabil extrovertált” típus talán többször szerepel olyan balesetekben, ahol a szabályok szándékos megszegéséről (kockázatos vagy nem engedélyezett manőverek), a veszély alulértékeléséről van szó: itt a válaszreakció lassú lesz, vagy el is maradhat. A személyiség tesztek ilyen célú alkalmazása természetesen csak korlátozott értékű, nem igazán prediktív: az adatokat retrospektíve, csak a baleset után összegezték, és a pilóta beválását nemcsak a balesetmentesség határozza meg.⁶⁸

Valamennyi légierő nagy erőfeszítéseket tesz annak érdekében, hogy már a kiválasztás során a repülésre legalkalmasabb, a legjobban teljesítő, a kombinált stressz szituációkat legjobban elviselő jelölteket válasszák ki, a kiképzés a lehető leggazdaságosabb legyen.

⁶⁸ Ernsting, J. (Ed.): Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000., 3. Kiadás. p. 607.

A probléma az, hogy míg bizonyos mutatók jól mérhetők (intelligencia, reakcióidők, G-tűrőképesség, stb.), bizonyos funkciók (stressztűrőképesség) csak nehezen szimulálható körülmények között jósolhatók.

A munkapszichológia teljes arzenálját alkalmazni kell, beleértve a műszeres teljesítmény tesztek, a papír-ceruza személyiség és intelligencia tesztek, a kóros személyiség kiszűréséhez esetleg egyéb klinikai tesztek.

Az egyes tesztek beválását, szelekcióra való alkalmasságát folyamatosan, retrospektíve is értékelni szükséges. A Magyar Légierő repülőhajózó állományának kiválogatásánál a személyiségtesztek (például CPI: Californian Personal Inventory) és a műszeres teljesítménytesztek egyaránt szerepet kapnak. Ugyanakkor a személyiség tesztek, papír-ceruza tesztek/kérdőívek alkalmazása és pozitív előrejelző képessége a szelekció során a nemzetközi irodalomban nem egyértelmű. A brit Királyi Légierő még mindig az Eysenck féle és a Cattell féle többfaktoros személyiségteszteket alkalmazza, igyekezve az extroverzio (nyitottság), stabilitás skálán magas, neurosis (szorongás) skálán alacsony pontszámokat mutatókat előnyben részesíteni.⁶⁹

Magyarországon kiterjedten alkalmazzuk a pszichomotor tesztek, a személyiségtesztek közül pedig a CPI-t immár több éve, a szelekció után a pilóta pályafutás során is, rendszeresen figyelve az alskálákon esetlegesen bekövetkező torzulásokat. Jelenleg a fenti műszeres teljesítmény vizsgálati eljárások számítógépes teszt battriára való átültetése folyik: az Ausztriában kidolgozott műszeres Schufried féle pszichomotor tesztek ottani állomány csoportokon már validáltak, adaptációjuk most folyik Intézetünk Pszichológiai Osztályán.

Az intelligencia tesztek területén fontos lenne a stressz szituációban jellemezni a gondolkodás rugalmasságát, flexibilitását – e területen a számítógépes szimulátorok jelentenek nagy segítséget. A szimulátorok használata nemcsak a szelekciós kritériumok megállapításában, a teljesítmény mérésében, hanem később a repülőmunka biztonságos körülmények között történő elsajátításában, a túltanuláson alapuló készség szintű tudásban is nagy szerepet kaphat.

A stressz biológiai jeleinek észleléséhez, a vegetatív disztónia (a belső feszültségi szint) objektivizálásához a kéz remegését mérő tremometer, a galvanikus (az izzadással fordítottan arányos) bőrellenállás mérés, a szívfrekvencia változékonyság (variabilitás)

⁶⁹ Szabó, S.: Aviation Medicine Repülőorvosi Diploma tanfolyam, 1999. Pszichológiai szekció jegyzete. DERA (Védelmi és Kutatási Ügynökség, Farnborough).

megállapítása, az esetleges standardtól való eltérése adhat segítséget. Ezek mérésére - akár repülés közben folyamatosan - jelenleg teszünk kísérletet, az új típusú „TAGUAN” fedélzeti orvosbiológiai adatrögzítő fejlesztésével, amely szimultán és real time (valós időben) rögzíti a repülés technikai paramétereit és a pilóta egészségi állapotának néhány jellemző paraméterét.⁷⁰ Alternatívaként felmerül a repülési szimulátorok ilyen célú használata: az adott repülési feladat végrehajtása mellett szekunder, másodlagos feladat során nyújtott pszichés teljesítményt (flexibilitás, pontosság, figyelem megosztás) és az élettani (szívfrekvencia, EEG, adrenocorticotrop-, prolaktin, kortizol hormonszintek) paramétereket rögzítik.^{71, 72}

A pilóta valójában csapatjátékos, egy összehangolt team munka áll mögötte, a meteorológustól a repülőműszaki szakemberen és a repülésirányítón át a repülőorvosig. Közös felelősségük, hogy ő odafent a legjobban teljesítsen és biztonságban leszálljon. Ehhez folyamatos, magas szintű és hatékony kommunikációra van szükség: a repülési helyzet változása miatti pillanatnyi problémák gyors visszajelzése, a megoldási lehetőségek elemzése verbális úton nélkülözhetetlen.

Az első lépés a kooperációs készség megléte: az, hogy azonos értékrendet, szakmai elvárásokat fogalmazzanak meg. Ehhez hatékony kommunikációra van szükség: egyfajta "megosztott mentális modelt" kell kialakítaniuk nemcsak a tényleges vagy általuk tudottnak vélt tényekről, de a helyzettel kapcsolatos feltételezéseikről.

A személyzet tagjai közötti jó együttműködést segíti, ha már ismerik egymást hosszabb ideje, előre vetítik, azaz anticipálják a másik viselkedését bizonyos repülési helyzetekben. Ilyen pozitív korrelációt írtak le a familiaritás és a balesetmentesség, a bevetés sikeressége között például a katonai légi utántöltők személyzeténél, ahol igen nagy kooperációra van szükség, szinte egymás gondolataiban kell tudniuk olvasni.

Ugyanakkor a huzamosabb együttlét, a fix és preformált légiszemélyzetek alkalmazása növeli a túlzott önelégültség és a megszokás - elkényelmesedés veszélyét. Ebből a szempontból a nagy légitársaságok gyakorlata különböző lehet, inkább a hatósági ellenőrző repülések rendszerében egységesek.

Asch klasszikus kísérlete óta tudjuk, hogy a konformitás jelensége nagy szociális nyomást képes kifejteni az egyén magatartására. Repülés közben egy beosztott, rutintalan

⁷⁰ Grósz, A., Szabó, S. A., Hornyik, J., Pozsgai, A., Vigh, Z.: Komplex adatrögzítő rendszer alkalmazásának lehetősége a repülőorvosi gyakorlatban. *Honvéddorvos*, 2005/1-2. (57.) p. 96-97.,

⁷¹ Zhang, L.M., Yu, L.S., Wang, K.N.: The psychophysiological assessment method for pilot's professional reliability. *Aviat Space Environ Med* 1997. 68. p. 368-372.

⁷² Leppäluoto, L. T.K., Ruokonen, A.: Neuroendocrin responses and psychomotor test results in subjects participating in military pilot selection.. *Aviat Space Environ Med* 1999. 70. p. 571-576.

másodpilóta még inkább képes saját érzékszervi benyomásait, helyzetmegítélését alárendelni egy tapasztaltabb, elismertebb pilótának, aki esetleg más véleményen van, illetve érzékszervi észlelése más.⁷³

A hierarchikus és fegyelmezett repülőfedélzeti munkahelyen egy parancsot nem lehet visszautasítani: egy idő után ez az egyik oldalon túlzott öntudathoz, basáskodáshoz vezet, a másik oldalon az önbecsülés drámai csökkenéséhez és elbizonytalanodáshoz - a team munkához szükséges kooperáció megszűnik. Sem a túl lapos, sem a túl meredek parancsnoki-beosztotti viszony nem szerencsés: egyik esetben a viszony túl baráti, és elnéző lesz, a feladat támasztás szenved csorbát, a másik esetben az alárendelttől nem kap visszajelzést a parancsnok, a kommunikáció és kooperáció szenved kárt. A bevezetőben említett, Kanári szigeteken történt katasztrófa esetében a másodpilóta nem merte figyelmeztetni a kapitányát, hogy a végső visszaigazolást a felszálláshoz még nem kapták meg, és a gép máris a felszállópályán gyorsított. A ködből pedig akkor bukkant fel a másik felszállni készülő gép, a PanAm Boeing 747-ese!⁷⁴

Kényes kérdés a vezetői stílus megítélése is: a csoport (a légiszemélyzet) és a feladat (gyors, pontos repülés és biztonságos leszállás) szempontjából a hagyományos "feladat orientált" és a "csoport orientált, demokratikus" típus egyik véglete sem kedvező. Fiedler szerint a demokratikus vezető akkor hatékony, ha a szituáció mérsékelten kedvező, míg a feladatra koncentrálnak a nagyon kedvezőtlen, veszélyes vagy pedig a nagyon kedvező körülmények között a leghatékonyabb. Repülési vészhelyzetben nyilvánvalóan a kemény, határozott fellépés, a szükséges azonnali tevékenységekre irányuló parancsok miatt ez utóbbi típus lesz hatékonyabb.⁷⁵ Ugyanakkor autoriter viselkedése a szükséges konzultáció és kommunikáció kiiktatásához vezethet normális üzemmód mellett, amikor a demokratikus vezetővel a csoport jobb minőségű munkát produkálhat. (A harmadik általános típus a megengedő (laissez-faire - hagyjuk megtörténni, majd csak lesz valahogy) főnök, a repülésben egyáltalán nem javasolt: alacsony csoportteljesítmény, vészhelyzetben a tevékenység szétesése jellemzi.)

⁷³ Asch, S. E. (1956) Studies of independence and conformity: A minority of one against a unanimous majority. Psychological Monographs, 70 (Whole No. 416), <http://hu.wikipedia.org>. nyomán

⁷⁴ www.airdisaster.com. Accident Database

⁷⁵ Fiedler, F.E.: Validation and extension of the contingency model of leadership effectiveness: A Review of empirical findings. Psychological Bulletin, 1971., 76, p.128-148

1.3. A szelekció prioritásai

*„A jó szem, a légi helyzet gyors és pontos értékelése,
a nyugalom megőrzése és a biztos kéz,
ezek a legjobb vadászpilóta tulajdonságai”.*

Joseph Jacobs német pilóta ász az I. világháborúban

A kiképzés lényeges momentuma, hogy KIT érdemes egy adott feladatra kiképezni? Fentiek alapján egyértelmű: ahhoz, hogy a pilóta alkalmazkodóképessége, munkaképessége maximumát nyújthassa, hiba nélkül dolgozzon, a fizikai, testi teljesítőképesség, a pszichés/lelki stressztűrőképesség, valamint az információ feldolgozó képesség szempontjából kiváló teljesítményt kell nyújtania, és ehhez kiváló alapadottságokkal is rendelkeznie kell.

A repülés hőskorában, Angliában azt gondolták, hogy aki jó lovaspólós, abból lesz jó pilóta: megvan hozzá a jó mozgáskoordináció, társasági élet iránti nyitottság, merészség. A bekövetkező balesetek és háborús tapasztalatok a műszaki problémák mellett az egészségügyi követelmények fontosságára is rávilágítottak. Ezért jöttek létre az 1920-as években a világ vezető repülő nemzeteinél a repülőorvosi követelményeket kidolgozó és a vizsgálatokat végrehajtó speciális intézetek.⁷⁶

Valamennyi légielő nagy erőfeszítéseket tesz annak érdekében, hogy már a kiválasztás során a repülésre legalkalmasabb, a legjobban teljesítő, a kombinált (fizikai, szellemi) stressz szituációkat legjobban elviselő jelölteket válasszák ki, a kiképzés a lehető leggazdaságosabb legyen. A pilóta kiképzése rendkívül drága. A kiválasztás során az a cél, hogy a pilóta a befektetett összeget hosszú, tartalmas, előrehaladó, sikeres kiképzéssel és munkaalkalmassággal, hadrafoghatósággal "hálálja meg".

1. Ezért a kiválasztás során elsősorban azokat az állapotokat kell kizárni, amelyek eleve összeegyeztethetetlenek a repüléssel (veszélyeztetik a repülésbiztonságot, pl. egy epilepszia jellegű, eszméletvesztéssel járó, előre nem jelezhető rángógörcs), vagy amelyek a repüléssel járó intenzív megterhelések során romlanak. (Betegségmegelőző állapotok, gerinc- és szívproblémák). Ezekről a pilótajelölt lehet, hogy nem is tud, hiszen a mindennapi megterhelések, aktivitás során nem okoz problémát, de a kiválogató repülőorvosi intézetnek a potenciális rosszabbodást is mérlegelnie kell. Napjaink akut problémája, hogy a fiatal, önmagát egészségesnek tudó jelöltet (a jelöltek nagy százalékát) el kell utasítanunk, mert

⁷⁶ DeHart, R.L. (Ed.): Fundamentals Of Aerospace Medicine, Philadelphia, US, Lea & Febiger, 1985. p. 22.

olyan serdülőkori gerinc rendellenessége van, amely a repülés során nagy valószínűséggel romlani fog, fájdalmat és mozgáskorlátozottságot okozva.⁷⁷ Ennek ellenére a NATO-n belül nincs egységes szakmai elv a gerinc röntgen rutinszerű elvégzéséről, néhány országban pedig csak típus-specifikus radiológiai kontrollt tartanak szükségesnek. Például F-16-os, nagy manőverező képességű gépeken Hollandiában az 1980-as években a jelöltekénél is elvégezték a vizsgálatot, 20 %-uk esett ki degeneratív elfajulásos jel miatt.⁷⁸ Nálunk is igen magas az alkalmatlansági arány, 10 alkalmatlan minősítésű jelöltből 7-8 gerinc probléma miatt esik ki!

2. A kiválasztás természetesen kereslet-kínálat és a populáció, az adott népesség megbetegedési mutatóinak függvénye is: ha kisebb pilóta utánpótlásra van szükség, a legjobbak közül is csak a legjobbak kerülnek be a rendszerbe (természetesen nemcsak a repülőorvosi szempontok szerint!). Ha több pilótára van szükség, akkor a szabályzatokban rögzített feltételeknek megfelelő összes jelentkező alkalmas lehet: Japánban például általános a rövidlátás, így a szemüveg használat sokkal engedékenyebb elbírálás alá esik.

3. A repülőorvosi minősítés elve függ attól, hogy milyen repülőeszközre történik majd a kiképzés: bár helikoptert vezetni egyáltalán nem könnyebb, mint vadászipilótát (sőt !!), a fizikai igénybevétel például a gyorsulás és a hypoxia vonatkozásában kisebb, illetve kevésbé fenyegető. Ezért a repülőorvosi vizsgálat bizonyos szempontból egyszerűbb, kevésbé szigorú, pl. EKG-n ártalmatlan ingervezetési zavart elfogad. Ugyanakkor a fejlett országokban a repülőorvosi kiképzés pl. a helikopteres pilóták tekintetében újabb hangsúlyokat kap. (Lásd éjjellátó berendezés használata, dezorientációs GYRO kabin a térbeli tájékozódó képesség elvesztését szemléltető illúziók megjelenítésére a 2. fejezetben.)

4. Minden ország repülőorvosi szakintézetének és hatóságának szuverén joga, hogy saját kritérium-rendszert állítson fel, természetesen a repülésbiztonság és a modern orvostudomány ismereteinek szem előtt tartásával. Vannak nemzetközi harmonizációs törekvések, az ICAO (az ENSZ Repülési Világszervezete) minimumkövetelményeket rögzít, a JAA (Joint Aviation Authorities = Európai Közös Légügyi Hatóság) szigorúbb egységes elveket vall - de ezek csak a polgári pilótákra vonatkoznak.⁷⁹ A NATO repülőorvosi egyezményei (elsősorban a STANAG 3114 Egységes Védelmi Előírás) főleg a pilóták

⁷⁷ Aydog, S.T., Törbedar, E., et al.: Cervical and lumbar spinal changes diagnosed in four-view radiographs of 732 military pilots. *Aviat Space Environ Med* 2004., 75., p. 154-157.

⁷⁸ Hendriksen, I.J.M., Holewijn, M.: Degenerative changes of the spine of Fighter Pilots of the Royal Netherlands Air Force. *Aviat Space Environ Med* 1999. 70. p. 1057-1063.

⁷⁹ JAR-FCL 3 , Medical: Közös Repülési Szabályzat, Repülőszemélyzet Alkalmasságának elbírálása, Egészségügyi Vizsgálata. www.jaa.nl/publications/jars/606984.pdf, letöltve 2008. március 13.

repülőorvosi kiképzését: centrifuga és barokamra tréningek protokollját (lásd később) igyekszik egységesíteni, a nemzeti orvosi követelményrendszerbe nem szól bele.

5. A probléma az, hogy míg bizonyos mutatók jól mérhetők (intelligencia, reakcióidők, G-gyorsulás tűrőképesség), bizonyos funkciók (stressztűrőképesség) csak nehezen szimulálható körülmények között prognosztizálhatók. Nehéz előre megítélni, hogy a tartós szellemi leterheltséget, a kiképzéssel járó konfliktus helyzeteket, esetleges kudarcélményeket ki hogyan dolgozza föl, nem fordul-e el lelkiileg a repüléstől. A munkapszichológia teljes arzenálját alkalmazni kell, az egyes tesztek beválását, szelekcióra való alkalmasságát folyamatosan - retrospektíve is szükséges értékelni. Az új típusú pilótakabin, néhány nagy színes, multifunkciós kijelzővel, a sisakrostélyra kivetített HUD információ pedig az automatizáció ellenére is csak részben csökkenti a pilóta döntéshozatali folyamatban játszott szerepét, a gyors információ feldolgozó képessége (és stressztűrő képessége) az ilyen operátor funkcióban még alapvetőbb.

Ergonómia szempontból, a maximális munkavégzőképesség biztosítása miatt szükség van arra, hogy a pilóta a kabinban optimálisan, kellő testtartásban legyen elhelyezve, megfelelő végtagmozgási térrel és hozzáférhetőséggel minden műszerhez. A vészelhagyás biztonságos szekvenciája miatt pedig testméretei ne akadályozzák a kabin egészben, épségben történő elhagyását. Ez szükségessé teszi az emberi testméretek (nem csak magasság és testsúly szerinti) differenciált figyelembe vételét, lebontva a végtagok, kézfej részmereteire is. A legtöbb országban a magassági védőfelszerelés méret választékának kialakításánál az adott populáció 3-97 % (esetleg 5-95 %) közötti percentilis értékeit fogadják el, ami azt jelenti, hogy a populáció „legkisebb és legnagyobb” 3-5 %-a eleve kiesik. Bizonyos harci géptípusoknál – például a Jaguar korábbi brit harci gépnél - a súly és költségcsökkentés miatt kisméretű kabint terveztek, melybe teljes magassági felszereléssel még egy átlagos testfelépítésű ember is nehezen fért bele.⁸⁰

Néhány országban tendencia az, hogy egészen géptípusra lebontva határozzák meg a testméretek skáláját, eleve szelektálva a jelentkezők között. Legtipikusabb példája a most a Magyar Honvédséget is érintő NFTC (NATO Repülő kiképzés Kanadában) program, ahol a BAe Hawk típuson történő kiképzés a gyári előírások miatt nagyon szigorú testméret korlátozásokat jelent, legalábbis a korábbi, MiG harci gépekre kidolgozott hazai

⁸⁰ Saját tapasztalatom a Brit Királyi Légierő Boscombe Down Légibázis teszt iskolájában.

standardokhoz viszonyítva.⁸¹ A kanadaiak 2006-ban az egész testmértékvételi folyamatot automatizálták, számítógépes több detektoros testfelszíni letapogatás alapján automatikusan megállapítják, ki melyik géptípusra alkalmas egyáltalán.⁸² Ugyanakkor a kanadai kiképzésen túljutó magyar pilóta jelölteknek a GRIPEN esetében egy másik, a svéd mérettáblázatnak is meg kell felelni. A két követelményrendszer harmonizációja jelenleg akut probléma a magyar repülőorvosi kiválogatási folyamat legelején, és előfordulhat, hogy részmeretek eltérése miatt egyébként alkalmas jelölt nem jut túl ezen a – sebészeti szakvizsgálathoz tartozó – szakaszon. Az antropometriai és az ergonómiai tényezők folyamatos illesztése a kabin vészelhagyási eszközökkel is alapvető: a felfújódó anti G ruha és a combok között elhelyezett katapult fogantyú interferálása, véletlen érintkezése a közelmúltban (2007. április 19-én) Svédországban okozott leszálláshoz készülő Gripen fedélzetén nem szándékos katapultálást, az Mk 10 L ülés aktiválódását.⁸³

A belgyógyászati diagnosztikai eszköztárat a klinikai specialitások, például a kardiológia fejlődését követve bővíteni is kell: így nagyobb pontossággal, megbízhatóbban tudjuk megerősíteni vagy kizárni, hogy egy-egy enyhe eltérés (pl. szívbillentyű záródási rendellenesség, EKG eltérés) jelent-e repülésbiztonsági kockázatot: romolhat repülés közben, vagy hamarosan klinikai betegséget okoz, vagy csak egy normális tartományon belüli variáns.

6. A fentiekből következik az is, hogy a kiválogatás, a szelekció során a legszigorúbb az elbírálás, hiszen itt a jövőbeli állapotromlást is valószínűsíteniünk, prognosztizálniunk kell: ami a normális civil életben talán sohasem okozna problémát, a repülési megterhelések kapcsán hamar munkaképesség csökkenéshez vezetne. Vonatkozik ez például a gerinc mérsékelt eltéréseire. Az igen gyakori serdülőkori gerinc elváltozás, a gerincferdülés egy egyébként egészséges, sportoló jelölt alkalmatlanságát jelentheti (katapultálásnál a csigolya összeroppanása, bénulás veszélye fenyeget, a túlterhelések, vibráció során pedig a gerinc kopásos meszesedéses elváltozása gyorsan kifejlődik és fájdalmat okoz. Ma is ez az egyik gyakori letiltási ok).

⁸¹ Canadian Aircraft Manual (heading: BAE-BAW-FC-HWK-01115, May 2000, Issue 1, Hawk Mk. 115, Chapter 6: Aircraft Systems , 1.emergency escape)

⁸² Bridges, H.: 2006. április 10. Air Force first in world to change body measurement standards for pilots. www.airforce.forces.gc.ca/site/newsroom/news_e.asp?id=1514, letöltve 2008. március 15.

⁸³ www.jetfly.hu/rovatok/tipusok/jas39/mk10

A prognosztikai igény tekintetében jelentős nemzeti különbségek lehetnek a fizikális és műszeres vizsgálatok spektruma tekintetében. Általában az antropometriai és a pszichológiai, a Magyar Honvédségben ezen felül pedig a radiológiai (gerincröntgen) követelmények jelentik az első nagy próbatételt. Svédországban 1200 jelentkezőből mintegy 40 fő alkalmas GRIPEN jelöltnek, hazánkban még rosszabb a beválási arány. Szilárd anyagi háttérrel rendelkező légierők esetében (RAF, USAF) a gyakorlati repülőképzés során is jelentős a lemorzsolódás, illetve csak ismétlődő repülőbalesetek esetén vezetnek be új metodikát, például az EEG vizsgálatot az Amerikai Légierőben az F-104 Starfighterben a repülőbalesetek **után**. (Ma már az EEG anomáliák, ritmus rendellenességek megítélésére egységesen nagyon szigorú a jelölteknél, még klinikai tünetek nélkül is.) (8. ábra)

	MAGYAR HONVÉDSÉG	SVÉD LÉGIERŐ	RAF BRIT KIRÁLYI LÉGIERŐ	NÉMET LÉGIERŐ
labor	teljes + drogtest is	teljes + drogtest is	szűkített, 5 évente	teljes
röntgen	mellkas, teljes gerinc, ormelléküreg, fog	mellkas, fog	mellkas	mellkas
antropometria	azonos paraméterek	azonos paraméterek + bőrredőmérés	más géptípusra	más géptípusra
légzésfunkció	csak VICA teszt	spirometria + metacholin teszt	metacholin teszt (csak gyanú esetén)	
terheléses EKG	azonos paraméterek	azonos paraméterek + izomerő mérések + laktát küszöb mérés	klinikai indikációval	azonos paraméterek
szívultrahang, hasi ultrahang	azonos paraméterek	azonos paraméterek	klinikai indikációval	azonos paraméterek
EEG	azonos paraméterek	azonos paraméterek	azonos paraméterek	azonos paraméterek

8. ábra: Nemzeti szelekciós sajátosságok a repülőalkalmasság elbírálásában

7. Az évente (korábban a Magyar Honvédség Kecskeméti Repülőkörház, Repülőorvosi Bizottság, jelenleg Magyar Honvédség Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ, Repülőorvosi-, Egészség vizsgáló és Kutató Intézet, Repülőorvosi Alkalmasság Vizsgáló Osztály által) elvégzett repülőalkalmassági vizsgálat a kiképzett pilóták esetében általában már toleránsabb az esetleges egészségügyi állapot rendellenességek kapcsán. A pszichofiziológiai szemlélet alapján az adekvát teljesítmény a döntő. Amennyiben az a repülésbiztonsággal nem összeférhetetlen, a további állapotromlás megelőzésére fekteti a

hangsúlyt. Ilyenkor nagy szerepet kap a rizikóprofil csökkentés (vérzsírok csökkentése diétával, fogyás, szükség esetén gyógyszeres kezelés) és a rehabilitációs, szanatóriumi / gyógyfürdő kezelés). Ekkor már a pilóta rendszerben tartása a cél, elismerve a megszerzett tudást és repülési tapasztalatot, ami kompenzálhatja a kisebb fizikai kondíciót.

8. Mindig, minden katonai állomány kategóriában nehéz megítélni a beosztással járó fizikai követelményszinteket és a fizikai teljesítőképességgel kapcsolatos elvárásokat a tényleges munkavégzés és a harci (vagy legalábbis katonai célú, azaz harctámogató és biztosító szakágaknak és fegyvernemeknek megfelelő) alkalmazás során várható erőkifejtéssel, vagyis fizikai stresszel összhangba hozni.⁸⁴ A Magyar Honvédség által bevezetett fizikai alkalmassági minősítési rendszer az amerikai szárazföldi hadsereg (US Army) minősítési rendszerén alapul, a fizikai felmérés formáit (futás, felülés, fekvőtámasz) és a szintidőket, pontozási sémát is figyelembe véve, a magyar populációra alkalmazva.⁸⁵, ⁸⁶ A légierő követelményei ettől eltérhetnek; nem véletlen, hogy a USAF Amerikai Légierő 12 éven át szüneteltette a AFPT (Air Force Physical Test) fitness tesztet, mint edzettséget felmérő, minősítő rendszert, részben a felkészülés és a minősítő felmérés (a futás) alatt bekövetkező, és a közvéleményben kedvezőtlen visszhangot kiváltó váratlan halálesetek miatt.⁸⁷ Az iraki háború tapasztalatai nyomán - tapasztalva az aktív és tartalékos állomány csökkent fizikai teljesítő képességét - 2004-től visszaállították ugyan a felmérés rendszerét, de azóta is folyik a vita arról, vannak-e a légierőnek és azon belül a pilóta állománynak speciális szempontjai.⁸⁸ A megszerzhető összpontszámból az Amerikai Légierő most csak 50 %-ot ad az aerob kapacitásra (a futásra), 30 %-ot a testalkatra (ez gyakorlatilag a haskörfogat mérését jelenti)⁸⁹ és 20 %-ot az izomerőre (felülésre és fekvőtámaszra).

A brit Királyi Légierő speciális PULHHEEMS minősítési rendszerében 8 szintű az osztályozás a katonai állományban, és még a pilóták között is különbséget tesznek: a minden körülmény között bevethető pilóták kategóriájától a csak honi bázison alkalmas hajózóig (mert például gyógyszereszedés miatt rendszeres ellenőrzést igényel⁹⁰).

⁸⁴ Eleki, Z.: A katonákkal szemben támasztott fizikai követelményrendszer hatásfokának vizsgálata. PhD értekezés, ZMNE, 2004.

⁸⁵ FM 21-20 US Army . Az amerikai szárazföldi haderő testnevelési szakutasítása.

⁸⁶ Kovács, P.: Terhelés-, és teljesítmény-élettani mutatók vizsgálata a Magyar Honvédség és a civil szféra hadrafoghatóság szempontjából érintett területein. PhD értekezés, ZMNE, 2005. Tézisek.

⁸⁷ DOD Instruction with AFI 40-501, helyette kerékpár ergometriás vizsgálatot végzett.

⁸⁸ Lopez, (Staff Sgt. C. Todd) Air Force Print News, 8/18/2003 – WASHINGTON, www.af.mil

⁸⁹ Haskörfogat férfiaknál 102 cm fölött magas kockázatú, kóros, a BMI testtömeg index 25 kg/m²-ig optimális.

⁹⁰ Szabó S.: 1999. Brit repülőorvosi Diploma Tanfolyam tapasztalata, RAF Cranwell légibázis meglátogatása kapcsán. www . army.mod.uk/servingsoldier/condofserv/healthcare/PULHHEEMS, letöltve 2008. március 24-én

A Magyar Honvédségen belül a repülő-hajózó állománynak egyaránt teljesítenie kell a 7/2006. HM rendeletben előírt futást a T4, legmagasabb szintű állóképességet kívánó csoportban, ugyanakkor az éves alkalmassági vizsgálat során a klinikai szempontból informatív kerékpár ergometriát is teljesíteniük kell, ahol a minimum 2,2 Watt/tskg terhelési teljesítmény szint kívánatos. Ismert, hogy a gyorsulás-túlterhelés tűrőképesség szempontjából a túlzott aerob kapacitás nem biztos, hogy előnyös: aki sokat fut, annál a szív-érrendszer gyakran egy gazdaságos „alapjáratot” alakít ki, alacsony pulzusszámmal, nagyobb szív összehúzóerővel, azaz „lökettérfogattal”. Ez a változó gyorsulások-túlterhelések mellett kifejezetten hátrányos lehet, a pilóta képtelen lesz a szívfrekvenciát kellő gyorsasággal felpörgetni („gázt adni”), azaz a pillanatnyi keringési perctérfogat kevés lesz az aktuális (agy, szív és vázizomzat által) megkívánt vérátáramláshoz képest. Ezért több légierő ajánlásában limitálja a heti futási teljesítményt, 9 mérföldnél (azaz kb. 15 km-nél) többet egyáltalán nem javasol (az amerikai légierő futás felmérésében is csak másfél mérföld szerepel), nehogy a kedvezőtlen pulzuslassulás (és sportszív vastag izomzattal) rontsa a G gyorsulástűrő képességet.⁹¹

Viszont az amerikai légierő kidolgozott egy súlyemelő programot, amely a vázizomzat tartós megfeszítésével és izometriás összehúzóerővel az anti-G feszítési manőver hatékonyságát volt hivatott növelni. Úgy találták, hogy 12 hetes speciális súlyemelő program révén a SACM (szimulált légiharc centrifuga programban) 53 %-kal sikerült növelni a tűrőképesség idejét.⁹² Később – az ízületekre a túlterhelés során kifejtett káros hatása miatt – ezt a programot törölték, bár a nyaki izmok minden irányú erősítésére, a nyaki gerinc kopásos, elfajulásos betegségeinek megelőzésére speciális kondicionáló gépeket használnak. Hasonló edzőgépek a Gripen program keretében az F7 (Sålténäs) légibázison kiképzésben részt vevő magyar pilótáknak is rendelkezésére álltak Svédországban. Különösen a háti-ágyéki szakaszon a porckorongok tehermentesítése és a szalagok-izomrendszer erősítése lenne alapvető. A repült típusal egyértelműen összefügg a mágneses rezonancia képeken látható ágyéki I-IV csigolya elfajulása a nagy manőverező képességű gépeken repülő pilótáknál.⁹³

Az ausztrál légierő (Royal Australian Air Force) F-18-as pilótái körében végzett felmérés azt támasztja alá, hogy a pilóták többsége kellő, de nem kivételesen jó aerob

⁹¹ Krishnamurty, A: Current concept in acceleration physiology. Essays and articles of Indian Society of Aerospace Medicine, p. 12. (www.isamindia.org/essays, letöltve 2003.07.07. nyomán)

⁹² Epperson, W.L., Burton, R.R.: The effectiveness of specific weight training regimes on simulated aerial combat manoeuvre G tolerance. Aviat Space Environ Med 1985., 56.. p. 534-539.

⁹³ Landau, D. A., Chapwick, L., Yoffe, N.: Cervical and lumbar MRI findings in aviators as a function of aircraft type. Aviat Space Environ Med 2006., 77., p. 1158-1161.

kapacitással már képes megfelelni a Hornet által támasztott $+G_z$ gyorsulás tűrő képességi kihívásoknak: átlagos maximális oxigén felvételük 50 ± 6 ml oxigén/testsúlykilogramm/perc volt, ami 14 MET-nek felel meg.⁹⁴

Ugyanakkor az Izraeli Légierőben a kiválogatás során szelekciós előnyt jelentett a nagyobb aerob kapacitás (Astrand féle kerékpár teszt), sőt az anaerob teljesítmény teszt eredménye is (magasugrás). Hosszabb távon természetesen a fizikai edzettség elválaszthatatlan az általános szív-érrendszeri rizikóprofil alacsony szintjétől, amelyre későbbi fejezetben térek vissza.⁹⁵ A jó fizikai állapot fenntarthatósága viszont a kezdetektől egy egészségtudatos magatartást és pozitív attitűdöt követel meg a pilótától, amit már a kiválogatás időszakában érdemes számításba venni: a sportos életmód, a dohányzás kerülése előnyt jelenthet a későbbiekben, hosszabb aktív katonai karriert és betegség mentes periódust ígér.

Felmerülhet az aerob kapacitás gyógyszeres fokozásának lehetősége is: a kanadai 3,2 km-es „harci futás” (Warrior test) 11 kg-os menetfelszereléssel történő végrehajtása során az ephedrin és koffein javította a futási teljesítményt, de magasabb szívfrekvencia tartomány mellett, tehát repülési környezetben alkalmazása ellentmondásos lenne.⁹⁶ Helyette szintén kanadai szerzők felvetik az izomerő-feszítés, különösen a légzőizmok erősítését-gyakoroltatását a G-tűrőképesség fokozására.⁹⁷

Összegzés

*„Ha a tökéletes biztonságot keresed, legjobban ha leülsz a kerítésre és csak figyeled a madarakat.”
Wilbur Wright*

A repülés – mind a katonai, mind a polgári repülés - elképzelhetetlen ütemben fejlődik, minden terrorakció ellenére évről-évre meredeken nő a szállított utasok száma, a megtett kilométer, a fel/leszállások száma. Változatlan kilométerre, illetve leszállásra számított arányszámok mellett a növekvő forgalom miatt a jelenleg stagnáló tényleges

⁹⁴ Newman, D.G., et al: Patterns of Physical Conditioning in Royal Australian Air Force F/A-18 Pilots and the Implications for $+G_z$ Tolerance. Aviation Space and Environmental Medicine 1999., 70., p. 739-744.

⁹⁵ Hoffman, J.R. et al.: The Relationship Of Physical Fitness On Pilot Candidate Selection In The Israel Air Force. Aviation Space and Environmental Medicine 1999. 70., p. 131-134.

⁹⁶ Bell, D.G., Jacobs, I.: Combined caffeine and epinephrine ingestion improves run times of Canadian Forces Warrior Test. Aviat Space Environ Med 1999., 70., p. 325-329.

⁹⁷ Young, P., Frier, B.C., Goodman, L., Duffin, J.: Respiratory muscle training and performance of a simulated anti G strain manoeuvre. Aviat Space Environ Med 2007., 78., p. 1035-1041.

katasztrófák száma várhatóan növekedni fog, amire a közvélemény nagyon élénken reagál majd.

Miközben a technika megbízhatósága egyre jobb, a pilóta megbízhatósága ezzel párhuzamosan nem növekedett. Ráműtöttem, hogy a katonai repülésben a manőverezőképesség fenntartása, sőt fokozása továbbra is alapvető, ami a humán tényező, a pilóta (mint „elszenvedő alany”) és a repülőműszaki szakember, hadmérnök és repülőorvos számára (mint megoldandó probléma) új kihívásokat jelent. A technológiai kutatás még sok tartalékot rejt magában, ami a pilóta védőfelszerelésének tökéletesítése, operátori (pszichés és fizikai) teljesítményének fokozása céljából alapvető. Ezek a kihívások visszahatnak a repülőesemények minőségi mutatóinak alakulására: előtérbe kerülnek a gyorsulás és térbeli dezorientáció okozta események, bár a hypoxia továbbra is okozhat ritkábban, de fatális kimenetelű szerencsétlenséget. A fejlesztési eredmények (védőfelszerelés, centrifuga, dezorientációs edzés) viszont hatékonyan csökkentik az ilyen események abszolút számát.

A repülőeseményhez vezető emberi hibalehetőségeket a maguk komplexitásában vizsgáltam: az élettani limitek mellett a szellemi teljesítmény és a pszichés funkció rövidzárlata is szerepet játszhat. A baleseti statisztikák elemzése retrospektíve segíthet a közrejátszó okok azonosításában, majd az ellenük való védekezés (technikai, kiképzési, szervezeti szintű) lépéseinek megtételében.

Röviden ismertettem a szelekció és a repülőalkalmasság periodikus elbírálása során alkalmazható irányelveket, a lelki-mentális és a testi-fizikai követelmények, minősítő vizsgálatok jövőbeli trendjeit, a szubjektív hibahajlam csökkentésére és az objektív hibalehetőségek megelőzésére irányuló erőfeszítéseket. Áttekintettem a pilóta hiba szerkezeti és időbeli jellemzőit. Megállapítottam, hogy a folyamatban igen gyakran több, egymásra épülő hibaforrás szerepel. Részarányukat tekintve mind a primer észlelés (percepció), mind az intenció (szándék szerinti végrehajtás) hibái, valamint a predisponáló (elősegítő) faktorok nagy jelentőségűek. A hibás láncolat megszakítása, a háttérdomének hibalehetőségeinek folyamatos csökkentése és a percepció-intenció-akció (észlelés-szándék-cselekedet) tökéletesítése révén lehetőség van hosszú távon a humán tényezőre visszavezethető katasztrófák számának csökkentésére. Ez a repülőorvos, a repülésbiztonsággal foglalkozó szakember, a szakpszichológus és a pilóta közös célja.

Jelenleg általánosan megfelelő, hosszú távon előjelző, jósló (prediktív) értékű vizsgálat, illetve eljárás nem áll rendelkezésre a pilóta kiválogatás fázisában ahhoz, hogy egyértelműen prognosztizálhassuk, melyik repülőgépezető lesz nagyobb valószínűséggel katasztrófa részese vagy áldozata. A személyiség vizsgálatok arra mutatnak, hogy elsősorban

a neurotikus vonások kerülendők a jelöltek beválogatásánál, de például egy introvertált, kellő ambícióval, repülési motivációval rendelkező személyiségtípus kedvezőbb lehet, mint egy extrovertált, azonban főleg rizikót is vállaló jelölt. Ehhez járulnak bizonyos helyzetfüggő szociálpszichológiai tényezők (kölsönös függőség, parancsnoki lépcső a kabinban, kommunikáció és koordináció a személyzet tagjai között). Ezek alapján nem véletlen, hogy a repülőorvosi alkalmasság megítélésében mind a szelekció korai fázisában, mind az éves követéses vizsgálatok során igen nagy hangsúlyt kapnak a korszerű pszichológiai módszerek, minél sokoldalúbban megközelítve a problémát. Másik lehetőség a szimulátorok alkalmazása a figyelmi-gondolkodási funkciók ilyen célú kondicionálására, a kísérő stresszreakció mérésével.

A fizikai teljesítőképesség minősítése szempontjából a repülőorvosi gyakorlatban és a klinikumban is elfogadott kellő aerob kapacitást tartom szükségesnek. Természetesen a katonai pilótáknak is teljesíteniük kell a 7/2006. HM rendelet mellékletében megszabott fizikai alkalmassági kritériumokat, futási szintidőket⁹⁸. A szív-érrendszeri rizikó szempontjából az amerikai légierőhöz hasonlóan a jó haskörfogat (esetleg a testtömegindex BMI 25 kg/m² alatti) értékét tartom fontosnak. Az aerob kapacitás, illetve a futási teljesítmény túlzásba vitelét nem javaslom a nagy manőverezőképeségű gépek pilótáinál, kedvezőtlen szív-érrendszeri hatása miatt.

A kognitív, személyiség jellemzők tekintetében repülőorvosként (és nem szakpszichológusként) továbbra is a különböző módszerek kombinációjában, előrejelző képességük, prediktivitásuk javításában látom az előrehaladás útját. Tudományos módszerekkel értékelt, validált módszerek kellő tárházával kell rendelkezünk ahhoz, hogy a „jelölt kínálat” és a „katonai szükséglet” között egyensúlyt teremtv, valóban mindig a legrátermettebbek kezébe kerüljön a légtér és hazánk védelme.

⁹⁸ 7/2006 (III.21) HM rendelet : A hivatásos és szerződéses katonai szolgálatra, valamint a katonai oktatási intézményi tanulmányokra való egészségi, pszichikai és fizikai alkalmasság elbírálásáról. Honvédelmi Közlöny 9., p. 620-637.

2. A NATO KATONAI STANDARDIZÁCIÓS ÜGYNÖKSÉG (MAS/NSA) REPÜLŐORVOSI PANELJE ÁLTAL GONDOZOTT STANDARDIZÁCIÓS EGYEZMÉNYEK ELEMZÉSE.

2.1. A standardizáció filozófiája, szintjei, a repülőorvosi standardizáció fő irányai, célkitűzései.

A NATO – alapokmányában deklarált módon⁹⁹ – a kezdetektől fellép a nemzetközi helyzet stabilitásáért, a tagállamok biztonságáért. A kétpólusú világrend megszűnésével és az új aszimmetrikus kihívások megjelenésével a biztonsági környezet lényegesen megváltozott: miközben a nagy kiterjedésű, katonai tömbök közötti háború lehetősége minimálisra csökkent, megnőtt a kisebb, regionális vagy lokális konfliktusok pusztításának lehetősége, a terrorizmus fenyegetése, a tömegpusztító fegyverek proliferációjának valószínűsége. A NATO tevékenységi körében mind politikai síkon, mind a gyakorlati operatív szinten előtérbe kerültek a „nem V. cikkely szerinti műveletek”, alapvetően civil szervezetekkel, helyi kormányzati tényezőkkel együttműködve, a Szövetség határain kívül, de érdekszféráján belül. Céljuk a békefenntartás és humanitárius segítségnyújtás, a stabilitás biztosítása, hogy esélyt adjanak a helyi demokratikus társadalmi szerveződés és politika kibontakozásának.

Az erők-eszközök egységes alkalmazhatóságának igénye a Szövetség lényegéből fakad. Ennek négy egymásra épülő szintje van, amely a tagországok részéről folyamatos kompromisszum keresést igényel;

- **Kompatibilitás:** A felszerelések, vagy anyagok azon képessége, hogy ugyanabban a rendszerben vagy környezetben, egymás kölcsönös zavarása nélkül létezzenek vagy működjenek.
- **Interoperabilitás:** A rendszerek, egységek, vagy erők azon képessége, hogy biztosítsák és/vagy elfogadják azokat a szolgáltatásokat, amelyek lehetővé teszik, hogy hatékonyan működjenek együtt.
- **Csereszabotosság** (vagyis kölcsönös kicserélhetőség): azon állapot, amikor két vagy több dolog olyan működési és fizikai jellegzetességekkel rendelkezik, hogy azok teljesítőképességében és tartósságában egyenértékűek, valamint egymással felcserélhetők.

⁹⁹ NATO Alapszerződés: A NATO 50 éve (Handbook, 2001, Brussels), Függelék 527 o.

- **Kommonalitás** (azaz egységesség): egyének, szervezetek, vagy nemzetek csoportjai által alkalmazott közös doktrínák, eljárások, felszerelések használata során valósul meg.

A Szövetség célja **legalább** az interoperabilitás szintjének elérése, távlati célként a teljes egységesség megvalósítása minél több területen. (Bár ezt saját tapasztalatom szerint elsősorban a technikai jellegű egységesítési folyamatban az erős nemzeti hadiipari lobbik már gátolhatják, és az erős amerikai hadiipari dominancia ellenére szuverén nemzeti törekvések érvényesülnek.) Az igényeknek megfelelően már a korai szervezeti struktúrában megnyilvánult az egységesítési törekvés: a MC (Military Committee, NATO Katonai Tanácsa) alá rendelt Standardizációs Bizottság felügyeli az egységesítési folyamatot és sok irányú kapcsolatot alakított ki a politikai szintekkel, a hasonló polgári szerveződési formákkal és létrehozta saját, jó értelemben véve bürokratikus intézmény rendszerét. Az Észak Atlanti Tanács megalapította az NSA (NATO Standardizációs Ügynökség) szervezetét, mely összhaderőnemi és speciális haderőnemi Testületek (Board) alá rendelve Munkacsoportokat alakított ki az egyes technikai (materiális, azaz anyagi szintű), operatív (azaz műveleti-módszertani) és logisztikai, adminisztratív (szabályzat szintű) paraméterek egységesítésének végrehajtására. Ezek felelősek valamennyi Egységes Védelmi Előírás (STANAG) és Szövetségi Publikáció (AP) fejlesztéséért.

Ugyanakkor átfogóbb, magasparancsnoki (vagy akár katonapolitikai) szinten született irányelvek, doktrínák kidolgozott, részletes tervezetei is kaphatnak Standardizációs Egyezmény szerinti besorolást, a jogi folyamat egyértelmű végigvitele céljából. Ilyen például az MC 326/1 számú dokumentum a NATO Katonai Bizottság részéről „A NATO egészségügyi biztosítás irányelvei és politikája” címmel, melynek alapján kidolgozott 4.10-es Szövetségi Közös Publikáció (AJP 4.10) a Szövetséges összhaderőnemi egészségbiztosítási doktrínáját részletezi, STANAG 2228 Egységes Védelmi Előírásként. Ennek elemzése, adaptálása a honi viszonyokra a Magyar Honvédség egészségügyi szolgálata számára kulcsfontosságú lépés volt.¹⁰⁰

A Légügyi Testület, mint feladatszabó testület alá rendelt Repülőorvosi Munkacsoport 2001-ig tartotta üléseit a NATO Brüsszeli Központjában, megvitatta és fejlesztette az általa

¹⁰⁰ Svéd, L.: A Magyar Honvédség egészségügyi biztosítása, elvének és gyakorlatának változásai, sajátosságai, különös tekintettel a haderő átalakításra, a NATO-ba történő integrálásra, a különböző fegyveres konfliktusok, valamint a békefenntartó, béketeremtő, és –támogató tevékenységre. PhD értekezés, 2003. ZMNE Hadtudományi Iskola, Budapest.

gondozott Egységes Védelmi Előírások (Standardizációs Egyezmények, másképpen STANAG-ek) hatályos szövegét. Referensek útján kapcsolatot tartott más munkacsoportokkal és a tudományos fejlődés szempontjából meghatározó egyéb szervezetekkel, mint a NATO RTO/AGARD (NATO Kutatási és Technológiai Szervezet).

A hidegháború lezárásával, a NATO-t is érintő költségvetési megszorítások, a hatékonyabb szervezetépítés és az átszervezés (tranzíció) részeként a munkacsoportok rendszere mélyreható átalakuláson ment keresztül. Kisebb Panelek jöttek létre, melyek már nem Brüsszelben üléseznek, kisebb költségvetéssel bírnak és évenkénti váltásban valamelyik tagország "látja vendégül" a nemzeti képviselőket. A felettes szerv a korábbi Air Board (Légügyi Testület) helyett MCASB (Military Committee Air Standardization Board, azaz Katonai Tanács Légi Standardizációs Testület) lett, ennek egyik munkacsoportja az AOSpWG (Air Operation Support Working Group, azaz Légi Műveleteket Támogató Munkacsoport), és ez alá van rendelve a Repülőorvosi Panel (AMDP, azaz Aeromedical Panel).

Míg az AOSpWG munkacsoport feladata a NATO erők hatékonyságának növelése a légi szállítás, a légi felderítés, a kutató-mentő szolgálatok és a repülőegészségügyi szolgálat területén, addig az AMDP feladata standardok kialakítása a repülőorvostan területén.

Az évenkénti ülések célja a munkacsoport által gondozott STANAG-ok (Standardization Agreements, Standardizációs Egyezmények, azaz Egységes Védelmi Előírások) áttekintése. Személyes tapasztalatom: a standardizáció hosszú, bürokratikus folyamat, adott téma Tanulmány vázlatára többszöri egyeztetés után kerül Ratifikációs Tervezetként a panelülés elé. De majd csak az egyes országok ratifikációs eljárása (és legalább a tagországok felének érvényes jogi eljárása) után lép életbe, nemzeti fenntartások, megszorítások (REZERVÁCIÓ), illetve megjegyzés (KOMMENTÁR) még ezután és emellett is lehetségesek. Bármilyen, az adott szabvány tartalmát és formai elemeit érintő változás esetén az adott Egyezményt újra kell tárgyalni. Így van olyan Védelmi Előírás, amelynek 8. Kiadása van már napirenden. Jelenleg a NATO védett honlapján van mód folyamatos konzultációra és információcserére, így a szabványalkotási folyamat érezhetően felgyorsult.

Egyértelmű, hogy a nemzeti Egészségügyi Parancsnokoknak, Egészségügyi Szolgálatfőnököknek részletes és komplett tájékoztatást kell kapniuk minden egészségügyi bizottság, vagy panel munkájáról, stratégiai irányvonalat kell szabniuk a munkájuknak. Kialakult a COMEDS (Chiefs of Medical Services, azaz Egészségügyi Szolgálatfőnökök vagy Parancsnokok) által javasolt új, egységes irányítás alá vont Egészségügyi Standardizációs

Bizottságok rendszere. Ugyanakkor az AMDP Repülőorvosi Panel számára fontos lenne a jelenlegi információs közeg, alárendeltség megtartása is.

Az AMDP és AOSpWG (Légi Műveleteket Támogató Munkacsoport) oldalainak Fórum rovatához való rendszeres kapcsolódás létfontosságú. A javaslatok, tanulmányok és egyezmény tervezetek csak ezen a védett honlapon vannak köröztetve, a tagállamok képviselői csak bizonyos ideig szólhatnak hozzá. A hallgatás tudomásul vételt jelent, azaz a „silence procedure” (csendes eljárás) bevett gyakorlat és 2-4 hét után a ratifikációs folyamat következő lépését a STANAG gondozója (vagyis az Egyezményt kezelő nemzet képviselője) kezdeményezi.

A 3-5 éves akciótervben megfogalmazottak szerint elsőbbséget kell biztosítani a hajózóállomány repülőorvosi egységes kiképzésének, a hajózószemélyzet kölcsönös kicserélhetősége biztosításának és a Légi Kutató-Mentő Szolgálat, valamint a harcászati légi kiürítés repülőegészségügyi felszerelésének, létesítményrendszere kialakításának. A Force Protection (élőerő védelem) szellemében a pilóták védelmével kapcsolatos Egyezmények új hangsúlyt kaptak. Gyakrabban áttekintik és a tudományos haladásnak, illetve a szükségleteknek megfelelően újratárgyalják a következő témákat: a hajózóállomány kiképzése, repülési időtartamai és pihenési rezsimje, a Kutató-mentő és Medevac (Légi egészségügyi Kiürítés) Szolgálat repülőorvosi kiképzése, a repülőgép egészségügyi felszerelése, nagy túlterhelésekkel és G hatásokkal járó repülési környezet élettani hatásai, nukleáris robbanás okozta vakság megelőzése, NBC fegyverek elleni védelem, nagymagasságú ejtőernyős ugrás során szükséges élettani védelem.

Mindez úgyszólván felfogható, mint az élőerő védelmének speciális, a repülési környezetre alkalmazott megjelenítése, az egyes harcos cselekvőképességének, speciális munkavégző képességének fenntartása a katonai repülésben, azt is figyelembe véve, hogy a légierő nem V. cikkely szerinti támogató-logisztikai misszióiban (például MEDEVAC Légi egészségügyi kiürítés, SAR Légi Kutató-Mentő Szolgálat) is a fenti elv maradéktalanul érvényesítendő.

Az Egyezmények jelentős része a pilóta személyével, az ő védelmével és harcképességének fenntartásával foglalkozik, kisebb része pedig az általa szállított payload („hasznos teher”) optimális és hatékony célba juttatásával, ami lehet sebesültek, betegek légi egészségügyi kiürítése is.

Figyelembe véve a tudományos képzettség és a klinikai repülőorvosi tapasztalatok hasonlóságát az egyes nemzetek szakemberei között, összességében állítható: a módszertani, szakmai-elvi egyezmények jelentős részükben akár fenntartás nélkül ratifikálhatók. Az elvi alapok azonosak, a praktikum a hazai gyakorlattal összhangba hozható. A ratifikálás nem

jelent mindig egyértelműen teljes végrehajtást, csak elvi egyetértést és a jövőre vonatkozó elkötelezettséget, vagy fenntartásokkal történő végrehajtást, vagy elfogadást konkrét gyakorlati végrehajtás nélkül is. A technikai, materiális jellegű STANAG-ek esetében sok függ a Gripen program folyamatában megvalósuló és a NATO kötelezettségvállalásokhoz biztosítandó tárgyi-technikai feltételektől és a hozzákapcsolódó kiképzési lehetőségektől.

A dolgozat lezárásának időpontjáig a Magyar Honvédség a 26 Repülőorvosi Egyezmény és Tanulmány vázlat közül 13 esetében a ratifikációs folyamatban már tett lépést, 5 esetben fenntartás nélküli teljes ratifikálással, 3 esetben fenntartással, 5 esetben végrehajtás nélküli ratifikálással. Ez utóbbiak elsősorban erősen technikai jellegű, főleg a CBRN (atom-biológiai és vegyi fegyverek) elleni védelemmel foglalkozó Egyezmények, ahol elvi egyetértésen túl konkrét végrehajtás nehezen képzelhető el jelenleg, a technikai feltételek hiánya miatt. Fenti ratifikációs tevékenység a többi nemzethez viszonyítva is kellő aktivitást és pozitív hozzáállást bizonyít. (9. ábra)

Eljárási és technikai szabványosítás



9. ábra: Védelmi Előírások a pilóta védelmére és a „hasznos rakomány” (egészségügyi kiürítés során a sérültek) érdekében

2.2 A NATO Katonai Standardizációs Ügynökség Repülőorvosi panelje által gondozott Standardizációs Egyezmények részletes elemzése, honi adaptációjuk lehetőségei.

A repülőorvosi Egységes Védelmi Előírások (kissé szubjektíven) alapvetően hat témakör köré csoportosíthatóak az Egyezmény célja, alanya/tárgya, technikai vagy módszertani-szabályozási elveket megfogalmazó tartalmi jegyei alapján.

- A. *Hajózóállomány repülőorvosi kiképzésével, alkalmassági minősítésével, pihentetésével kapcsolatos módszertani Egyezmények.*
- B. *Hypobárikus hypoxiával szembeni technikai védelem.*
- C. *Túlterheléssel szembeni kiképzés és technikai háttér biztosítás.*
- D. *Baleset kivizsgálás.*
- E. *CBRN (Atom-, Biológiai és Vegyifegyver) valamint lézer elleni védelem.*
- F. *Légi kiürítés, kutatás-mentés és előretolt egészségügyi alkalmazás. (Ez utóbbi Egyezmények alanya nem a repülő-hajózó állomány, hanem a légi-egészségügyi biztosítás speciális lehetőségeinek, eszköz-anyagigényének, prioritásainak áttekintése. Ezek részletezésétől terjedelmi okok miatt eltekintek.)*

A. Hajózóállomány repülőorvosi kiképzésével, alkalmassági minősítésével, pihentetésével kapcsolatos módszertani Egyezmények

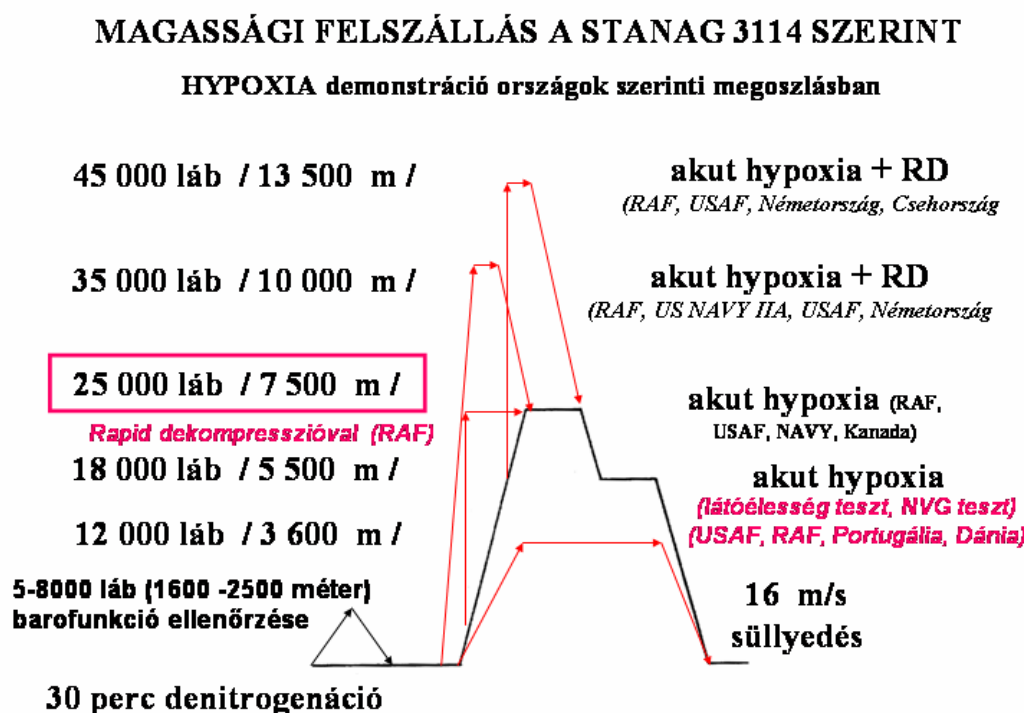
STANAG 3114 Hajózó állomány repülőorvosi kiképzése

A legnagyobb terjedelmű Egyezmény, mely Függelékben részletezi a pilóták alapkiképzésekor és ismétlő tanfolyamain végrehajtandó repülőorvosi demonstrációk, tréningek, kiképzések rendszerét. Ma már kiterjed az I. fejezetben említett szinte valamennyi élettani stresszorról kapcsolatos ismeretekre. Nagy hangsúlyt fektetnek a kiképzés során a kezdeti fázisban a pilóták általános repülésélettani kiképzésére, összesen 20 óra tejedelemben, nemzeti hatáskörbe utalva az esetleges írásbeli vizsgáztatást. Az ismétlő, felfrissítő tanfolyamon a hangsúly inkább a gyakorlati oktatáson van, a repült típus függvényében, összesen 5 óra tejedelemben. Nincs egyetértés a különböző országok között a vizsgálatok gyakoriságát, illetve típusát érintően: barokamrában lehetnek például csak az oxigénhiányt szemléltető profilok, vagy túlnyomásos lélegeztetés szemléltetésével kiegészítve, vagy rapid dekompresszióval kombinálva hajtják végre. Erre vonatkozóan még a standardizáció folyamata előtt a NATO RTO Kutatási és Technológiai Szervezete tartott egyeztető fórumot,

egymás módszereinek jobb megismerése céljából¹⁰¹. Ezen a fórumon kölcsönösen ismertették az általuk használt felszállási profilokat és az egyéb repülőorvosi demonstrációk jellemzőit. Valamennyi NATO ország légierője és az azzal együttműködő Repülőorvosi Központ fontosnak tartja a hypoxia, a térbeli dezorientáció, illetve a túlterhelés elleni tréninget (centrifuga), főleg a kiképzés kezdeti fázisában.

Hypoxia (+ esetleg rapid dekompreszió, túlnyomásos légzés) vonatkozásában legalább 3-5 évente a kiképzést meg kell ismételni, minimum 4-6 óra terjedelemben (elmélet + gyakorlat).

Az országok többsége – bár a repült géptípusok függvényében bizonyos egyedi barokamrai felszállási protokollokat is kidolgoznak és végrehajtanak (12 000 és 45 000 láb, azaz 4000-13 500 méter között)¹⁰² - alaprepsimként elfogadja az évente, 25 000 láb (kb. 7600 méteres) magasságnak megfelelő hypobárikus hypoxia demonstrációját barokamrában, ellenőrzött körülmények között, instruktor, oktató pilóta vezetésével. (10. ábra)



10. ábra: Hypoxiás edzésmódszerek profiljai különböző NATO országokban

¹⁰¹ NATO RTO (AGARD) Meeting Proceedings 21 (RTO-MP-21, AC/323(HFM)TP/8): Aeromedical Aspects of Aircrew Training. 1999. június.

¹⁰² Az EFA 2000 Eurofighter rendszerbe állítása kapcsán a Brit Királyi Légierő 59000 láb (20 ezer méteres) magasságnak megfelelő expozív dekompresziós profilt is tervez! 2007. AMDP Panel ülés szóbeli nemzeti kommentár, Cesme, Törökország.

A protokolt megelőzően a Repülőorvosi Intézetek többsége előzetes oxigénlégzéses periódust iktat be a nitrogén kimosás gyorsítására és a magassági keszon betegség hajlam csökkentésére. Néhány ország viszont csak a 35-40000 láb (10-13000 méter) fölötti rapid dekompreszió, robbanásszerű nyomásvesztés demonstrációjakor használ előzetes tiszta oxigénlégzést.

A Magyar Honvédség számára a Gripen pilóták átképzése miatt – bár nem NATO előírás volt – fontos egyedi eltérést mutatott a svéd szabvány. A Svéd Repülőorvosi Központ a Gripen jelöltek számára 8000 méteres magasságot (kb. 26 600 láb repülési szintet) írt elő demonstráció céljából, 4 perc célzott időintervallumban, vagy addig, míg az alveoláris (léghólyagocskákban uralkodó) oxigén résznyomás a tüdőben 65 % alá csökken. Fenti 400 méteres szint különbség a hypoxia súlyossága szempontjából nem jelent számottevő különbséget. Ugyanakkor meglepő módon a svéd eljárás nem írt elő nitrogén kimosási periódust, amit mi az élettani eredmények alapján nem vállaltunk fel és előírtuk a 30 perces 100 % oxigénlégzést előzetesen, tengerszinti magasságon. Erre azok a Doppler-elven működő szívultrahangos mérések indítottak, amelyek szerint a nitrogén buborékok kiválása már 5500 méteren megkezdődik a keringés alacsonyabb nyomású, vénás oldalán és a kumulatív incidencia elnyújtott szigmoid ívben növekszik oly módon, hogy 7600 méteren már 100 % -os a nitrogén gázbuborékok előfordulásának gyakorisága 10 perc után.¹⁰³ (Előzetes nitrogén kimosás, aza 30 percig 100 % oxigénlégzés ezt hatékonyan megelőzi.¹⁰⁴) Ehhez képest a tervezett 4 perces vizsgálati idő 7600 méteren sajnos nem ad lehetőséget a buborékbetegség biztos megelőzésére.¹⁰⁵

Tapasztalataink szerint még így is – ismételt felszállást végző, tapasztalt vizsgálatvezető orvoskollégáknál többször fordult elő a keszonbetegség relatíve jobb indulatú, bőrtünetekkel járó formája, amely a magasság csökkentésével teljes mértékben megszűnt. A szakirodalomban leírt eseteket figyelembe véve akár 5500 méter alatt is elkezdődhet a buborék kiválás: kellően hosszú idejű (például AC- 130-as, nem túlnyomásos repülőgép fedélzetén történő) repülés során tüneteket okozhat akár 17000 láb (5100 méteres) utazómagasságon.¹⁰⁶

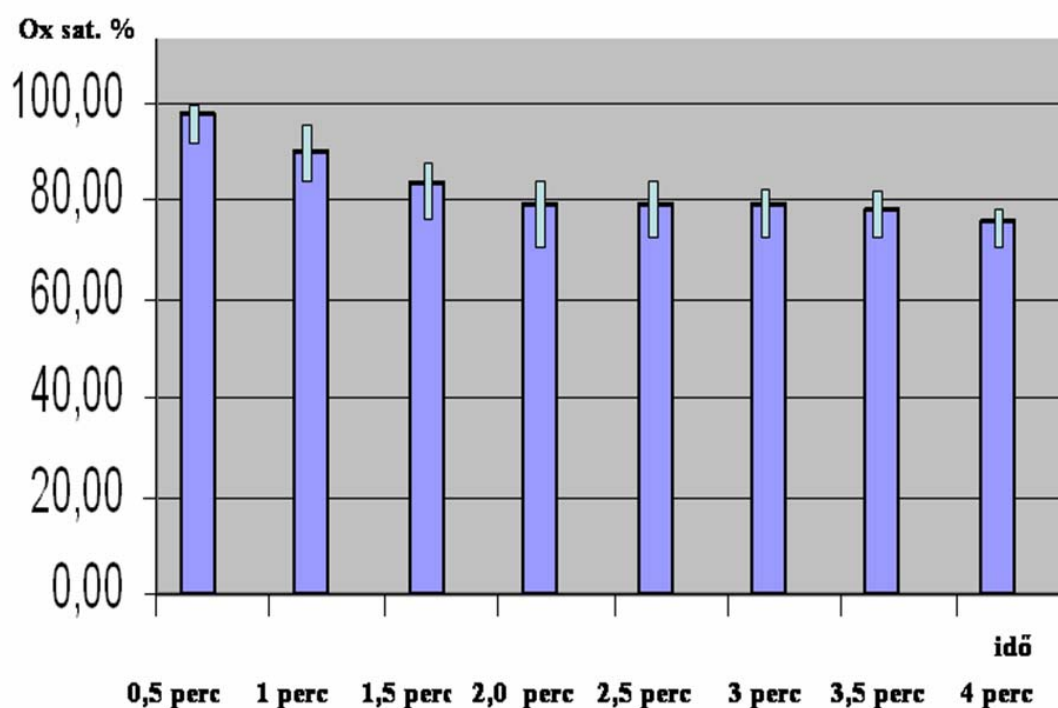
¹⁰³ Balldin, U.I., Pilmanis, A.A., Webb, J.T.: Pulmonary Decompression Sickness at Altitude: Early Symptoms and Circulating Gas Emboli. *Aviat Space Environ Med* 2002., 73., p. 996-999.

¹⁰⁴ DeHart, Roy (Ed.): *Fundamentals of Aerospace Medicine*. Lea and Febiger, PA USA 1985, p. 138.

¹⁰⁵ Nikolaev, V.P.: Probabilistic model of decompression sickness based on stochastic models of bubbling in tissues. *Aviat Space Environ Med* 2004., 75., p. 603-609.

¹⁰⁶ Butler, W.P.: Epidemic decompression sickness: Case report, literature review, and clinical commentary. *Aviat Space Environ Med* 2002., 73., p. 798-804.

Több ország az emelkedés első fázisában hajtja végre a középfül nyomáskiegyenlítésének ellenőrzésére szolgáló tesztet: 3-ról 8000 lábra, azaz 1000-ról 2600 méterre emelkedés után zuhannak vissza tengerszinti nyomásra 2-4000 láb/perc (10-20 méter/másodperc) sebességgel, ami a hazai gyakorlathoz képest nem tűnik túlzott elvárásnak. Nálunk a vadászpilóták, bűvárok esetében a 40-60 m/sec süllyedési sebesség problémamentes tolerálása az elvárt, a hypoxia demonstrációja után. A hypoxia mértéke az előzetes oxigénszívás miatt saját tapasztalatunk szerint ritkán csökken a vizsgálat megszakítását indokló 65 %-os oxigén telítettségi szintre, gyakoribb, hogy a mentális funkció teljes lelassulása, a pilóta fenyegető cselekvőképtelensége és ájulása miatt a vizsgálatot megszakítjuk, magasabb oxigén szaturációs érték mellett is (a legrövidebb hypoxia demonstráció 2 percig tartott !) (11. ábra)



11. ábra: Verőeres oxigén telítettség alakulása 7600 méteres magasságon (n: 18 fő, átlag életkor: 37,1 év)

Nemzetközi összehasonlításban is egyedülálló, hogy a hazai hagyományok és a pilótaközpontú szemlélet alapján a vizsgálatokat nálunk tapasztalt, klinikai szakvizsgálóval rendelkező orvos vezeti, míg a legtöbb NATO országban csak repülésélettani kiképzésben

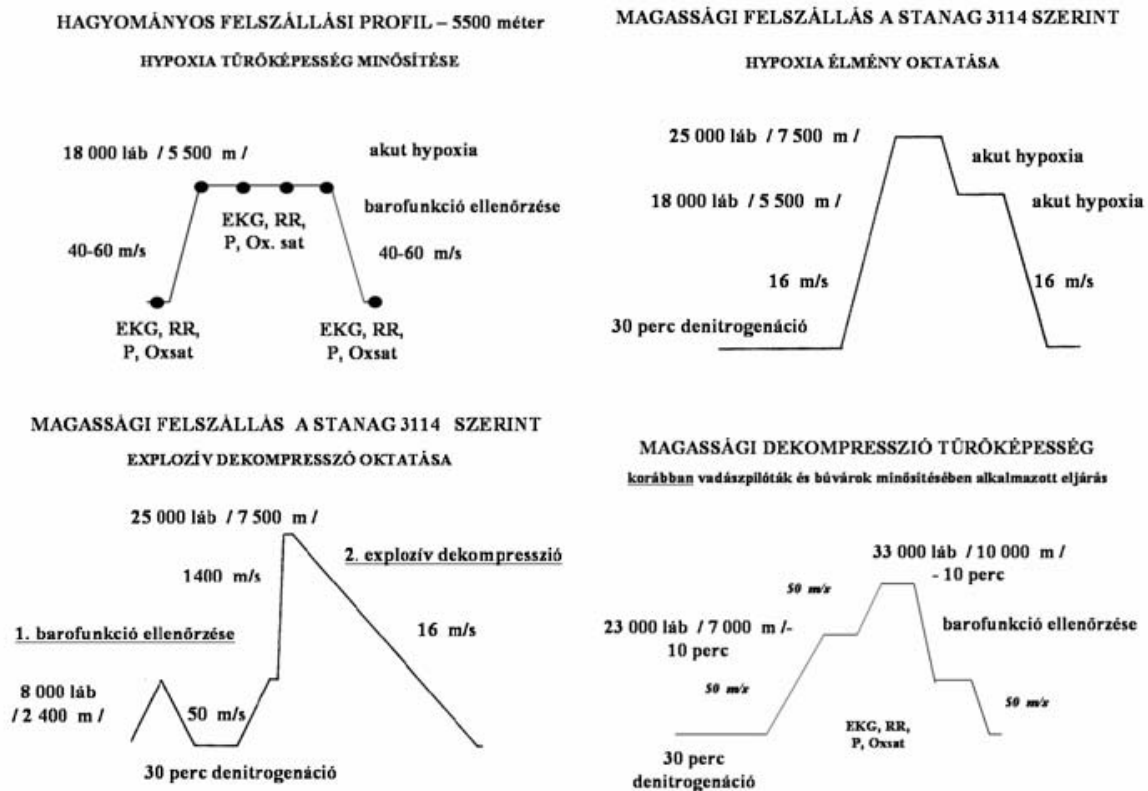
részesült instruktor-oktató pilóta. Így vészhelyzetben (ájulás, újraélesztés szükségességének megítélése) a vezetőorvos idővesztés nélkül képes cselekedni.

Az explozív dekompressziós barokamrai felszállásokat jelenleg nem végezzük: itt 3000 lábról 8000 lábra (1000 méterről 2400 méterre), vagy 8000 lábról 25000 lábra (2400 méterről 7600 méterre) kell 1-3 másodperc alatt a kamra magasságát felvinni. Ez csak vákuum tartályok szelepeinek összerobbantásával oldható meg, külön barokamrai helyiségben, zsiliben. A pilótát itt a hirtelen nyomásváltozás okozta azonnal teendőkre képezik ki (azonnali erőteljes levegő kipurítás a tüdő túlfeszülés megelőzésére).

A térbeli dezorientáció témájában korábban önálló STANAG-et dolgoztak ki, majd inkább önálló függelékként a STANAG 3114-be emelték be az angolszász országok külön katonai együttműködési szervezetének (ASCC, *Air Standardization Coordinating Committee: Légügyi Standardizációt Koordináló Bizottság*) dokumentumát.

Ez a lehetőségekhez képest széleskörű elméleti előadásokat javasol a leggyakoribb, térbeli dezorientációt, a tájékozódó képesség elvesztését okozó illúziók élettani alapjainak megismertetésére, melyet több, zárt rendszerű, külső tájékozódási pont nélküli forgó és mozgó platformon kiszámíthatatlanul imbolygó GYRO laboratóriumban végrehajtott gyakorlati demonstráció zár. A legújabb, AMST vagy ETC cég által fejlesztett Gyro modulok akár tíznél több szomatogyrás (alapvetően a forgás miatt fellépő) és szomatoszenzoros (alapvetően a mozgás és az érzékszervi érzékelés ellentmondása miatt jelentkező) illúzió és vizuális/optikai érzéksalódás szimulálására képesek, repülési feladat orientált környezetben. Így módon a pilóták megtanulhatják és rögzíthetik, hogy érzékszerveik helyett hogyan támaszkodjanak a műszerek kijelzéseire, természetesen azok rendszeres keresztbe ellenőrzése mellett.

Az egyezmény szellemében, tartalmában elfogadható, véleményem szerint ratifikálható. Fenntartással kell élnünk a rapid dekompressziós tréning végrehajtásával kapcsolatban. Egyelőre technikai korlátok miatt ezt nem végezzük. A hypoxiás tréning során 2004. január 01-től a Magyar Légierő is a 25000 láb (7600 méteres) szimulált magasságot alkalmazza, demonstráció jelleggel a vadászpilóták és a szállító repülőgépek teljes személyi állományánál, miközben a korábbi 5500 méteres vizsgálati magasságot is megtartjuk a szubszónikus és helikopteres hajózóállomány minősítő vizsgálatoként. A korábbi 10 000 méteres dekompressziós vizsgálatot (az élettani indikáció elavulása) és az explozív dekompresszió vizsgálatát (alapvetően technikai okok miatt) jelenleg nem végezzük. **(12. ábra)**



12. ábra: Barokamrai felszállás típusok a hypoxia tűrőképesség és a barofukció (korábban a dekompreszió tűrőképesség) megítélésére

A hajózó állomány elméleti oktatása az éves repülőalkalmassági vizsgálat (ROB) keretében végrehajtható, a szükséges technikai háttér biztosítható. Fontosnak tartom az elméleti előkészítő előadás és a felszállás után a pilótákkal történő egyénre lebontott, individuális elemzést, hogy jobban tudatosuljon a mentális deficit, és kellő önbizalommal értékeljék limitált teljesítményüket (például kártya felismerés és összeadás, labirintus feladat megoldása stb.) Ilyen hypoxia-tudatos kiképzést a katonai és polgári repülésben egyaránt fontosnak tartanak, pszichomotoros feladatok értékelésével.¹⁰⁷

¹⁰⁷ Stepanek, J., Buck, C., Holets, S.: Hypoxia awareness training: past, present and future developments. Mayo Clinic Rochester, MN. Aviat. Space Environ Med 2004., 75., B56 AsMA Meeting Abstracts

A térbeli dezorientáció kapcsán a kiképzés hazánkban még nem megoldott, bár átmenetileg az ETC cég rövid időre rendelkezésre bocsátott egy forgó GYRO laboratóriumot, és kísérleti jelleggel több illúzió demonstrálására volt módunk kutatási célból. Ennek rendszeresítésére, a dezorientációs tréning rendszeres végrehajtására pénzügyi okok miatt nem került sor, noha ennek a repülésbiztonság szempontjából óriási jelentősége lenne, tekintve a térbeli tájékozódóképesség elvesztésére visszavezethető balesetek arányát. Különösen a megközelítés-leszállás fázisában jelentkező illúziók kivédésének gyakorlása lenne fontos. Miközben a megközelítés és leszállás a repülési idő alig 4 %-át teszi ki, a balesetek 52 %-a ekkor következik be, 55 %-uk a légi személyzet hibája miatt, egyik vezető okként a kontrollált Földnek repülés esetével.¹⁰⁸

STANAG 3474 Átmeneti repülési korlátozások külső tényezők miatt

Az ideiglenes repülési letiltások, átmeneti földi szolgálatok egyes eseteit elemzi. Foglalkozik a gyógyszereszedéssel, oltásokkal, véradással, dekompressziós vizsgálat ill. bűvármerülés, extrém sportterhelés utáni alkalmassággal: ezek általában 24–48 órás letiltást, földi szolgálatot jelentenek.

A STANAG ratifikálható és végrehajtható. Méltányos és orvosilag indokolt IDAN (ideiglenesen alkalmatlan) minősítéseket fogalmaz meg, melyeket a saját szabályzatunk szerint (korábban Eü. 1. „Szakszolgálati utasítás a repülések egészségügyi biztosítására”, jelenleg pedig az intézet szakmai-módszertani útmutatója alapján) szinte azonos időtartamban eddig is alkalmaztunk.

STANAG 3526 NATO repülőszemélyzetek repülőorvosi kategóriái, egyenértékűségük-felcserélhetőségük biztosítására.

A STANAG részletezi a repülőszemélyzet kategóriáit, minősítési elveiket, NATO országok között az orvosi adatok közlésének feltételeit. Az Egyezmény előírja, hogy 30 nap után a fogadó nemzet felelőssége az egészségügyi biztosítás és minősítés akut betegség esetén. Ha komolyabb, elhúzódó betegség áll fenn, az anyanemzet repülőorvosa rendelkezhet a kivizsgálás menetéről. Ismert, kivizsgált, anyaországban minősített, esetleg gyógyszeresen kezelt egészségi állapotot el kell fogadni. Az AWACS gépek személyzetére vonatkozóan az

¹⁰⁸ Gibb, R.W., Visual spatial disorientation: revisiting the black hole illusion. Aviat Space Environ Med 2007., 78., p. 801-808. in Boeing Statistical summary of commercial jet airplane accidents <http://www.boeing.com/news/techissues/pdf1.statsum.pdf>

Egyezményt szintén alkalmazni kell, bár itt a befogadó nemzet (host nation) fogalma nem értelmezhető.

A személyiségi jogok figyelembe vételével a magyar hajózó állomány orvosi adatai társországok orvoskollégái számára átadhatók, ahogy az már gyakorlat is a Kanadában az NFTC programban repülő pilóták esetében és gyakorlatilag hasonló elvek szerint a Gripen programban is működik. A Magyar Honvédség dr Radó György Honvéd Egészségügyi Központ Kecskeméti Repülőorvosi-, Egészségvizsgáló és Kutató Intézete által kiadott orvosi bizonyítványok hitelesek, a fogadó nemzet repülőorvosai elfogadják. Az egyezmény ratifikálható és végrehajtható.

STANAG 3527 Hajózóállományra vonatkozó repülési idők és pihenési rezsimek

Maximálja az egyes egy-, illetve többszemélyes, túlnyomásos, vagy nem hermetizált kabinnal rendelkező géptípusokon a havonta, negyedévente, évente repülhető óraszámot. Figyelembe kell venni a tényleges kiképzési repülések mellett egyre nagyobb arányban megvalósuló szimulátor képzéseket (30 % full mission simulator, azaz teljes bevetésnek megfelelő), melyeket sok ország egy az egyben átszámít repült kiképzési időtartamként. Természetesen csak felső határt állapít meg, amitől a jelenlegi gazdasági lehetőségeket figyelembe véve messze vagyunk, pilótáink távolról sem merítik ki a repülőorvosi szempontból megengedhető időkeretet. Ugyanakkor távlatilag (az Egyezményre javasolt új megnevezésből, a „Kifáradás menedzselése” címből kiindulva), az operatív érdekből alkalmazott pszichostimuláns, fáradtság elleni gyógyszerek alkalmazási protokollja is belekerülhet, ami már etikai aggályokat is felvethet az egyes nemzetek részéről.

Kétségtelen, hogy a nagyszámú bevetés okozta fizikai terhelés, igénybevétel elviselésére a pilótát már békeidőben fel kell készíteni¹⁰⁹. Hosszú idejű bevetések során a teljesítőképesség fenntartása céljából az amerikaiak intenzíven kutatják az ébrenlét-alvási ciklust befolyásoló (altató, illetve élnkítő) hatóanyagok alkalmazását.¹¹⁰ Míg korábban amfetamin jellegű pszichostimulánsok harctéri körülmények közötti tesztelése folyt, jelenleg a WG 26 Munkacsoporttal közösen a Modafinil, a központi idegrendszerben több támadásponttal az ébrenléti szintet emelő hatóanyag tesztelése folyik: önkéntes jelentkezőkön több, mint 60

¹⁰⁹ Magill százados amerikai F-15C pilóta az 1. Öböl háborúban 7 hónap alatt 50 harci bevetésen 400 órát repült. Varga, F.: A Légiharc változása az I. világháborútól napjainkig. PhD értekezés Bp., 2001., p. 42

¹¹⁰ Paul, M.A., Gray, G., MacLellan, M., Pigeau, R.A.: Sleep-Inducing Pharmaceuticals: a comparison of Melatonin, Zaleplon, Zopiclone, and Temazepam. Aviat Space Environ Med 2004. 75. p. 512-518.

óras, hatékony pszichés tempót és cselekvőképességet lehetett vele fenntartani, mellékhatás nélkül.¹¹¹

Ez az egyezmény ratifikálható, végrehajtható. MH HEK illetékességi körébe tartozó Egyezmény, így MH Egészségügyi Főnöki intézkedés formájában adható ki, illetve a módosított Szolgálati szakutasításba beépítendő.

STANAG 7147 Éjjellátó berendezés alkalmazására történő kiképzés repülőorvosi szempontjai
Repülőfedélzeti éjjellátó berendezés rendszerbe állításáról egyelőre nincs tudomásom. Néhány alegységnél kipróbálás folyik, a Légi Kutató Mentő helikopter fedélzetén kézi eszközként használják, Oroszországban 3 fős helikopter személyzet tanfolyamon vesz részt. A tanulmánytervezet a látásélettannal kapcsolatos speciális ismereteket összegzi, ezek elméleti előadások formájában intézetünkben is biztosíthatók. Ugyanakkor a gyakorlati szemléltetés nélkülözhetetlen lenne, az első fejezetben ismertetett, jelentősen megváltozott vizuális funkciók tudatosítása céljából, minimum terepasztalon. (Bár van olyan ország, ahol aktív repült óraszámhoz kötik a képesítést.) Ez eszköz hiányában jelenleg nem megoldható. Az Egyezmény így csak ratifikálható, de nem végrehajtható.

B. Hypobárikus hypoxiával szembeni technikai védelem

STANAG 3198 Repülőgép fedélzeti oxigénkészülékkel és túlnyomásos ruhával szemben támasztott funkcionális követelmények

A magasság függvényében szükséges oxigén adagolás karakterisztikáját részletezi. Mivel az oxigénszükségletet a magasság függvényében leíró élettani alapok a repült géptípustól függetlenül ugyanazok, így a MiG 29-es esetében elvárt és megszokott működési rezsimek itt is azonosíthatók.

Először következik a magassági levegő-oxigén keverék adagolási mód (airmix) 3 és 8000 méter között, tiszta oxigén rezsime (100 % oxigén) 8-12000 méter között. A túlnyomásos oxigén igény 12000 méter kabinmagasság fölött ugyanúgy értelmezhető bármely nyugati géptípus esetében is. Újdonságot legfeljebb a fedélzeti oxigén generátor, mint oxigén forrás kiválasztása jelenthet. Ez a Gripen fedélzetén opcionálisan választható. Erről korábban külön Egyezmény szólt (*STANAG 3865 Oxigén-rendszerek molekuláris szűrőivel szemben támasztott élettani követelmények*), de ezt megszüntették.

¹¹¹ Pierard,C., Lallement, G.: Modafinil: A Molecule of Military Interest. In RTO Technical Report 14, Medication for Military Aircrew. RTO-TR-014 AC/323 (HFM-014)TP/14

Technikai jellegű STANAG, amelyet a rendszerben lévő vadászrepülőgép oxigénkészüléke, illetve a túlnyomásos ruha teljesít.

STANAG 7056 Magassági EJE ugrások kapcsán szükséges élettani védelem funkcionális követelményei

A nagy magasságból (12000 láb fölött) történő ugrások során a gépen felhasználható oxigén/légzőrendszerekkel szemben támasztott követelmények (oxigén áramlás intenzitásának, kapacitásának) részletezése, magasság függvényében a hypoxia, dekompRESSZIÓS ártalom rizikójának felmérése tartozik ide.

Az egyezmény repülésélettani szempontból korrekt követelményeket támaszt, a hazánkban rendszeresített ejtőernyős felszerelés oxigénrendszerének kompatibilitása, technikai paraméterei, illetve a jövőbeli lehetőségek viszont nem ismertek számunkra. Jelenleg a szolnoki gyorsreagálású, NATO felajánlású ejtőernyős alakulatnál megkezdték a HAHO (nagy magasságú ugrás és nyitás), és HALO (nagy magasságú ugrás, alacsony nyitással) ugrások kivitelezését, francia és német ugrópalackkal, de ennek specifikációja nem ismert.

Fentiek miatt ratifikálás javasolható, a hazai technikai jellemzők ismeretében esetleges fenntartásokkal végrehajtható.

STANAG 7078 Helikopter vízalatti vészhelyzeti légzőkészülék (HEUBA) használata

A helikopter baleset során víz alatt beszoruló személyzet lélegeztetésére alkalmas légzőkészülék túlnyomásos gázkeveréket alkalmaz (45-120 l/min áramlási sebességgel), melynek használatát a személyzetnek próba medencében be kell gyakorolnia a menekülési tréning kapcsán, mivel a légzés visszatartás már 1 méteres mélységből felmerülés során is légembóliát, halált okozhat.

Erősen technikai és létesítmény függő Egyezmény: kényszerleszállás során a vízbe csapódó és átforduló helikopterekből való menekülés gyakorlása célszerű lenne a térbeli dezorientáció kivédése és a légzőkészülék használatának gyakorlása miatt. Erre medencében, speciális „dunken” (helikopter model) segítségével van lehetőség (például Nagy-Britanniában). Jelenleg nálunk a helikopter pilóták víz fölötti vészhelyzeti kiképzése nem megoldott, holott NATO misszióban résztvevők esetében szükség lehet rá. (A vízreérkezést a Tisza-tónál, illetve a Szolnoki Légibázison medencében az egyéni védőfelszerelés használatát, a mentőmellény alkalmazását már gyakorolják.)

A Gripen program keretében a külön túlélési gyakorlat, valamint a klimatikus kamra és medence gyakorlat a jövőben ezt részben pótolhatja. A kiutazó állománynál eddig ez megtörtént, Svédország déli partjainál illetve a Linköpingi Repülőorvosi Részlegben. A dezorientációs modell gyakorlat (menekülés az átfordult helikopterből a víz alatt illetve a víz alatti légzőkészülék használata) azonban ebben nem szerepelt. Ratifikáció javasolt az Egyezmény hasznosságának elismeréseként, de végrehajtás még nem vállalható.

STANAG 3981 Vízbeérkezés során alkalmazott védőfelszereléssel szemben támasztott minimális élettani követelmények

Ez már nem hypoxiás, hanem katapultálás/gépelhagyás után, vízbeérkezés kapcsán felmerülő hypotermiás kihűléses ártalom elleni védelemre, a szigetelő gumiruhára vonatkozik. Immerziós ruha korábban a magyar légierőnél nem volt rendszeresítve. A Gripenhez opcionálisan megrendelték, illetve NATO gyakorlaton pilóták korábban már alkalmaztak német szigetelőruhát, tenger fölötti gyakorlás során. Az Egyezmény a pilótaruha szigetelőképességét és a túlélési időt rögzíti a tengervíz hőmérsékleti görbéjének függvényében, ami nyilván a kutatás-mentés racionális időkeretét definiálja. Ratifikálható (az élettani követelmények reálisak), a beérkezés és a védőruha rendszerbe állításának függvényében végrehajtható.

C. Túlterheléssel szembeni kiképzés és technikai háttér biztosítás

STANAG 3827 Tartós G túlterhelési tréning kapcsán megvalósítandó minimális feltételek

Tagadhatatlan, hogy a centrifuga edzések bevezetése a G—LOC (akár halálos kimenetű) arányát jelentősen csökkenti, szükség van rá. Az USAF adatai szerint 1/3-ára csökkent az előfordulás, jelenleg 1,6 G-LOC eset jut 1 millió bevetésre.¹¹² Az egyezmény a centrifuga-kiképzés követelményeivel foglalkozik, + 7 Gz-t 15 sec-ig meghaladó, 1 G/ sec-nál nagyobb sebességgel fellépő G gyorsulási környezetben. Meghatározza az egészségügyi személyzet feladatait: ezek a minősítés elvei, a G-LOC ismertetése, familiarizálás, azaz a tünetekkel történő minél alaposabb és szemléltetőbb megismerkedés a demonstráció során. Ismerteti a technikai minimális feltételeket, de tág teret enged a nemzeti saját minősítési rendszereknek, eljárásoknak.

¹¹² Lyons, T., Davenport, C., Copley, B., Binder, H.: Preventing G-induced loss of consciousness: 20 years of operational experience. Aviat Space Environ Med 2004., 75., p. 150-153.

Jelenleg az NFTC program keretében Kanadában a magyar pilóták centrifuga tréningen is részt vennének, de a berendezés technikai hibája miatt ez halasztódik. A Gripen program keretében végrehajtott DSF (Dinamikus Repülési Szimulátor) centrifuga edzés és minősítés saját tapasztalataink és a szövetséges országokból származó információk alapján is teljesen megfelel a NATO standardizációs elvárásainak, sőt annál szigorúbb: 15 másodpercig 9 Gz fej-far irányú túlterhelést kell kibírnia a jelöltnek. A Lengyelországban tervezett és egyedi esetekben már igénybe vett több profilú centrifuga edzés is alkalmas a G tűrőképesség adekvát fokozására, jó technikai és orvosi háttér biztosításával.¹¹³

Centrifuga tréningre vonatkozóan a vezető nemzetek többsége 7 Gz fölötti (hossztengelymenti, fej-láb irányú) terhelések kapcsán a rendszeres edzést és a minél valóságosabb (esetleg feladat végrehajtással egybekötött) szimulációt tartja fontosnak. A németek például a Eurofighter kapcsán az első 4 év alatt 3-5 alkalommal minősítik az EFA pilótákat, illetve átképzésre jelöltek. A Repülőorvosi Panel állásfoglalása szerint a folytatólagos, vagy ismétlődő centrifuga kiképzés kívánatos, de nem kötelező, ha valaki folyamatos, előrehaladó repülő kiképzést folytat.

Az amerikai álláspont kissé eltér az európai nemzetek többségétől, mely 2002-ben vitában csúcsosodott ki a Munkacsoport ülésén. Nemzeti prezentációjában az amerikai fél hangsúlyozta a szimulált légi harc manőver (SACM: simulated air combat manoeuvre) végrehajtásának fontosságát, az 1990-es években elsősorban a légierő kiképző gépein előforduló gyakori G-LOC esemény miatt.¹¹⁴

Mitchell és Deaton felmérése szerint a többi repült típushoz képest szokatlan mértékben halmozódtak a túlterhelés miatti eszméletvesztések a légierő T-37-es kiképző repülőgépein (220 eset a légierőnél, csak 46 eset a haditengerészetnél.) Megfelelő centrifuga edzések bevezetésével illetve a T-6 Texane II kiképző gép alkalmazásával, az anti G feszítési manőver szisztematikusabb gyakoroltatásával a G-LOC jellegű incidensek előfordulása jelentősen csökkenthető volt.

Realisztikusabb centrifuga kiképzésnek tekintik az időben változó nagyságú, 4-7 G között hirtelen megugró túlterheléseket, esetleg a centrifuga kar két végén lévő gondolában helyet foglaló pilóták „versenyeztetésével”, mivel az ambíció és versenyszellem további fokozott energia kifejtésre és koncentrálásra készíteti a pilótákat.

¹¹³ Saját tapasztalat, 2005. márciusban a kanadai repülő kiképzésen részt vevő magyar pilóta jelölt a pilótakabinban eszméletét veszítette, kivizsgálása, a gyorsulás-túlterhelés oki szerepének tisztázása a Varsói Repülőorvosi Intézet centrifuga létesítményében történt meg.

¹¹⁴ NATO Repülőorvosi Munkacsoport 2002. ülése, Brüsszel.

A G-LOC kapcsán fellépő eszméletvesztés amerikai vélemény szerint hasznos lehet, ismételt átélése lerövidítheti a teljes emlékezet kiesés periódusát, a pilóta hamarabb magához tér az álomszerű állapotból, ha ismételten van kitéve neki. Ezt az elvet korábban James Whinnery tábornok (pilóta és orvos) ismertette először¹¹⁵, de az európai NATO tagországok nem fogadták el ezt az álláspontot: a jelenleg érvényben levő szabvány a centrifuga edzés hatékonyságára minimum 7 G fej-far irányú túlterhelés 15 másodpercig, anti G ruha nélkül és AGSM feszítési manőver alkalmazásával, de nem elvárt a teljes eszméletvesztés!

Az öntudat és az izomtónus csökkenésével a pilóta elengedi a kezébe tartott botkormányt, vagy a lábpedált és a centrifuga azonnal lelassul, leáll. Így tartós agyi vérátáramlási hiány, vagyis teljes stop nem alakulhat ki, a tartós idegrendszeri tünetek kizárhatóak. Ugyanakkor az eszméletvesztés kezdeti fázisában jelentkező izomrángások és tónusos izomösszehúzódnások (epilepszia jelleggel) nagyon mély benyomást tesznek a pilótára utólag, a video felvétel visszanezésekor. Ezt párosítva emlékképeivel (akár álom jellegű epizódokkal) rögzítheti magában a kezdeti figyelmeztető jeleket és legközelebb már időben, aktívan elkezdheti az intenzív feszítési manővert.

A Gripen program keretében átképzésre kerülő pilóták esetében két megoldás adódott: az egyik a Svéd Légierő által is alkalmazott centrifuga kiképzés, melyre Linköpingben, a DSF Dinamikus Repülési Szimulátorában kerül sor. Elméleti előadások után a nyugalmi G-tűrőképességet határozzák meg, majd lassú „felpörgetés” (GOR: 0,1 G/sec gyorsulás növekedés) kapcsán edzések következnek, a maximális túlterhelés fokozatos emelésével és a kompenzáló AGSM feszítési manőver mind tökéletesebb elsajátításával.

A végcél az, hogy a Gripen jelölt a 9 G-s túlterhelést 15 másodpercig bírja ki eszméletvesztés nélkül, gyors felpörgetéssel (ROR: 5 G/sec) is, anti-G ruhában. Ez több, mint ami a NATO szabványban minimumként szerepel! A centrifuga futam minősítő jellegű, és a lépcsőzetes, fokozatos kiképzésnek köszönhetően eddig minden magyar pilóta teljesíteni tudta. **(13. ábra)**

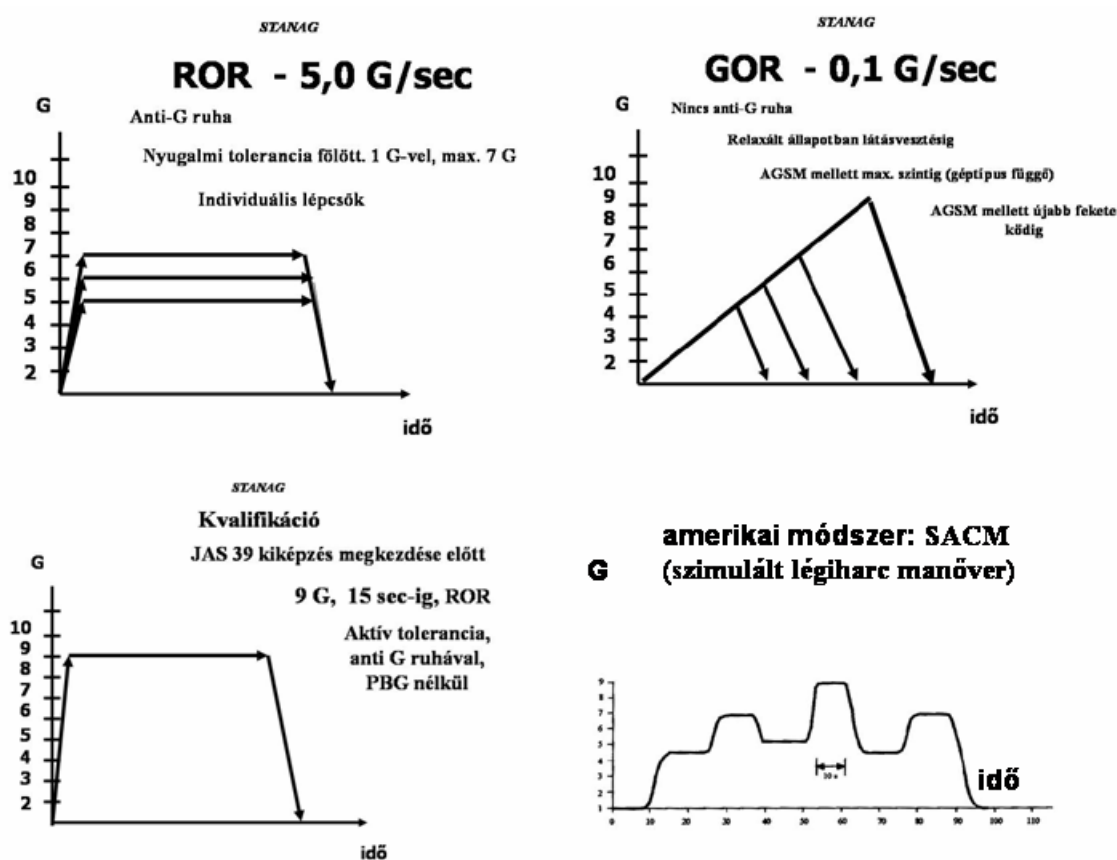
Ugyancsak számottevő eredmény és Intézetünk akkreditációját jelzi, hogy a Svéd Repülőorvosi Központ a centrifuga kiképzés előtt teljes egészében elfogadja a magyar éves repülőorvosi alkalmassági (ROB) minősítést, az időszakosan amúgyis elvégzett szívultrahang friss eredményével kiegészítve.

Másik megoldás lenne a Varsói Repülőorvosi Intézet centrifuga létesítményének bérlése az időszakosan előírt tréningek végrehajtására: a lengyel PZL gyár (az amerikai ETC

¹¹⁵ Pászti, Zs.: USAFSAM Amerikai Légierő Repülőorvosi Haladó Tanfolyam, AFB Brooks, Texas, 1998.

céggel közösen) nagyteljesítményű, három szabadsági fokú gondola és centrifuga megépítésére képes, ahol a magyar pilóták egy csoportja szerzett kedvező személyes tapasztalatokat a minősítő svédországi kiképzés előtt. Véleményem szerint a pénzügyi lehetőségek függvényében ezt az alternatívát is érdemes fontolóra venni az időszakos centrifuga tréningek helyszínéeként.

Érdekes, hogy az egyezmény még nem tárgyalja a gyorsulás ellen védő ruha és túlnyomásos légzés együttes alkalmazását, vagy annak minősítését, pedig ez a COMBAT EDGE¹¹⁶ rendszer (kb. kombinált továbbfejlesztett G ruhaegyüttes) 7-9 Gz túlterhelés közötti tartós munkavégzést is lehetővé tesz, a folyamatos izomfeszítés kényszere nélkül.



13. ábra

Lassú (GOR) és gyors (ROR) ütemű túlterhelés a svéd GRIPEN programban, valamint a szimulált légharc profilja.

¹¹⁶ Zhang, L: Cognitive performance and physiological changes in females at high G while protected with COMBAT EDGE and ATAGS. Aviat Space Environ Med 1999., 70., p. 857-862.

STANAG 3200 G túlterheléssel szemben védő rendszerek minimum követelményei

Az anti-G ruha és szelep fizikai paramétereit tárgyalja, valamint a minimális követelményeket rögzíti. Az I. fejezetben említett módon és nyomási karakterisztikával van szükség a ruhatömlő felfújására 2-3 másodperc alatt, hogy a vér áthelyeződését az alsó testfél felé akadályozzuk. Ezt a követelményt a Gripen magassági és anti-G ruhája a teljes gyorsulási tartományban biztosítja: az egytömlős rendszerű anti-G nadrág 2-9 G között fúj fel, próbababán 20 kPa teszt nyomásig, éles helyzetben azonban 72 kPa-ig (100 kPa = 1 atm = 760 Hgmm).

A korábbi vizsgálati protokollban a barokamrában szerepelt a MiG 21-es magassági ruha és sisak ellenőrzése. A hermetikus sisak és magassági védőruha együttes tesztelését külső oxigénkészüléken és a barokamrában hajtottuk végre 12 000 méteres vizsgálat során, amikor a ruha felfújását ellenőriztük. A MiG 29-es magassági védőfelszerelés esetében már csak a ruha nyomásállóságát ellenőrizzük évente.

Változás, hogy a Gripen magassági védőruháját és a túlterhelés ellen védő nadrágot a Magyar Honvédség Szentgyörgyi Dezső Repülőbázis területén telepített laboratóriumban, külön teszter gépen ellenőrzi a Svédországban erre kiképzett állomány minden repülési napon, és csak kellő nyomásállóság esetén engedik a pilótát a gépbe beülni (tesztnyomás 15,2 kPa a beöltözött pilótán, miközben a maszkra 55 Hgmm pozitív túlnyomás adható a megfelelő illesztéshez és a szivárgás kizárására).

Németország alternatív véleménye szerint a folyadékkal töltött anti-G ruha is élettanilag kellő védelmet nyújthat (ugyanaz a hidrosztatikai gradiens felépül a ruha belsejében, mint a szervezetben és kívülről kellő ellennyomást ad minden testrésze). A hőkomfort biztosítása szempontjából talán még előnyösebb is lehet, bár nehezebb benne mozogni. Jelenleg is tartott álláspontjuk szerint ezért a folyadékkal töltött „LIBELLE” védőruha műszaki jellemzőit szintén meg kellene határozni. (Bár éppen svéd kísérletek bizonyították, hogy a centrifuga vizsgálat alatti pulzus reakció a folyadékkal telt anti-G ruhában kedvezőtlenebb volt, mint az oxigénes túlnyomásos nadrág esetében, vagyis az utóbbi kevésbé terheli a szív-érrendszert).¹¹⁷

Az Egyezmény véleményem szerint ratifikálható. A rendszerbe kerülő Gripen vadászrepülőgép típus kompatibilis a követelményekkel, hiszen a gyártó konzorcium egyik

¹¹⁷ Eiken, O., Kölegoård, R., Lindborg, B., Aldman, M., Karlmar, K.E., Linder, J.: A new hydrostatic Anti-G suit vs. a pneumatic Anti-G system: Preliminary comparison Aviat Space Environ Med 2002., 73., p. 703-708.

tagja a BAe (British Aerospace), amely az EFA 2000 Eurofighter (közös európai harci gép) egyik gyártója is.

D. Baleset kivizsgálás

STANAG 3318 Repülőgép balesetek kivizsgálásának repülőorvosi szempontjai:

A NATO országok kompatibilitásának egyik speciális vetülete, hogy a többnemzetiségű erők alkalmazása során bekövetkező légibaleseteket, katasztrófákat egységes elvek szerint vizsgálják és kezelik. Az Egyezmény Függelékben rögzíti a Vizsgáló Bizottság felelős repülőorvos tagja által elvégzendő munkát (kérdőív kitöltése a repülés körülményeire, a sérülések természetére vonatkozóan, post mortem vizsgálatok kiterjedése), mely részben átfedést mutat a kivizsgáló bizottság egészének, vagyis más tagok munkájának lépéseivel. Az egységesítés a hangsúlybeli különbségek miatt nehézkes. Az AMDP ülésen az USA javasolta, hogy minden nemzeti eljárás legyen a Függelékben felsorolva.

Szóbeli diskusszió során derült ki például, hogy túlélő katapultált pilóta esetén az azonnali mentés utáni részletes kivizsgálás algoritmusai nem egységesek. Katapultálás során a háti 10. és az ágyéki 2. csigolya között a legnagyobb a kompresszió és a hyperreflexió (összenyomatás és túlfeszülés) okozta sérülés veszélye. A MiG-21 típusú vadászrepülő gépeken emiatt még többször fordult elő csigolyasérülés, amely nem biztos, hogy azonnal jó látható radiológiai eltérést eredményezett a gerinc röntgen felvételén. Az esetek egy részében csak később, a csontszerkezet izotópos vizsgálatata, a csont scintigraphia felvételén észlelhető felritkulás hívta fel a figyelmet a bekövetkezett traumára.¹¹⁸ Ami nálunk természetes, hogy a gerinc összenyomatásos csigolya törései időbeli észlelésére csontscintigraphiát és MR vizsgálatot végzünk, az például Belgiumban nem volt magától értetődő eddig.

Nálunk már korábban kidolgozásra és bevezetésre került az 1995. évi XCVII Légi közlekedésről szóló törvény, illetve végrehajtási utasítása a 141/95-ös Kormányrendelet, mely az ICAO (Nemzetközi Polgári Légiközlekedési Szervezet) 13. Függelék ajánlása alapján a független szakmai kivizsgálás lefolytatásáról intézkedik (a törvény 64. és 65. paragrafusai). Ennek alapján korábban elfogadtuk az Egységes Védelmi Előírás korábbi kiadását (12/2002 HVKFKH utasítás, Honvédségi Közlöny 27/2002). A Katonai Légügyi Hivatal vonatkozó belső intézkedései, a katonai kivizsgálás specificitásai (például az életmentő felszerelés megfelelő

¹¹⁸ Sztanojev, Gy., Szombati, Gy., Szigeti, J., Manyák, E.: Katapultált pilóták gerincsérülései és rehabilitációjuk. Honvédorvos: 1997. (49) 1. szám. p. 18-31.

működésének és a vészelhagyás szekvenciájának ellenőrzése) ezt a területet a gyakorlatban jól lefedték.

Az azóta bekövetkezett jogszabályi változások, főleg a 2005. évi CLXXXIV törvény „A légi, vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb közlekedési események szakmai vizsgálatáról” és az erre vonatkozó Gazdasági és Közlekedési Minisztérium 123/2005. végrehajtási utasítás „A légiközlekedési balesetek, repülőesemények és a légiközlekedési rendellenességek szakmai vizsgálatának szabályairól” (Magyar Közlöny 2005. dec. 29), valamint az ennek nyomán létrejövő szervezeti változások (Közlekedés Biztonsági Szervezet felállása és a Nemzeti Közlekedési Hatóság létrehozása a Katonai Légügyi Hivatal „beolvasztásával”) módosították az üzembentartó és a Hatóság feladatait baleset esetén. A gyakorlatban a balesetkivizsgálás rendszere jól működik. (Szerintem ez részben a rendszerben maradt volt katonai szakértők áldozatos munkájának is köszönhető, akik a honvédség számára speciális szempontokat, így a repülőorvos bizottsági tag feladatait is a kivizsgálás során érvényesítik. Bár önálló repülőorvosi jegyzőkönyv nem készül, az Egységes Védelmi Előírás elvei, a repülőorvosi vélemény a bizottsági dokumentációban megfelelően reprezentált.)

Az Egyezmény új Kiadása így legfeljebb kommentár szintű nézetkülönbségekkel ratifikálható és végrehajtható lesz.

E. CBRN (Atom-, biológiai és vegyifegyver) valamint lézer elleni védelem)

Míg korábban a kétpólusú világ és a hidegháború időszakában a pilóták tömegpusztító fegyverek elleni védelme miatt az erre vonatkozó szabványosítási törekvések egyfajta burjánzást mutattak, jelenleg az ilyen Egyezmények gondozóinál (STANAG gazdák) inkább a kompetencia vesztés és a feladattól szabadulás figyelhető meg. Bár ezeket az Előírásokat is ellátták a terrorizmus ellenes záradékkal, vagyis ilyen irányú fenyegetettség esetén revíziójuk indokolt lehet. Jelenleg inkább az általános – az élőerő védelmének elsődlegességét hangsúlyozó – megközelítés miatt fontos ezeknek (és új fenyegetésként a lézer okozta ártalmaknak) az ismerete és lehetőség szerint az egységesítés előbbre vitele, bár erősen technikafüggő egyezmények.

STANAG 3497 Hajózó állomány repülőorvosi kiképzése ABC elleni védelemre; felszerelés és eljárások

Az oktatás céljával egyetértünk, az elméleti előadások megtartására képesek vagyunk, de a konkrét technikai háttér hiányában a demonstráció és tréning nem kivitelezhető. Ratifikálás javasolható végrehajtás nélkül.

STANAG 3501 Hordozható szűrők-légcserélők teljesítménye ABC környezetben működő légzőkészülékek esetében

Konkrét technikai háttér és ismeret hiánya miatt legfeljebb ratifikálás javasolható végrehajtás nélkül. A Gripen beszerzés után egyelőre konkrét előrelépés nem lehetséges, amíg ilyen részegység, védőfelszerelés nem kerül rendszeresítésre.

STANAG 3830 Nukleáris robbanás-villanás okozta vakság elleni védelem

Technikai háttérfüggő egyezmény, amely a nagy fényerejű felvillanás ellen a szemet védő speciális sisakrostély paramétereit részletezi. A MiG 29-en jelenleg rendszerben lévő sisakszűrő erre nem alkalmas, a Gripennél sincs rendszeresítve. Elvileg ratifikálható, végrehajtás nélkül.

STANAG 3864 A légutak és a szem védelme NBC jellegű részecske-aerosol-gőz ellen; a védőfelszerelés által biztosított védelem mérése

Szintén a technikai háttértől erősen függő Egyezmény. A MiG 29 magassági védőfelszerelése erre a célra nem alkalmas, mérőműszer nincs rendszeresítve. A Gripen géptípusnál a kiegészítő felszerelés megrendelhető. Elvileg ratifikálható, végrehajtás nélkül.

STANAG 3943 ABV/NBC védőfelszereléssel szemben támasztott élettani követelmények repülés közben

Hazai géptípuson egyelőre nem szerepel, a Gripen beszerzés kapcsán az esetleges kiegészítők (respirátor, védőruha) megrendelhető. Tekintve az egységes tervezési és követelményrendszert az Eurofighter és Gripen között valószínű, hogy a védőfelszerelés NATO kompatibilis. Ezek alapján az egyezmény esetleg ratifikálható, de a végrehajtás egyelőre nem vállalható.

STANAG 3946 Ideggázok / gőzök szembe jutó maximális megengedhető dózisa a hajózállományra vonatkozóan.

Egyedi brit kísérleti elrendezésre alapozott, korábban titkos minősítésű Egyezmény. A megengedett koncentráció-szintek az angolszász fejlesztésű védőfelszerelésekre lettek kidolgozva, nálunk nem értelmezhetőek és nem is tesztelhetők. Elfogadva a kísérletileg megállapított dózislimeket, majd a konkrét géptípus, egyéni védőfelszerelés ismeretében kell

pontosítani azok védőképességére vonatkozó ismereteinket. Mivel a védőfelszerelés típusa, specifikációi még nem ismertek, egyelőre érdemi ratifikációs lépés nem vállalható.

STANAG 3828 Személyzet védelme lézeres célmegjelölő alkalmazása során felmerülő kockázattal szemben

A nagyteljesítményű lézeres célmegjelölő és egyéb lézerek bevezetése, különösen látásjavító berendezés alkalmazásával együtt jelentősen megnöveli a pilóta maradandó szemsérülésének kockázatát. A STANAG gondnok szerint nemcsak a szem védelmét, de a kiképzést, a rizikóbecslést, a bőr védelmét, és a nemzeti jogi szabályozást is tartalmaznia kell az Egyezménynek, összhangban más (részben más munkacsoportok által kezelt) STANAG-ekkel (2908 ill. 2900) és polgári szabályokkal. Polgári utasszállítók esetében amiatt volt szükség szabályozásra, mert a repülőterek leszállókörzetében működő nagyteljesítményű lézerek (akár diszkófények) a leszállás kritikus fázisában cselekvőképtelenné tehetik a pilótát.

A hazai technikai lehetőségek rendkívül korlátozottak, a hajózóállomány védőfelszerelésében jelenleg nem szerepel. Az egyezmény ratifikálható, az elméleti oktatás (a látásélettani alapokkal, a sérülés mechanizmusának és a teendőknek az ismertetésével megoldható a Repülőorvosi Intézetben, de a gyakorlati / technikai szükségletek bizonytalansága miatt csak fenntartásokkal hajtható végre (vagy egyelőre végrehajtás nélküli ratifikálás képzelhető el).

STANAG 7165 Lézer okozta szemkárosodás kivizsgálása és azonnali kezelése

A STANAG gondnok az ASCC (angolszász országok repülési koordináló szervezete) standardját emelte át egyben NATO Egyezményé. Mivel az ASCC külső standard, nem lehet módosítani, a nemzeti kommentárok, illetve fenntartások külön listán szerepelnek majd. A lézer okozta szemészeti kivizsgálás menetét részletezi, a klinikai elveknek megfelelően.

Az Egyezmény ratifikálható és végrehajtható, a Magyar Honvédség Repülő Főszakorvos és Főszemész szakmai direktíváit is beépítve.

F. Légi kiürítés, kutatás-mentés és előretolt egészségügyi alkalmazás *(csak felsorolás)*

STANAG 3204 Légi kiürítés repülőorvosi szempontjai

Definiálja a légi kiürítéssel-mentéssel (MEDEVAC) kapcsolatos fogalmakat, beosztásokat., tárgyalja a kiürítés szempontjából relatív kontraindikációt jelentő betegségeket, prioritásokat, a minimális egészségügyi felszerelést.

STANAG 3745 SAR és CSAR ((harci) Kutató-Mentő) gépek személyzetének egészségügyi kiképzése és felszerelési minimuma

Önálló helikopteres (harci) kutató-mentő szolgálatok egészségügyi kiképzését és felszerelését tárgyalja. A mellékletek tartalmazzák a felszerelési listákat, illetve a kiképzési témaköröket.

STANAG 7112 Egészségügyi felszerelés minimum követelményei repülőegészségügyi /repülőorvosi kiürítés során

A jövőben a tervek szerint NATO felajánlásban szereplő, légi kiürítésre berendezett AN 26-os szállító-repülőgép áll készenlétben. Addig a Légi Kutató Mentő Szolgálat számára berendezett helikopterek állnak rendelkezésre. Amennyiben a felszerelés kompatibilis, taktikai szinten (hadszíntéren belül) ezek a légijárművek felhasználhatók erre a célra.

STANAG MED 2087 Légi szállítás orvosi alkalmazása előretolt/előlfekvő területeken

A szárazföldi egészségügyi munkacsoporttól (MED) átvett egyezmény, amit az egészségügyi kiürítés repülőegészségügyi kompetenciája indokolt. Olyan előretolt egészségügyi osztályozó és felkészítő létesítményt vázol fel, amely a repülőtéren vagy felszálló hely mellett működik megfelelő kapacitással. Ennek működtetéséhez, a beteg/sérült felkészítéséhez repülőegészségügyi szakszemélyzet jelenléte is indokolt.

Előkészületben:

NATO Repülőorvosi gyógyszerelés

Az AMDP úgy döntött, hogy új Egyezmény megszövegezése felesleges. Norvégia, a 3474 Repülőorvosi Egyezmény („Átmeneti repülési korlátozások külső tényezők miatt”) gazdája hozzon létre egy Függelékét, amelyben a repülőszemélyzet számára adható azon gyógyszereket sorolja fel, melyek a repüléssel összeegyeztethetőek. Ez a lista még nem készült el.

UAV (Pilóta nélküli Repülőeszköz) operátor repülőorvosi minősítése

Korábbi panel ülésen a német képviselő előadást tartott az ember nélküli/távirányítással működtetett repülőeszközök operátoraival szemben támasztott egészségügyi követelményekről. A nemzeti képviselők többsége szerint a követelményszint a repülésirányítók egészségügyi alkalmassági vizsgálataihoz hasonló, bár néhány nemzet, illetve haderőnem pilóta képzettséget és egészségügyi minősítést követel meg. Ezen légijárművek irányításában, az esetleg velük bekövetkezett balesetekben a humán tényezőnek

igen nagy szerepe lehet. Az UAV gépek megsemmisülésének okaként 60 %-ban humán (szervezési ellenőrzési, operátori szintű) tényező azonosítható.¹¹⁹

Magyarországon ilyen repülőeszköz kipróbálása-rendszerbe állítása most folyik; főleg felderítési feladatokra. E repülőeszközöket valószínűleg pilóta fogja irányítani (más országok véleménye szerint olyan navigátor, vagy légiirányító, aki repülési tapasztalatokkal is rendelkezik), esetleg a fizikai teljesítmény követelmények limitálhatók.

Ez az a lépés, ahol alapfelvetésem, a haditechnikai fejlődés, a katonai szervezeti struktúra váltás, majd a műveleti eljárás változás klasszikus repülőorvosi aspektusa megszűnik, hiszen nincs a repülőfedélzeten élő ember. Ugyanakkor humán operátori teljesítmény, a távirányítás, vizuális teljesítmény és kognitív szellemi funkció megítélése szempontjából a repülőorvosnak még lehet kompetenciája ebben a kérdésben is. Ennek a problémának az aktualitása véleményem szerint 10-20 év múlva merül fel.

Összegzés

A hypoxia és a a túlterhelések elleni technikai védelemre és kiképzésre fókuszálva áttekintettem a NATO Repülőorvosi Panel hatályos egyezményeit. Megállapítható, hogy (elsősorban a vezető nagyhatalmak hagyományai alapján) a NATO az egységesítési folyamatban nagy hangsúlyt fektet a pilóták repülésélettani stresszorokkal szembeni kiképzésére. A kérdés nem csak az, hogy MIRE, de az is, hogy KIT képzünk ki. Ez utóbbira, vagyis a szelekciós folyamat egységesítésére nem látok törekvést (annak akár fizikai, akár pszichés követelmény rendszerének oldaláról nézve sem). Az Egyezmények a már kiképzett állomány ideiglenes letiltási okaira, pihentetésére, gyógyszerelésére vonatkoznak. Ugyanakkor a mi válogatási elveinket mind Kanada (NATO ország), mind Svédország (nem NATO ország, de a repült géptípusok gyakorlatilag NATO elvárásoknak megfelelőek, nemzetközi konzorcium gyártja őket) a gyakorlatban is elfogadta. Vagyis a minősítési elveink a gyakorlatban is kompatibilisak a nemzetközi NATO elvárásokkal.

Formai, jogi szempontból magyar részről általánosságban célszerű lenne legalább arra a szintre eljutni, hogy az adott Egyezményt (amennyiben annak tartalmával egyetértünk, formailag sem ütközik más érvényben lévő jogszabállyal, vagy technikailag nem

¹¹⁹ Tvaryanas, A.P., Thompson, W.T., Constable, S.H.: Human factors in remotely piloted aircraft operations. HFACS analysis of 221 mishaps over 10 years. Aviat Space Environ Med 2006., 77., p. 724-732.

kivitelezhetetlen) ratifikáljuk. Ehhez hozzátehetjük saját, nemzeti végrehajtásra vonatkozó dokumentumainkat, akár fenntartásokkal kiegészítve. Vagy kijelentjük, hogy egyelőre nem kívánjuk, illetve nem tudjuk végrehajtani, de elvi síkon egyetértünk vele. Így ekkor már nem akadályozzuk a NATO szintű egységesítést, hiszen egy tervezet csak akkor emelkedik Új Kiadás szintjére, ha a tagországoknak legalább a fele ratifikálja valamilyen formában. Ellenkező esetben a felettes bizottság a Ratifikációs Tervezetet visszaadja és új eljárási folyamat indul a Tanulmány Tervezet szintjéről.

Véleményem szerint a ratifikációs illetve végrehajtási dokumentum pedig az átszervezések után egységesen MH Egészségügyi Főnöki intézkedés legyen (amely természetesen hivatkozhat más utasításra, illetve egészében átemelhet más dokumentumokat, akár civil jogszabályokat, ahogy más országok jogrendje is ezt megengedi.) Erre talán a balesetkivizsgálás kapcsán a STANAG 3318 esetében megszületik az első pozitív példa, a Nemzeti Közlekedési Hatóság jogharmonizációs törekvéseként.

Tartalmi szempontból fő feladatunk a hajózók repülőorvosi kiképzésének rendszeres áttekintése, nagyobb hangsúly fektetése az elméleti oktatás mellett a gyakorlati oktatásra és a demonstrációk bővítésére. Már megvalósult a hypoxiás tréning 7600 - 8000 m-en, szükség van a térbeli dezorientációs tréning kidolgozására, és az éjjellátó berendezés rendszeresítése esetén a dezorientációs tréning részeként speciális terepasztal oktatásra is. A centrifuga tréning lehetőségének megteremtése más országban (a Gripen átképzés időszakában Svédországban, később esetleg Lengyelországban) jön szóba, esetleg már a szelekciós szakaszban. Az erősen technika/létesítményfüggő STANAG-ek (centrifuga, térbeli dezorientáció, vízalatti légzőkészülék, NVG éjjellátó berendezés) esetében a NATO-n belüli kooperáció keresése lehet a megoldás, a ratifikálás addig pusztán elméleti elkötelezettséget jelent, tényleges végrehajtás nélkül. A Gripen program keretében a repülőműszaki szakemberekkel és az Összhaderőnemi Parancsnokság pilóta, mérnök-műszaki és egészségügyi szakembereivel rendszeres információ cserére van szükség, a beszerzendő eszközök (fedélzeti oxigénkészülék, pilóta védőfelszerelés, CBRN elleni esetleges védelem, NVG) NATO kompatibilitásának megítéléséhez.

3. A SZÍV-ÉRRENDSZERI ADAPTÁCIÓ VIZSGÁLATA KOMPLEX REPÜLÉSI STRESSZ KÖRNYEZETBEN.

3.1. A hagyományos funkcionális diagnosztikai vizsgálatok rendszere és tapasztalatainak elemzése.

A Kecskeméti Repülőkórház (jelenleg a szervezeti átalakulások után MH Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ Repülőorvosi-, Egészségvizsgáló és Kutatóintézet) Kutatóosztályán és Magasságélettani, Funcionális Diagnosztikai Osztályán komplex metodikát dolgoztunk ki a repülő-hajózó állomány vizsgálatára repülési stressz szituációkban, szimulált körülmények között. Mértük a pilóták oxigénhiány tűrő képességét a barokamrai vizsgálat során, billenőasztal teszt során az ortosztatikus kollapszus (ájulás) hajlam és közvetve a gyorsulástűrő képesség objektív megítélésére volt módunk. Teszteltük a pilóták túlnyomásos légzéssel szembeni ellenállóképességét is.

Fenti vizsgálatok beleilleszkednek a funkcionális diagnosztika eszköztárába, amely elv és minősítési, alkalmasság vizsgálati szempont az 1970-es években került kialakításra a repülőorvosi Vizsgáló és Kutató Intézetben, Hideg János szakmai irányítása alatt. Az új szemlélet alapja az extrém terheléses vizsgálatok megalapozott, kellő indikációval történő alkalmazása és az, hogy segítségükkel az esetleges kezdődő egészségkárosodás jól körülhatárolható, repülésbiztonsági jelentősége objektívizálható, az új típusú repülési terhelések okozta adaptív válaszok mérhetőek és a reális munkavégző képesség felmérhető. Ez egyensúlyt és dinamikus kompromisszumot teremt az életkorral növekvő rutin, repülési tapasztalat és kompenzációs képesség, valamint a megterhelés miatti potenciális állapotromlás kockázata között.¹²⁰ Fenti elvet az első (és ez idáig egyetlen) magyar űrhajós jelölt kiválogatási folyamatában is sikerrel alkalmazták.¹²¹ Az elv következetes érvényesítése lehetőséget teremt arra, hogy a repülésélettani stresszorok vizsgálata során alkotó módon, klinikai, betegvizsgálati tapasztalatunkat is hasznosítsuk. Az orvostudomány fejlődése számos új módszer megszületését, technikai lehetőségeink bővülését eredményezi, melyeket nem csak a beteg gyógyításban, de a diagnosztikában és a szűrővizsgálatokban is tudunk alkalmazni, csak meg kell találni a megfelelő javallatot, klinikai indikációs kört.

¹²⁰ Szabó, J. (Ed.): Repülési Lexikon: Akadémiai Kiadó Budapest, 1991. II. kötet, p. 261

¹²¹ Hideg, J.: A magyar űrhajósjelöltek kiválogatása és az első szovjet-magyar űrrepülés során szerzett tudományos tapasztalatok felhasználása vadászpilóták alkalmasságának elbírálásában. Hadtudományi értekezés, 1981. p.1-5.

1980-tól napjainkig ennek az elvnek az érvényesítésével volt módunk és lehetőségünk a klinikai gyakorlatból átvenni a longitudinális (24 vagy 48 órás) EKG felvétel készítést (HOLTER EKG). Ezt a speciális munkavégzőképesség (repülés) adekvát megítélésére reális repülés körülményei között alkalmaztuk, összevetve az objektív kontroll által meghatározott mechanikai jellemzőket (túlterhelés, magasság) a pilóta szívfrekvenciájának alakulásával, különösen a fel-leszállás kritikus fázisában nyújtott teljesítményével. Katapultált pilóták szimulátor vizsgálata során is alkalmaztuk, a repülőgép-vezetők rehabilitációjának objektív megítélésére, a vegetatív izgalmi szint jellemzésére. Megállapítottuk, hogy a módszerrel pontosan mérhetjük fel a pilóta élettani tartalék (úgynevezett funkcionális rezerv) kapacitását, pulzus¹²², vérnyomás¹²³ adataik alapján, esetleges ritmuszavar kizárásával egyértelműen alkalmasnak minősíthetjük őket.

Éves alkalmassági vizsgálataink során a barokamrai hypoxiás metodikát (5500 méteres hypobarikus hypoxia 15 perces expozícióban) rutinszerűen, az egyéb diagnosztikai vizsgálatokat a Repülőorvosi Bizottság által felállított indikációkban végeztük és végezzük, alapvetően a belgyógyászat javallata alapján.

Megállapítottuk, hogy az éves repülőalkalmassági minősítő vizsgálat utolsó napján, az 5500 méteres magasságon hypobárikus hypoxiában nyújtott teljesítmény nem korrelál egyértelműen a fizikai (szív-érrendszeri) teljesítőképeség klinikai megítélésére alkalmazott kerékpár ergometriás teljesítménnyel. A klinikailag kivizsgált és a kerékpár terhelésen az elvárt minimum 2,2 Watt/testsúlykg teljesítményt nyújtó, tehát kielégítő vagy jó tőrőképességű pilótáknál, a repült típustól függetlenül éves szinten 1,3–3,5 %-ban tapasztaltunk beavatkozást igénylő állapotromlást a barokamrában: vérnyomásesökkenést, pulzus lassulást és a szellemi teljesítmény jelentős csökkenését, az önmentésre való képtelenséget.

Ezt az ájulás közeli vagy a keringés tényleges összeomlását jelentő ájulásos rosszulétet a megelőző klinikai vizsgálatok eredményei nem jelezték előre, amelynek oka a hypoxia és a hyperventilláció, azaz az oxigénhiány és széndioxid kimosás szokatlan együttállása miatt kialakuló egyedi megterhelés, amely az agytörzsi légzés és keringés szabályozó központok továbbá a szív-érrendszeri reakciók gyors alkalmazkodását igénylik.

¹²² Remes, P., Pozsgai, A., Hideg, J., Kiszely, I., Lehoczky, L.: Tapasztalatok reális repülés alatti Holter vizsgálatokkal. Honvédervos 18. évf. 1991/2. p. 109-117.

¹²³ Remes, P., Augusztin, G., Kiszely, I., Pozsgai, A., Kalmár, S.: Ambuláns vérnyomásmonitorozással szerzett tapasztalataink. Szegedi Akad. Biz. Hypertonia Szimpóziuma, 1994. Szeged.

Kutatási tevékenységünkben fenti stresszorok egyedi kombinációját is alkalmaztuk, a pilóták összetett fizikai és szellemi teljesítőképességének a mérésére, a pszichofiziológiai állapot jellemzésére, más kutatóműhelyekkel, például a Magyar Tudományos Akadémia Pszichológiai Intézetével való együttműködés során.¹²⁴ A vizuális információ szerzés, mint munkavégzés folyamatát és környezeti repülési élettani stresszorokkal (zaj, hypoxia, stb.) való kapcsolatát Grósz Andor vizsgálta először.¹²⁵ Napjainkban pedig akusztikus vagy vizuális ingerlés során a látási és hallási folyamat percepció (azaz primer érzékelés) és kognitív funkció (azaz tudatos feldolgozás) szintjén történő kísérletes vizsgálata történik Intézetünk barokamrájában.¹²⁶ Az alapvető élettani folyamatok mind részletesebb megértése mellett a különböző munkacsoportok célja az is, hogy rávilágítsanak a kiképzés (tapasztalat), a pszichés terhelés és a stressz szerepére a teljesítmény mutatók alakulásában.¹²⁷

¹²⁴ Balázs, L., Czigler, I., Karmos, Gy., Grósz, A., Szabó, S., Tótká, Zs.: Frontális diszfunkcióra utaló eseményhez kötött agyi potenciálváltozások magassági hipoxiában. Magyar Pszichológiai Szemle, 2000, LV.4. 501-516.

¹²⁵ Grósz, A.: A katonai repülő-hajózó állomány vizuális munkavégzőképességének mérési tapasztalatai. Kandidátusi értekezés, 1991, Budapest. p. 77-91.

¹²⁶ Janáky, M., Grósz, A., Tóth, E., Benedek, K., Benedek, Gy.: Hypobaric Hypoxia Reduces the Amplitude of Oscillatory Potentials in the Human ERG. Doc Ophthalmol 2007. 114; p. 45-51.

¹²⁷ Hornyik, J., Grósz, A., Tóth, E.: Effect of Professional Skill on Signal Detection Performance in a Simulated Stress Situation 55th International Congress of Aviation and Space Medicine, ICASM 2007. Bécs, Ausztria, 2007.09.16 – 09.20. (poszter)

3.2. Új vizsgálati lehetőség: az Impedancia Kardiográfia szerepe.

„Nem bölcs dolog egy orvosi problémát lezárt egésként kezelni”. Hubert Latham

A NATO-hoz való csatlakozás során a Standardizációs Egyezményekben szabályozott és az előző fejezetben ismertetett új elvek és metodikák szerint kell a pilóták harcképességét értékelni, illetve a repülőorvosi demonstrációkat végrehajtani. Biztosítani szükséges a repülési stresszorok okozta vészhelyzetek (hypoxia, explozív dekompresszió, túlnyomásos légzés) földi körülmények közötti szimulációja közben, a demonstrációk, tréningek során az élettani paraméterek nyomon követését. A minősítő vizsgálati eljárások mellett, a jelenlegi funkcionális diagnosztikai eszköztár bővülésével, az Impedancia Kardiográf (IKG) kutatási célú alkalmazásával teljesebb képet kaphatunk a szimulált repülési stresszhelyzetben bekövetkező adaptáció-readaptáció folyamatáról.

3.2.1. A vizsgálat főbb célkitűzései

A klinikai gyakorlatban az IKG mérési módszert alkalmazzák az intenzív therápiában a szív-érrendszeri paraméterek nyomonkövetésére és az ájulás mechanizmusának kutatására szimulált orthostasisban, azaz billenőasztal vizsgálat során „fej fel” helyzetben, gyakran kiegészítve az alsóvégtag negatív nyomás alá helyezésével, hogy az agy számára kedvezőtlen véreloszlást tovább gyorsítsák.¹²⁸

Az IKG non-invazív monitorizálásra való alkalmasságát a repülőorvostanban is ismerik,¹²⁹ elsősorban a „push-pull effektus” szimulálására kiterjedten használt, alsóvégtagi negatív nyomást (LBNP) provokáló billenőasztal vizsgálatok során közöltek kutatási eredményeket.¹³⁰

Intézetünkben először szintén testhelyzet változással kapcsolatos, a súlytalanságot szimuláló billenőasztal vizsgálat során használták ezt a mérési eszközt.¹³¹ Ugyanakkor a

¹²⁸ László, Z. és mtsai: Szimulált orthostasis, *Cardiologia Hungarica*. Vol. 28. No. 2. 1999. p. 47-51.

¹²⁹ Newman, D.G.: The Non-Invasive Assessment of Stroke Volume and Cardiac Output By Impedance Cardiography: A Review. *Aviat Space Environ Med* 1999; 70., p. 780-789.

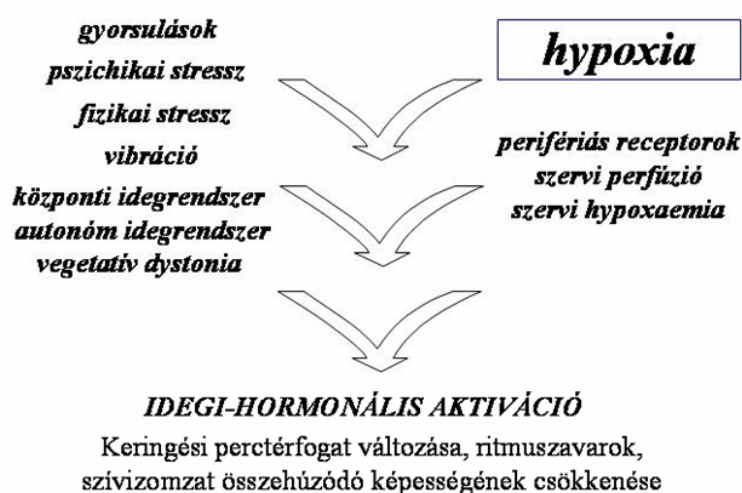
¹³⁰ Gotshall, R.W. et al.: Original Research. Validation of Impedance Cardiography During Lower Body Negative Pressure (LBNP). *Aviat Space Environ Med* 1999. 70., p. 6-10.

¹³¹ Augusztin, G.: A repülőállományon végzett impedancia-kardiográfiás vizsgálatok tapasztalatai. Magyar Asztronautikai Társaság ülése, Kecskemét 1997.

mérési metodika alkalmazása hypobárikus hypoxiában a repülőorvosi szakirodalomban nem ismert.

Célom ezért az volt, hogy egy alapvetően egészséges populáción hypoxiában és túlnyomásos légzés alatti szív-érrendszeri vizsgálatra alkalmazzam az IKG-t. Hypoxiában 5500 m magasságban bekövetkező élettani reakciók tanulmányozását tűztem ki célul, nyugalmi állapotban, a standard kerékpár terheléssel összevetve. A hypoxia változatlanul primer kockázati tényező számos szívérrendszeri támadásponttal.¹³² (14. ábra)

HYPOXIA OKOZTA SZÍV-ÉRRENDSZERI VÁLTOZÁSOK



14. ábra: a hypoxia támadáspontjai

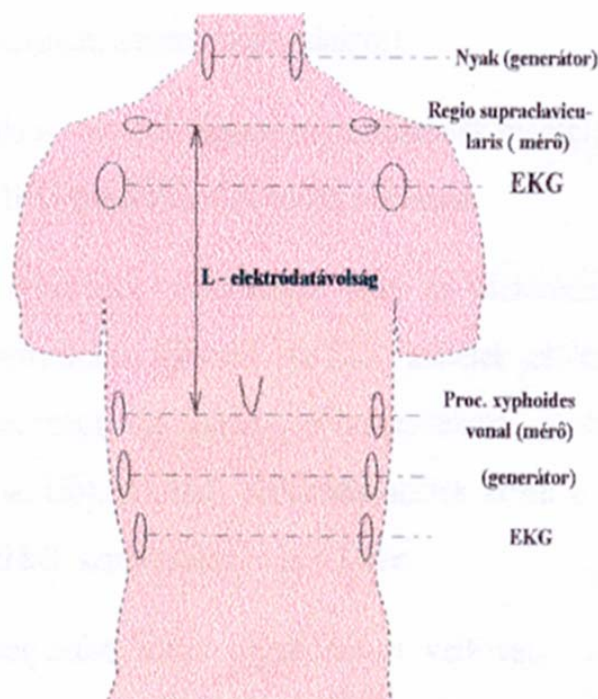
Vészhelyzetben mind a repülő- mind az úrorvostanban kitüntetett szerepe van, amellyel szembeni tűrőképesség objektívizálása alapvető. Az új kutatási módszerek révén kimutatható, hogy már alacsonyabb magasságon, kisebb oxigénhiány mellett finom érzékszervi, kognitív (szellemi teljesítménybeli) és szív-érrendszeri rendellenességek is észlelhetők. Ez utóbbiak a szívfrekvencia és a vérnyomás fokozott ingadozásával, variabilitásával jelentkezhetnek.¹³³ Nagyobb magasságon (6100 méter, 20 perc) pedig a vegetatív idegrendszeri tónus teljes elvesztése, a szívműködés leállása következhet be.¹³⁴

¹³² Fonyó, A.: Az Orvosi Élettan Tankönyve, Budapest, Medicina Könyvkiadó, 1997. p. 369-374.

¹³³ Sevre, K., Bendz, B., Rostrup, M.: Reduced baroreceptor reflex sensitivity and increased blood pressure variability at 2400 m simulated cabin altitude. Aviat Space Environ Med 2002., 73., p. 632-634.

¹³⁴ Westendorp R.G.J., Blauw G. J., Fršlich, M.: Hypoxic syncope. Aviat Space Environ Med 1997., 68., p. 410-414.

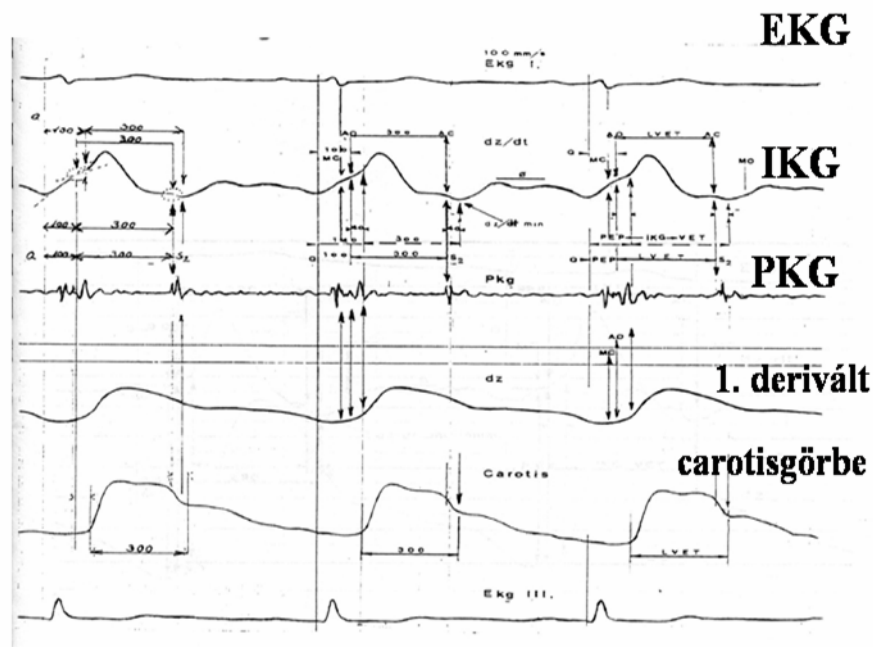
Az Impedancia Kardiográf egy folyamatos üzemű, non-invazív haemodinamikai ellenőrző műszer (ASKIT cég típusa). A készülék a bioimpedancia (nagyfrekvenciás váltóárammal szembeni ellenállás) változását méri és értékeli. Az eljárás lényege, hogy a készülék egy nagyfrekvenciájú, kis áramerősségű, biológiailag inert jelet vezet át a vizsgált testrészen. Az áram bevezetése 4 db bőrre helyezett *elektroda segítségével történik. (15. ábra)*



15. ábra: az IKG elektródák felhelyezése

Másik 4 db elektróda segítségével a műszer érzékeli a szív munkája által létrejött impedancia változást, mely a mellkasban a szívciklussal arányosan áramló vérmennyiség függvénye (a vér a legjobb elektromos vezető). A vizsgált testrész (mellkas) impedanciájának változása által létrejött görbe jellegzetes pontjai összerendelhetők más fiziológiai változásokat leíró görbékkel (EKG: elektrokardiogramm az elektromos aktivitás, PKG: fonokardiogramm az akusztikus jelek, azaz a szívhangok, a carotisgörbe a nyaki verőeres nyomáshullám regisztátuma, az IKG 1. deriváltja a vérmennyiség kilökődési sebességét jelzi.) **(16. ábra).**

A számítógépes program egy speciális, Kubicek által leírt képlet alapján számítja az SV balkamrai verőtérfogatot.¹³⁵ (17. ábra) (A gyári program az eredeti képletben szereplő verőtérfogatot korrigálja a testsúly, a testmagasság és a testalkat alapján is.)



16. ábra: EKG, IKG, PKG, carotis görbe párhuzamos regisztrálása

KUBICEK képlet

$$SV = \text{konstans} * L^2 * LVET * \frac{dZ}{dT}_{\max} / Z_0^2,$$

ahol az

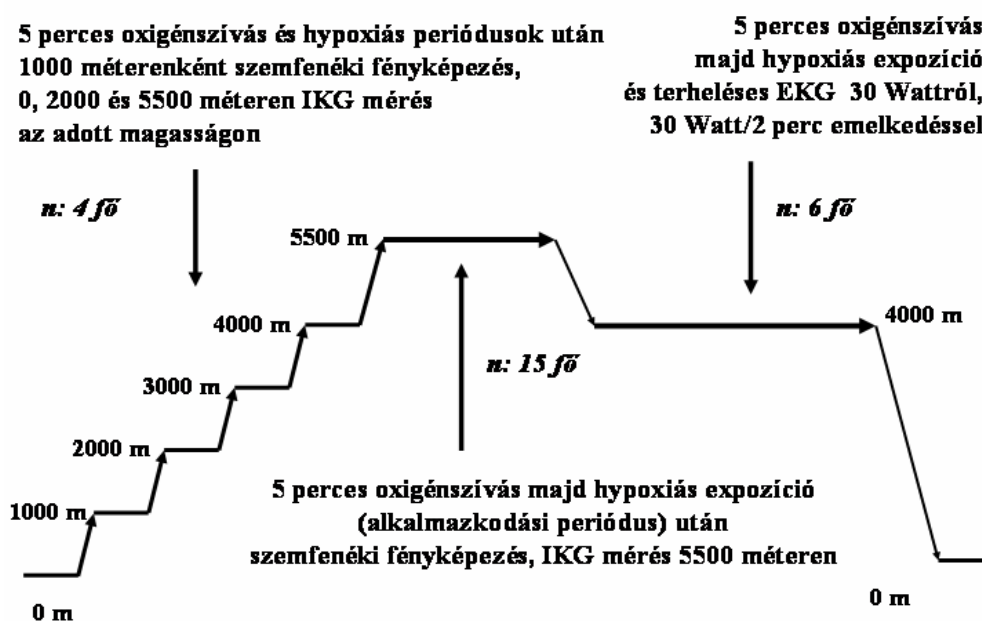
- SV* - a pulzustérfogat (cm³)
- Konstans* - állandó (ohm cm)
- L* - a mérőelektrodák közötti távolság (cm)
- LVET* - bal kamrai ejekciós idő (sec)
- dZ/dT_{max}* - az impedancia kardiogramm első deriváltjának maximuma (ohm / sec)
- Z₀* - alapimpedancia

17. ábra: A balkamrai verőtérfogat számítási képlete az alapimpedanciából

¹³⁵ Kubicek, W.G. et al.: Development and evaluation of an impedance cardiac output system. Aerospace Med 1966., 37, p. 1208.

A számítható haemodinamikai változók spektruma - noninvazív vizsgálathoz képest - rendkívül széles, az IKG paraméterek a szervezet makroszintű érrendszeri reakcióinak elemzésére és a szívizom működésének jellemzésére alkalmasak.

A vizsgálati metodika végrehajtásakor az intézetünkben a konvencionális 5500 méteres metodikát módosítottam. Közbeeső magasságként a polgári repülésben még elfogadott 2000 méteres kabinmagasságot választottam, míg a 4000 méteres fázist a hypoxiás tartományhatár jellege (tökéletes és tökéletlen kompenzáció zónája között van) magyarázza. A frekvencia limitált szubmaximális terhelés beiktatását a magashegyi fizikai aktivitás (például a síelés) és a populáció hypoxiás terhelhetőségének jellemzése indokolta (30 Watt-ról indulva 30 Watt/2 perc lépcsőkben emelve). Minden magasságon normoxiás (maszkon át 100 % oxigén) és hypoxiás mérésre került sor, 5 perces alkalmazkodási idő után. (18. ábra)



18. ábra: A vizsgálat folyamatábrája.

A vizsgálatra közvetlen orvosi felügyelet mellett, előzetes belgyógyászati és fül-orr-gégészeti konzultációt követően, a beleegyező nyilatkozat aláírása után került sor, minden magasságon egyidejű O_2 szaturáció (verőeres oxigén telítettség), EKG és vérnyomás

monitorizálással, szemfenéki fényképezéssel, IKG mérésekkel, minimum értéket tekintve 2000 m-en 90 % alatti, 5500 m-en 60 % alatti O₂ telítettség kerülésével, e magasságon 15 egészséges, férfi pilótánál. (A teljes vizsgálati populáció 25 főből állt, 15 főnél a nyugalmi 0 méter és az 5500 méteres magassági hypoxia összehasonlító vizsgálata szerepelt, 6 főnél a 4000 méteres teljes EKG terheléses protokoll került végrehajtásra, 4 főnél a szemfenék fényképezés 1000 méterenkénti magasság emelkedéssel került végrehajtásra, ez utóbbit külön munkacsoport folytatta tovább.) A homogén csoportképzés szempontjából fontos fiatal életkor (átlag életkor 35,1 év) mellett az alacsony rizikóprofil kialakítása is cél volt, a későbbi betegcsoportokkal való jobb összevethetőség miatt. Az eredmények statisztikai értékelése során az egy és kétmintás t próbát alkalmaztuk („0” hipotézis, hogy a nyugalmi 0 méteres értékhez képest nincs változás, a szokásos $p < 0,05$ szignifikancia szinttel).

3.2.2. Vizsgálati eredményeink

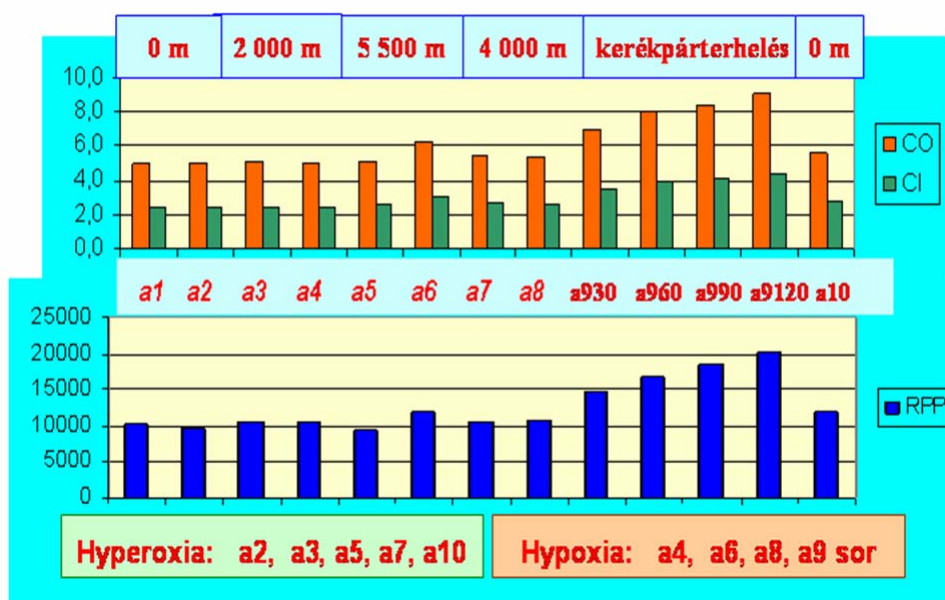
IKG paraméterek elemzése

Az IKG program az EKG és PKG (elektro- és phonokardiogramm, elektromos és akusztikus jel elvezetéssel) segédgörbe, a manuálisan bevitt RR értékek alapján a mért Z_0 alapimpedancia, annak deriváltja és a LVET (balkamrai összehúzódási idő) alapján számítja az alapvető keringési paraméterek közül az SV verőtérfogatot (egyszeri kilökött vérmennyiséget) (Kubicek képlet). Ennek a szívfrekvenciával (HR, azaz heart rate) alkotott szorzata a CO (cardiac output, keringési perctérfogat, az egy perc alatt megforgatott vérmennyiség) illetve a testsúly kilogrammra számított Cardiac Index. Ez a hagyományos kettős szorzat RRP (szisztolés vérnyomás és szívfrekvencia szorzata) helyett a szív munka modern fokmérője. A program közvetlenül utal a szívizom összehúzódó képességére: ez a Heather index, valamint méri az SVR teljes perifériás érellenállást direkt módon. A dolgozat kereteit a többi paraméter részletes elemzése meghaladja.

Az eredmények alapján azt a tendenciát észleljük, hogy:

- Adott vizsgálati magasságon a Z_0 alapimpedancia a hyperoxiás és hypoxiás mérés során nem változott, vagyis a hypobária (a külső atmoszférikus nyomás csökkenése) nem befolyásolja az IKG paraméterek alakulását. Ebből arra következtetünk, hogy a külső nyomás csökkenése (a hypobaria) a mellkasürben **önmagában** nem okozott impedancia változást a magasság emelkedésével, így a tapasztalt eltérések csak a hypobarikus hypoxiának tulajdoníthatók.

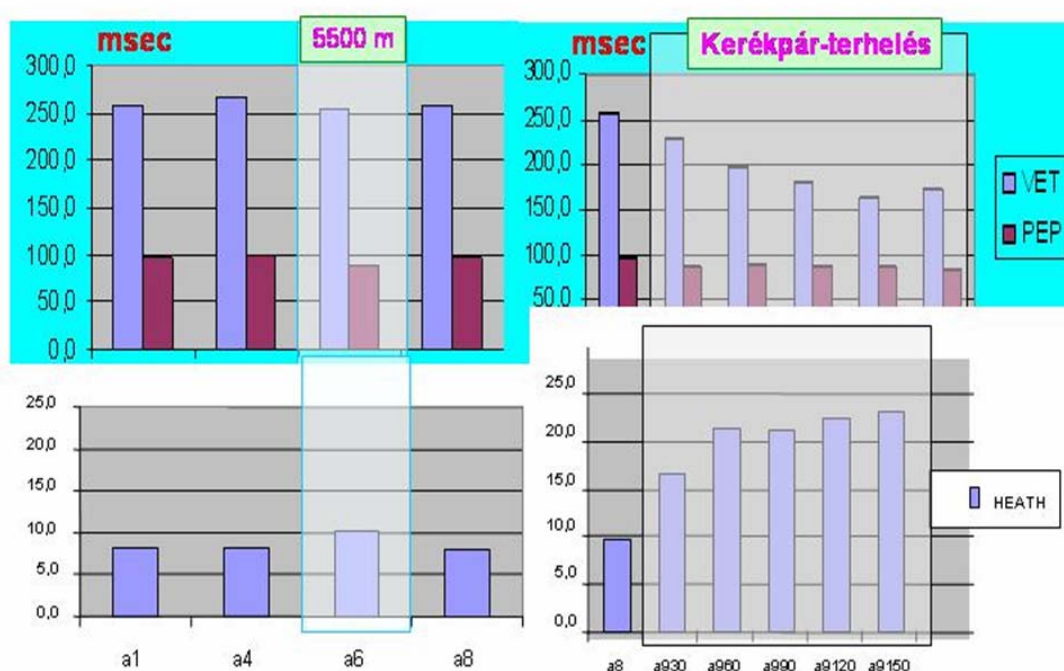
- A magasság függvényében a SV verőtérfogat enyhébb, önmagában nem szignifikáns emelkedése, párosulva a nagyobb magasságon progresszív tachycardiával, a szorzat CO keringési perctérfogat emelkedését 5500 m-en teszi szignifikáns mértékűvé. Ezt a keringési redisztribúciónak (a keringő vérmennyiség újraeloszlásának), illetve a hypoxia által beindított vegetatív zsigeri idegrendszeri izgalomnak a hatása okozza. A zsigeri idegrendszer szimpatikus (vészreakciókban aktiválódó) ága fokozott izgalmi szintet mutat, amely a maszk felvétele és 4000 m-re süllyedés után prompt oldódik. **(19. ábra)**



19. ábra: Keringési perctérfogat (CO) perctérfogat index (CI, testsúlykilogrammra számítva) és kettős szorzat (RPP) alakulása a vizsgálat különböző fázisaiban (n: 15, ill. 6 fő)

- Adott magasságon a szív balkamra munkáját elemezve a kontraktilitás (gyors összehúzódásra való képesség), azaz a Heather index értékének növekedését észleljük, főleg a kerékpárterhelés alatt. Ebből arra következtethetünk, hogy a vizsgált magasságokig a vegetatív izgalom (szimpatikus túlsúly) és megemelt SV verőtérfogat okozta pozitív inotrópia (fokozott izomösszehúzódás) érvényesül. Ez azt jelenti, hogy legalábbis az akut szakaszban a 40 Hgmm alatti verőeres oxigén résznyomás (artériás parciális oxigén tenzió), amely 80 % alatti verőeres oxigén telítettséggel

(szaturációval) párosul, nem okoz energetikai deficitet és szívizomgyengéset. (Klinikai szívizom vérellátási zavarokban, infarktuszban ilyenkor gyakran a szívizom gyors elerőtlenedését, a pumpafunkció romlását észleljük. Ennek az elnevezése stunning). (20. ábra)¹³⁶



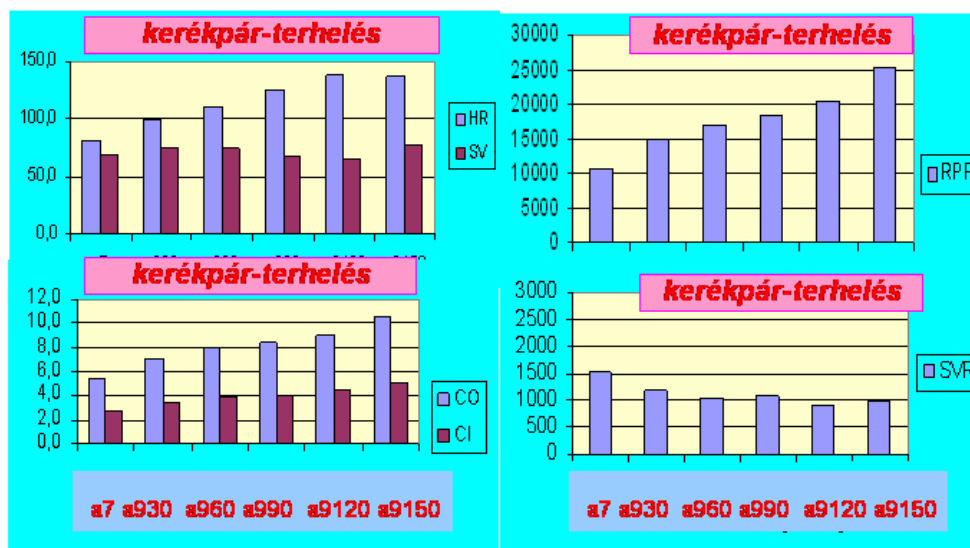
20. ábra: A kamrai összehúzódás részidejeinek (PEP és VET) és a Heather index értékének alakulása a nyugalmi és terheléses hypoxia különböző fázisaiban (n: 15, ill. 6 fő)

- A 4000 m-es kerékpár terhelés alatt természetesen tapasztaljuk az élettani adaptáció jeleit, a perctérfogat és a frekvencia progresszív, fokozatos emelkedését a terhelési watt szám függvényében. (21. ábra) A terhelés nélküli nyugalmi hypoxia és a hypoxiás terhelés összevetése azt bizonyítja, hogy az akut hypoxia még nagyobb magasságban is kisebb adaptációt igényel önmagában (pihenő ülőhelyzetben), mint alacsonyabb magasságban a terheléssel való kombinációja. Ennek magyarázata a terhelés alatti gyorsult keringés.

¹³⁶ Julian, D.G. (Ed.): Disease Of The Heart London, W.B. Saunders Company Ltd., 1996., p. 989-990.

- Terhelés alatt a gyorsult keringés okozta, önmagában csökkenő szív ciklus hossz mellett a szisztolés részidők aránya is eltolódik, a Heather index növekedése szerint ilyen rövid idő alatt stunning nem észlelhető, a szívizom aktívan összehúzódik.

**CO, CI, RPP, HR, SV és SVR alakulása
a hypoxiás terhelés fázisaiban**



21. ábra: Keringési teljesítmény jellemzők (CO perctérfogat, SV lökettérfogat, SVR perifériás ellenállás, HR szívfrekvencia) alakulása a hypoxiás terhelés fázisaiban. (n: 6 fő)

3.2.3. Eredményeink értékelése

A szervezet érreakcióját globálisan - makroszinten IKG révén elemeztem. (A szemfenéki fényképezéssel nyert, a mikrokeringésre vonatkozó adatok értelmezése meghaladja e dolgozat kereteit, más munkacsoport dolgozza fel.) Megállapítottam, hogy az azonnali adaptív válaszok (keringés újraeloszlása, vegetatív izgalommal járó vészreakció) nyugalomban még nagy magasságban (5500 m) is bőven a szív aktuális munkavégző képességének maximumán belül biztosítják a kellő keringési perctérfogatot és szervi vérátáramlást. Ugyanakkor az alacsonyabb magasságú hypoxiás terhelés már szubmaximális szinten, mérsékelt magasságban is csökkenti a fizikai teljesítőképességet. A terhelés alatti progresszív keringéssromlás és alacsonyabb maximális perctérfogat magyarázata a vegetatív

izgalom, vészreakció (szimpatikus izgalmi szint) és hypoxia miatti korlátozott tüdőkeringés: a vérátáramlás a kisvérköri keringés általános érösszehúzódása miatt romlik és a gyorsult intrakapilláris tranzitidő (gyorsult keringés) miatt lesz korlátozott az oxigénfelvétel. Ezek eredője pedig a gyorsan súlyosbodó verőeres oxigénhiány.

Fentiek alapján véleményem szerint a katonai repülő-hajózó állománynál feltétlenül szükség van a nyugalmi oxigéntűrő képesség ismeretére és minősítésére, de bizonyos körülmények között indokolt lehet a hypoxiás terhelés alatti individuális adaptív válasz jellemzése is (terhelés alatt repülés közben természetesen egyéb izommunkát, például anti-G feszítési manővert, helikopteren függeszkedést, csörlőzést értünk).¹³⁷

Civil (edzetlen) populációban pedig magaslati fizikai aktivitás (sízés, alpinizmus) előtt fel kell hívni a figyelmet a progresszív állapotromlás lehetőségére, melynek manifeszt formái több napos elhúzódó terhelés és súlyosbodó hypoxia esetén a magaslati tüdő- és agyvizenyő (magashegyi betegség) lehet.

Fentiek vonatkoztathatók a szélsőséges, magaslati körülmények között bevetésre kerülő csapatkontingensekre is, amilyen például jelenleg az Afganisztáni misszió. A magasság- és terhelésfüggő akut hegyi betegség veszélyét NATO Szövetségi publikáció is részletesen ismerteti. Felhívja a parancsnok figyelmét az akklimatizáció, a magassághoz és oxigénhiányhoz történő **fokozatos** hozzászokás – akklimatizáció - fontosságára, az akut hegyi betegség kialakulásának veszélyére.¹³⁸

Szerencsére a nagyobb magasság a maximális fizikai teljesítőképesség csökkenésével és így a szív munka korlátozásával jár. Beteg emberen már 3000 méteres magasságban mintegy 10 %-kal csökken a fizikai teljesítmény MET (Metabolikus Ekvivalens Egység, azaz 3,57 ml felhasznált oxigén /testsúlykilogramm/perc) egységekben kifejezve.¹³⁹ A mellkasi nyomás vagy fájdalom (angina) illetve az EKG-n az ST szakasz depressziója kisebb munkaterhelés illetve rövidebb idő után jelentkezik: vagyis az összischemiás terhelés kisebb, a koszorúér történés kockázata összességében nem fokozódik. (Megjegyzendő: Longitudinális HOLTER EKG-n akkor vesszük az ST szakasz megsüllyedését kórjelzőnek és angina ekvivalensnek, ha az 1 mm-t egy percre meghaladja, így az ischaemiás terhelésbe beleszámít.)

¹³⁷ Smith, A.M.: Acute hypoxia and related symptoms on mild exertion at simulated altitudes below 3048 m. Aviat Space Environ Med 2007.,78. p. 979-984.

¹³⁸ A **STANAG 2458** Egységes Védelmi Előírás átemeli az AMedP 14-es Szövetségi Publikációt, „Prevention and treatment of climatic and environmental injuries”, azaz „Klimatikus és környezeti tényezők által okozott sérülések megelőzése és kezelése” címmel. Ennek első fejezete foglalkozik a magashegyi betegséggel.

¹³⁹ Hultgren H.N.: Scientific American (OrvosTudomány 1993), Orvostudomány aktuális kérdései IX. Magaslati orvosi problémák p. 12.

Szívkoszorúér betegek légi utazása előtt szükség lehet a mérsékelt hypoxia által beindított adaptív válasz elemzésére: az IKG erre is alkalmas lehet (a perctérfogat és az EKG-n a repolarizációs zavar értékelésével), megelőzendő a repülés alatti rosszullét (angina jellegű mellkasi fájdalom, heveny szívtörténés) fellépését.

3.2.4. Az IKG egyéb alkalmazási lehetőségei

Kutatómunkám folytatása során elemeztem a gyógyszerhatás és a repülésélettani stresszhelyzet komplex eredményét, az érbelhártyára és a vegetatív idegrendszerre gyakorolt hatását.¹⁴⁰ A szívfrekvencia variabilitás (változékonyság vagy variancia) matematikai modell (gyors Fourier transzformáció) szerint számítható paramétereivel HOLTER EKG-n mértem a vegetatív idegrendszer két ága, a szimpatikus izgalmi és a paraszimpatikus nyugalmi tónus közötti egyensúly eltolódást.

Arra következtettem, hogy bizonyos –a klinikai gyakorlatban gyakran használt vérnyomás csökkentők (angiotenzin konvertáz enzim bénítók, például Tensiomin)– a hypoxia körülményei között sem okoznak jelentős eltolódást a vegetatív idegrendszeren belül, biztonságosan használhatók a repülő-hajózó állomány bizonyos kategóriáinál.¹⁴¹

Az IKG-t, mint vizsgálati módszer alkalmazási lehetőségét megvizsgáltam túlnyomásos oxigénlégzéses teszt során is. Vészhelyzetben – éppen a hypoxia kivédésére - nagymagasságú kihermetizáció, kabinnyomás elvesztése kapcsán túlnyomásos oxigénlégzésre van szükség. Ennek modellezésére használjuk a túlnyomásos légzési tesztet, amely demonstrálja a pilóta számára az I. fejezet hypoxia elleni védelméről szóló részében részletesen ismertetett kedvezőtlen keringési változásokat és a légzési mechanika megfordulását, az erőltetett kilégzési munkát.

Az IKG alkalmat ad a jobb szívfél munkájának részletes jellemzésére is. Ez a TOLT próba (túlnyomásos oxigén légzéses teszt), melyet a Repülőorvosi Bizottság javaslatára alkalmazunk. A tízperces teszt során 400 vízmm (azaz kb. 30 Hgmm) légúti túlnyomásos oxigénlégzést alkalmaztam 13 egészséges férfi pilótánál (átlag életkoruk 33 év), és az IKG-val monitorizáltam a keringési rendszer változásait. Az IKG ilyen mérési helyzetben is jól

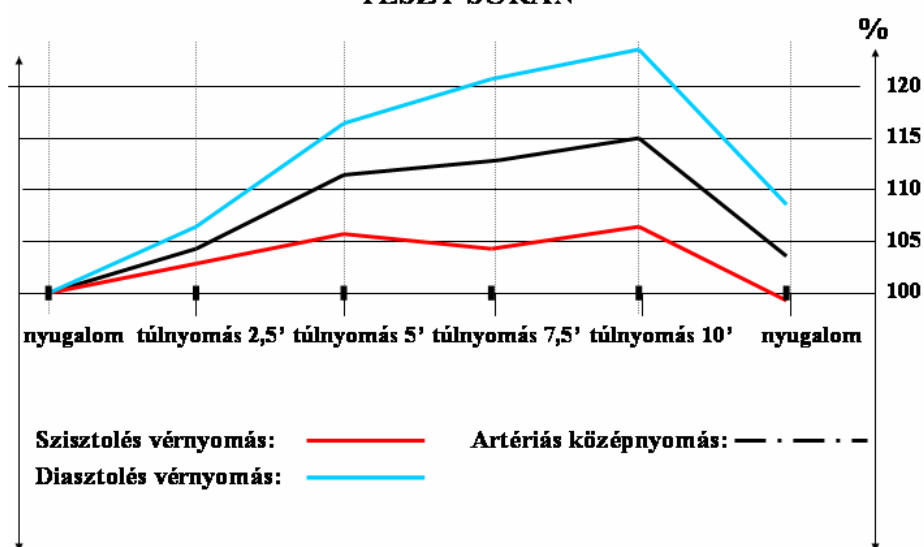
¹⁴⁰ Szabó S.A., Tótká Zs., Szamek Zs., Dudás M.: Az endothel diszfunkció értékelése a repülőalkalmasság elbírálásakor, gyógyszeres befolyásolásának lehetőségei. MH OTT 2003. évi Tudományos Konferenciája Budapest, 2003. március 12.

¹⁴¹ Szabó, S., Tótká, Zs., Grósz, A., Tóth, E.: Evaluation of Autonomous Dystonia And Assessment of Endothel Dysfunction In The Aeromedical Evaluation Process: Possibilities of Drug Treatment. (Conference) 51st International Congress of Aviation and Space Medicine (ICASM), Madrid, (Poster) 2003. október 5-9.

működött: a szakirodalomban más módszerrel nyert adatokkal korreláló módon rögzítette a vérnyomás, a keringési perctérfogat összetevőinek változását túlnyomás alatt **(22. ábra)**.

Megállapítható, hogy a 400 vízmm-es légúti nyomás 5.-10. perce között már szignifikáns, 25 %-os diasztolés, mérsékelt szisztolés vérnyomás emelkedés következik be, a pulzusnyomás beszűkülésével, az átlagvérnyomás (MABP) emelkedésével. A keringési perctérfogat (CO) jelzett mértékű csökkenése szintén jelentős, mintegy 20 %-os balkamrai löket térfogat (SV) csökkenéssel jár, amit a szívfrekvencia (HR) kifejezett emelkedésével kompenzál a szervezet. **(23. ábra)**

IKG PARAMÉTEREK SZÁZALÉKOS VÁLTOZÁSA A NYUGALMI HELYZETHEZ KÉPEST TÚLNYOMÁSOS TESZT SORÁN



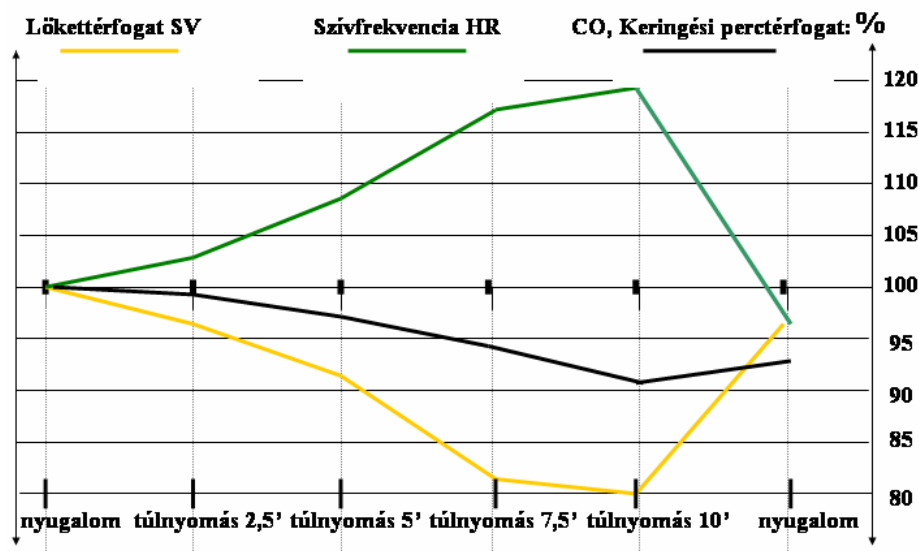
22. ábra: Vérnyomás jellemzők alakulása túlnyomásos légzés alatt (n: 13 fő)

Egyedülálló módon közvetlenül mérhető volt a SVR teljes perifériás érellenállás szignifikáns növekedése (ez jelzi a vénás pangást a kiserekben) és a Heather index, vagyis a szív kontraktilitásának (összehúzódo képességének) csökkenése. **(24. ábra)**

Fenti kedvezőtlen keringésélettani jelenségek a légúti túlnyomás megszűnés után gyorsan visszafejlődnek, de jelzik a keringés megingásának potenciális veszélyét. (A vérnyomás és a szívfrekvencia csökkenése és a keringési perctérfogat zuhanása mellett a keringés összeomlik.) Ilyenkor már a légúti túlnyomás megszüntetése **ellenére** is elhúzódó, akár órákig tartó hypotónia (alacsony vérnyomás) és az alacsony pulzusszám miatt csökkent fizikai teljesítőképesség fenyeget. Fenti élettani reakciók minősítése ezért a funkcionális diagnosztika eszköztárába sorolható, alkalmazását gyógyszerbeállítás után is javasoltam.

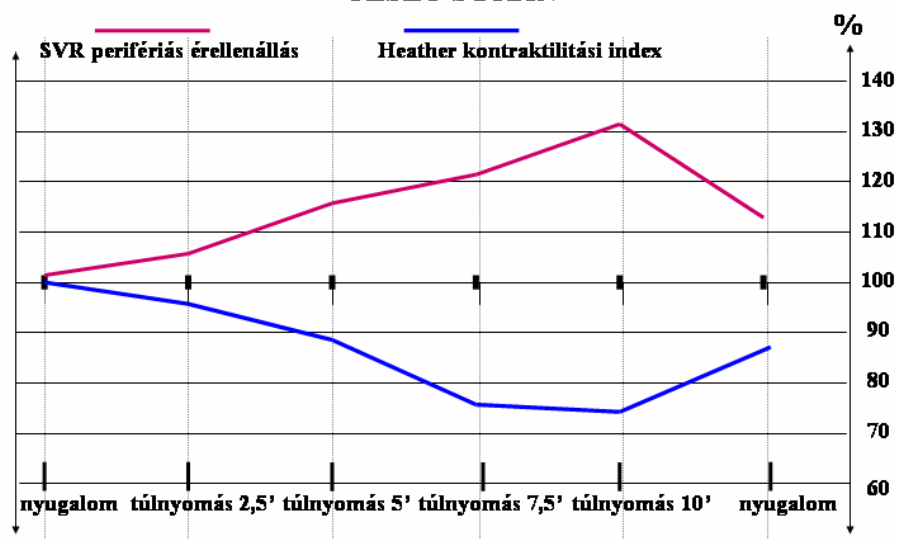
Javaslatom bedolgozásra került a pilóták gyógyszerelését szabályozó 104/2004. HM HVK Egészségügyi Csoportfőnöki intézkedésbe.

IKG PARAMÉTEREK SZÁZALÉKOS VÁLTOZÁSA A NYUGALMI HELYZETHEZ KÉPEST TÚLNYOMÁSOS TESZT SORÁN



23. ábra: Keringési perctérfogat paramétereinek alakulása túlnyomásos légzés során (n: 13 fő)

IKG PARAMÉTEREK SZÁZALÉKOS VÁLTOZÁSA A NYUGALMI HELYZETHEZ KÉPEST TÚLNYOMÁSOS TESZT SORÁN



24. ábra: Kontraktilitási index és perifériás érellenállás alakulása túlnyomásos légzés során (n: 13 fő)

3.3. Egészségvédelem és új therápiás lehetőségek a hajózó állomány harcképességének fenntartása érdekében.

*„Amikor egy betegségről gondolkodom,
sosem a gyógyszeren, hanem a
megelőzésen jár az eszem.”*

Louis Pasteur

A szív-érrendszeri betegségek szempontjából meghatározó, közös pathomechanizmusra, az atherosclerosis (érelmeszesedés) általános folyamatára visszavezethető elváltozások a pilóták populációját is érintik, legyen szó bármely repült géptípusról. Az érelmeszesedés fiatal korban megkezdődik és szervi lokalizációtól függően hamar tüneteket okozhat.¹⁴² Ilyen szempontból a pilóták megbetegedési statisztikája, morbiditási jellemzői az általános népesség betegségi statisztikájával mutat hasonlóságot: a kor előrehaladtával fokozódik a szív koszorúsereiben az érelmeszesedés. A közforgalmi repülésben egyébként még aktív (tehát tünetmentes !) pilóták 43 %-ánál komoly, kórbonctanilag értékelhető elváltozás volt kimatatható.¹⁴³

Az életkorral fokozódó megbetegedési rizikó egyrészt a minősítési, repülőalkalmassági vizsgálatok során a funkcionális diagnosztikai eljárások kiterjesztett alkalmazását indokolhatja, másrészt a korlátozások ésszerűbb, szinte személyre szabott alkalmazását jelentheti: különösen krónikus (de egyensúlyban lévő) betegségek esetén ezt a fajta megközelítést angolszász országok szívesen alkalmazzák. Nem mondanak le a kiképzett pilóta megszerzett tapasztalatairól, repülési rutinjáról, de a baleseti kockázatot ésszerű megszorításokkal (például túlterhelés kerülése, csak többszemélyes gépen másodpilótával repülhet) minimalizálják, anélkül, hogy a repülésbiztonsági kockázatot fokoznák.¹⁴⁴ Ennek ellenére, még a USAF Amerikai Légierő statisztikáiban is a végleges letiltások között vezető helyen szerepelnek olyan népegészségügyi problémát jelentő, az általános populációban is leggyakoribb betegségek, mint a szív koszorúér betegség, magas vérnyomás betegség és a cukorbetegség.¹⁴⁵

¹⁴² Strong, J et al.: Prevalence and Extent of Atherosclerosis in Adolescents and Young Adults. JAMA. 1999; 281: p. 727-735.

¹⁴³ Taneja, N., Wiegmann, D.A. : Prevalence of Cardiovascular Abnormalities in Pilots Involved in Fatal General Aviation Airplane Accidents . Aviat Space Environ Med 2002. 73. p. 1025-30.

¹⁴⁴ Weber, D.K.: Aeromedical Waiver Status in U.S. Naval Aviators Involved in Class A Mishaps. Aviat. Space Environ Med 2002. 73. p. 791-797.

¹⁴⁵ McCrary, B.F. Van Syoc, D.L.: Permanent Flying Disqualifications of USAF Pilots and Navigators (1995-1999) Aviat Space Environ Med 2002. 73. p. 1117-1121.

Ezért nem csak orvosi etikai szempontból, de a repülésbiztonság érdekében is változatlanul nagy figyelmet kell fordítani a rendszeres szűrővizsgálatokra, figyelembe véve azok nem 100 százalékos prediktív (jósló) értékét, keresni kell a korai jeleket. Különösen a harcéri, aktív missziók esetében figyelembe veendő a stressz, a vegetatív izgalmi szint kóros fokozódása, ami viszonylag fiatal életkorban is váratlanul okozhat cselekvőképtelenséggel járó ritmuszavart, vagy mellkasi fájdalmat (anginát) az érlemeszesedés talaján. (Afganisztánban HH 60 G helikopter zuhant le hatfős személyzettel a fedélzetén; a térbeli dezorientáció mellett erősen felmerült a 39 éves, korábban teljesen egészségesnek tartott pilóta akut cselekvőképtelensége a mellkasi fájdalom miatt. A szív koszorúerein a boncolás során ugyanis a bal főtörzsön 95 %-os szűkületet találtak.)¹⁴⁶

Nem csak nemzeti szempontból, de a korábban említett szövetségi szabályozók (MC 326/1-2, AJP 4.10) alapján a NATO szintjén is prioritást kap a prevenció és rehabilitáció, melynek jelentősége nő az egészségügyi ellátás rendszerében, különösen az extrém fizikai és pszichikai terhelést jelentő beosztásokban.¹⁴⁷

A funkcionális diagnosztikai szemlélet nem csak abban érvényesülhet, hogy a pilótát egészségtudatos magatartásra neveljük, időben feltérképezzük az esetleges látens egészség károsodást, hanem abban is, hogy az éves szűrővizsgálat során észlelt magasabb rizikó profil, betegség megelőző stádium esetén korán megkezdjük a megfelelő kezelést. Erre azért is szükség van, mert már ilyen szakaszban felmerülhet a magassági oxigénhiányra való fokozott hajlam: a szülőknél fennálló magasvérnyomás betegség, mint genetikai adottság és a határérték magas normális vérnyomás önmagában fokozza a mérsékelt (4200 méternek megfelelő) oxigén hiányra adott érrendszeri választ és csökkenti a hypoxia-tűrőképességet.¹⁴⁸ Sőt számolni kell a magas-normális vérnyomású pilóták (jelöltek) esetében (JNC: Joint National Committee VII beosztás alapján ez 120-139/80-89 Hgmm-es vérnyomást jelent) a gyorsabb, valamint nagyobb mértékű progresszióval és a valódi magasvérnyomás betegség

¹⁴⁶ Possible heart attack cited in U.S. Afghan crash By Charles Aldinger and Will Dunham, WASHINGTON, July 3 (Reuters), <http://www.afghanistannewscenter.com/news/2003/july/jul42003.html>, letöltve 2008. március 13.

¹⁴⁷ Svéd, L.: A Magyar Honvédség egészségügyi biztosítása, elvének és gyakorlatának változásai, sajátosságai, különös tekintettel a haderő átalakításra, a NATO-ba történő integrálásra, a különböző fegyveres konfliktusok, valamint a békefenntartó, béketeremtő, és –támogató tevékenységre. PhD értekezés, p. 81. ZMNE Hadtudományi Iskola, Budapest, 2003

¹⁴⁸ Ledderhos, C., Pongratz, H., Exner, J., Gens, A., Roloff, D., Honig, A.: Reduced Tolerance of Simulated Altitude (4200 m) in Young Men with Borderline Hypertension. *Aviat Space Environ Med* 2002., 73., p.1063-1066

kialakulásával: erre 3.7-szer nagyobb esélyük van, mint a teljesen normális vérnyomású pilótáknak a 18 éves követési időtartamban.¹⁴⁹

Ez jelentheti a nem gyógyszeres (non-farmakológias, életmódi) terápia időbeni bevezetését: diétás tanácsadást, testsúly csökkentő előírást és annak visszaellenőrzését, a máj esetleges elzsírosodásának korai monitorizálására a májfunkció gyakoribb ellenőrzését, kondíciójavítást és ennek visszaellenőrzését soron kívüli kerékpár terheléses vizsgálattal.

Ezekre a figyelem felhívó és ösztönző módszerekre a mindennapi repülőorvosi gyakorlatban egyre nagyobb hangsúlyt fektetünk, biztató eredményekkel: a repülő-hajózó állomány hosszútávú követéses vizsgálatai az egészségtudatos, fitt, alacsony szív-érrendszeri rizikójú pilóták rendszerben maradását igazolják.¹⁵⁰

Ugyanakkor nem mondunk le azokról a pilótákról sem, akik repülni akarnak és akiknél olyan tünetek, esetleg tünetcsoportok lépnek fel, amelyeket az orvosi etika szabályai szerint már kezelniük kell, különben az életet rövidítő betegség, esetleg heveny szív-érrendszeri történés bekövetkezését kockáztatjuk.

Ezzel a kérdéssel először 2001-ben a NATO RTO/AGARD Kutatási és Technológiai Szervezetnek az emberi tényezővel foglalkozó szakbizottsága, a HFM (Human Factors and Medicine, azaz Emberi tényezők és Egészségügy) Panel foglalkozott. Ott merült fel az igény, hogy legalábbis a leggyakoribb betegségcsoportokban érdemes felmérni a gyógyszeres kezelés elvi lehetőségét és annak a repülési környezettel való kombinációját. A pilóta is ember, ugyanazokkal a potenciális kockázati tényezőkkel, amely korunk civilizációs életmódjából fakadóan egymást erősítve hatnak és fokozzák olyan megbetegedések lehetőségét, amelyek vagy hirtelen egészségromlással fenyegetnek (pl. repülés kritikus szakaszában bekövetkező heveny szívkoszorúér történés esetén) és ez által okoznak repülésbiztonsági problémát, vagy a repülőkarrier idő előtti megszakadásához vezetnek.

A polgári repülésben matematikai levezetéssel meghatározásra került az ugynevezett „1 %-os szabály”, mely meghatározza, hogy milyen szív-érrendszeri rizikó profil (azaz halálozási arány ezrelékben kifejezve) fogadható el egy pilótánál, feltételezve, hogy a kétüléses gépen a másodpilóta jó eséllyel át tudja venni a gép irányítását még a repülés kritikus fázisaiban is, azaz felszálláskor vagy leszállás közben.¹⁵¹

¹⁴⁹ Grossmann, A., Grossman, C., Borembom, E.: Pre-hypertencion as a predictor of hypertension in military aviators: a longitudinal study of 367 men. *Aviat Space Environ Med* 2006., 77., p. 1162-1165.

¹⁵⁰ Péter, I., Tóth, E., Grósz, A., Hideg, J.: Longitudinális ISZB rizikófaktor vizsgálatok katonai pilótáknál. *Honvédervos*, 2005. 3-4 szám. p. 146-155.

¹⁵¹ Joy, M.: Cardiological aspects of aviation safety – the new European perspective. *European Heart Journal*, 1992., 13., Supplementum. H, p.21-26.

A katonai repülésben – főleg együlétes vadászrepülőgépeken - ilyen számvetés nem alkalmazható, illetve a felmért betegség rizikó alapján idejében kell dönteni arról, hogy az a repüléssel kompatibilis-e, illetve hogy gyógyszerek mellett a repülési alkalmasság fenntartható-e. Az alapelv továbbra is az, hogy aki beteg, nem repülhet (legalábbis a betegség heveny fázisában és a gyógyszerbeállítás időszaka alatt) de előre meghatározott algoritmusok szerint bizonyos gyógyszercsoportok engedélyezhetőek.

Az RTO/AGARD mérlegelte a leggyakoribb betegségcsoportokat, és a magasvérnyomás betegség, magas vérzsír szint, gyomorsósav túltengés-fekélybetegség, allergiás szénanátha klinikai diagnózisa esetén - jól behatárolt körülmények között - a gyógyszeres kezelést nem zárta ki. Kérdőíves módszerrel összesítette a NATO országokban leggyakrabban kipróbált, egyedileg engedélyezett gyógyszereket és a lista, valamint repülőorvosi megfontolások alapján közös ajánlásokat fogadott el.¹⁵² Legsúlyosabb körben a leggyakrabban előforduló és a fokozott érlemeszesedés miatt számtalan szövődménnyel fenyegető betegségek, a magasvérnyomás és magas vérzsír szint gyógyszeres kezelésének lehetőségét vizsgálták. A kérdőíves módszer szerint az egyes tagországok több mint 25 vérnyomáscsökkentő hatóanyagot, valamint 17 vérzsír-csökkentő szert próbáltak ki az. A klinikai vezérelveknél megfelelően ebből dolgoztak ki ajánlást. A WG 26-os munkacsoport önálló, saját kutatásokat is elindított egyes hatóanyagok repülőorvosi alkalmazására: a losartan a hipertónia, a mefloquin a malária megelőzésére szolgáló, az SSRI (az agyban a szerotonin visszavételezést gátló) szerek pedig a depresszió kezelésében hatékony gyógyszerek vizsgálatát, repülőorvosi alkalmazhatóságát kezdte meg. A hosszú idejű bevetések kapcsán pedig a modafinil és pemolin pszichostimuláns (agyműködést serkentő) hatóanyag tesztelését végezte, illetve a bevetések között az ultrarövid időtartamú altatószerek kipróbálását javasolta.

A hatóanyaglista áttekintésekor, mint gyakorló belgyógyász – összevettem a saját klinikai tapasztalatokat és az egyes gyógyszer hatóanyagok hatásmechanizmusát azokkal az élettani adaptív folyamatokkal, amelyek a repülésben, az 1. fejezetben részletezett repülésélettani stresszorokkal (gyorsulás-túlterhelés, oxigénhiány) szemben védelmet nyújtanak. Figyelembe vettem a potenciális mellékhatásokat is (szédülés, hányinger, álmoság), amelyek a szellemi teljesítőképességet, cselekvőképességet, reakcióidőt rontják.

¹⁵² RTO-TR-014 : Medication for Military Aircrew: Current Use, Issues, and Strategies for Expanded Options. RTO-TR-014 , AC/323(HFM-014)TP/14, ISBN 92-837-1063-0, the RTO Human Factors and Medicine Panel, 2001 június

Ebből a szempontból a klinikai gyakorlatban **lényeges különbség** van a magasvérnyomás betegség kezelésére használt leggyakoribb gyógyszercsoportok repülőorvosi alkalmazhatósága között. Míg a klinikai vezérelvek akár monoterápiában is javasolják az úgynevezett béta-blokkolók és vízhajtók használatát, a repülés szempontjából ezek háttérbe szorulnak. Az első csoport hatóanyagai jelentősen befolyásolják a szívfrekvenciát, lassítják a szíven belül az ingerület vezetést, késleltetik a túlterhelés alatt szükséges pulzusszám emelkedést, csökkenthetik a koncentráció képességet és alvászavarokat, impotenciát is okozhatnak. A második csoport hatóanyagai pedig a keringő vérmennyiség (és hosszútávon a perifériás érellenállás) csökkentésével a fej-láb irányú túlterhelés alatt fokozzák a veszélyes vérnyomásesés lehetőségét, valamint a kálium vesztes miatt esetleg ritmuszavarra is hajlamosítanak (inkább afroamerikai populációban hatékonyak). Mindkét csoportnak az úgynevezett metabolikus, anyagcsere mellékhatás profilja is kedvezőtlen: az LDL koleszterin szint emelkedését és az inzulin rezisztencia fokozódását is észlelték, vagyis az érlelmeszesedés másik két kockázati tényezőjét, a „rossz koleszterin” szintet és a cukorbetegség hajlamot pedig kismértékben fokozhatják.

Hatásmechanizmus szempontjából az ACEI (renin-angiotenzin-aldoszteron rendszerre ható, angiotenzin-konvertáz enzim gátlók) csoportja vált be a legjobban. Az alkalmazható hatóanyagok közé javasoltam az enalapril, ramipril, lisinopril, perindopril tartalmú készítményeket. Ezek (általában magasabb renin-szinttel bíró) fiatal, kaukázusi-európai rasszba tartozó alanyoknál gátolják az erélyes vérnyomásemelő angiotenzin II oligopeptid képződését. Egyetlen számottevő mellékhatásuk a köhögés, mely hatóanyagváltást indokolhat (ilyenkor a direkt angiotenzin receptor blokkolók, ARB készítmények is hatásosak lehetnek). A zsíryanycserét nem befolyásolják, tartós szedés (vérnyomás normalizálódás) után a gyorsulás tűrőképességet sem rontják. Az egyéb, a klinikai gyakorlatban főleg kombinációban alkalmazott gyógyszerek (kalciumcsatorna blokkolók, perifériás értágítók, centrális, agyi vegetatív receptorokra ható gátlószerek) mellékhatásaik miatt egyelőre nem kerülnek alkalmazásra a katonai repülésben.

A koleszterin szint emelkedése a korai érlelmeszesedés másik fő kockázati tényezője a magasvérnyomás betegség mellett. Csökkentésére a diétás erőfeszítéseken túlmenően a statinok (a májsejtben működő speciális reduktáz enzim gátlószerei) váltak be. A hazai klinikai kezelési elvek és saját kezelési tapasztalataim alapján a WG 26 munkacsoport által felállított listából javaslatot tettem egyes statinok, fibrátok alkalmazására, a MH Repülő Főszakorvos által vezetett bizottság pedig jóváhagyta azokat a hatóanyagokat (simvastatin, fenofibrát), amelyeket válogatott beteganyagban, gondos kivizsgálás után magunk is

bevezettük a gyakorlatba, hogy pilótáink minél tovább, minél jobb teljesítménnyel tudják teljesíteni feladataikat. Mellékhatást eddig nem tapasztaltunk, a szakirodalomban leírt ritka vázizomzat károsodás, májfunkció eltérés nem jelentkezett.

A gyógyszerek repülőorvosi alkalmazásáról, a kivizsgálás menetéről született 104/2004. HM HVK Egészségügyi Csoportfőnöki intézkedés alapvetően keretjellegű, a gyógyszer kiválasztás szempontjainak mérlegeléséhez és a gyógyszerbeállítás utáni újbóli repülőalkalmasság elbírálásához biztosít vezérelvet. Előnyben részesítettük azokat a hatóanyagokat, amelyeket saját klinikai munkánk során hosszabb ideje már rendszeresen használtunk, kevés mellékhatással rendelkeznek, illetve repülési stresszor kapcsán nem számoltak be szokatlan mellékhatásról. (Például ismert, hogy egyes koleszterin csökkentők (pravastatin) akár mérsékelt hypoxiában is migrénes fejfájást váltanak ki, ugyanabból a csoportból (statinok) másik hatóanyag pedig nem.¹⁵³) Ezért a bevezetés időszakában mintegy két hónap, földi szolgálattal, ideiglenes letiltással járó periódust be kell tartani az esetleges kedvezőtlen mellékhatások észlelésére és a szükséges kiegészítő vizsgálatok (24 órás HOLTER EKG, 24 órás vérnyomás monitorizálás, ismételt barokamrai vizsgálat, billenőasztal vizsgálat és túlnyomásos oxigén légzéses teszt) elvégzésére. Ezt követően panaszmentesség esetén a pilóta fokozatosan visszatérhet az aktív szolgálathoz; előbb kétkormányos gépen repül, csapatorvosa fokozottan ellenőrzi. Fentiek sikeres alkalmazása lehetővé tette, hogy több (a kézirat lezárásáig 13 fő) pilóta – egyelőre az aktív vadászrepülőgép vezető (II. rovat) beosztás kivételével -, a repülőfedélzeti státusszal összeegyeztethető módon gyógyszeres kezelésben részesüljön, szoros ellenőrzés mellett. Természetesen a bizonyítékon alapuló orvoslás megköveteli, hogy a klinikai orvostudomány új eredményeit figyelemmel kísérjük, vezérfonalát, kezelési ajánlásait átvegyük.¹⁵⁴ Ennek függvényében a rendelkezésre álló hatóanyagok körét bővíthetjük, a MH Repülőorvosi Bizottság 675/2005. nyilvántartási számú Szakmai Módszertani Útmutója a 104/2004. HM HVK Egészségügyi Csoportfőnöki intézkedés alapján megújítható.

¹⁵³ Ramsey, C.S., Snyder, Q. C. : Altitude-induced migraine headache secondary to pravastatin: case report . Aviat Space Environ Med 1998; 69, p. 603-606.

¹⁵⁴ III. Magyar Kardiovaszkuláris konszenzus konferencia ajánlása. www.kardiovaszkulariskonszenzus.hu, Metabolizmus, VI évf. suppl. A., 2008. február.

Összegzés

A repülőorvostanban egyszerre érvényesül a megelőző preventív szemlélet és a diagnosztikai –therápiás gyógyító szándék. A diszciplína fejlődésében ennek megfelelően mindig tetten érhető az új mérőműszerek, diagnosztikus eszközök korai alkalmazása, validálása, indikációs körének kidolgozása azzal a céllal, hogy minél többet megtudjunk az extrém környezeti viszonyok között munkavégző emberről, annak élettani reakcióiról, teljesítményének korlátairól, pszichés stressz szintjéről.

Ebből a szempontból különös jelentősége van az érzékszervi vizsgálatoknak, hiszen az információ szerzési folyamat sikere alapvető a repülés sikeres és biztonságos végrehajtásához. A másik szervrendszer pedig a keringés, ahol a rövidtávú reflexszintű alkalmazkodás és a hosszabb távú adaptáció vizsgálata során a szív-érrendszer egyes paramétereit vizsgálhatjuk. A különböző eszközök (longitudinális 24 órás EKG, vérnyomás monitorizálás, a billenőasztal vizsgálat (a túlterhelések vagy éppen a súlytalanság modellezésére) ezt a célt szolgálják.

Egy új non-invazív műszer, az Impedancia Kardiográf alkalmazhatóságát bizonyítottam két szélsőséges (repülésben vészhelyzetben előforduló) helyzetben, oxigén hiány és túlkínálat körülményei között. A kísérleti elrendezésben a kiemelt paraméterek elemzése szemléltette a reflex szintű keringési aktivációt.

Fenti kísérleti elrendezés, az IKG alkalmazása időben is egybe esett a NATO RTO munkacsoportjának kezdeményezésével a Szövetségen belül a repülőorvosi gyógyszer-alkalmazási elvek egységesítéséről, ami viszont megerősítette meglévő szándékunkat a honi gyógyszerelés elveinek és gyakorlati algoritmusának kidolgozására. Az MH Repülő Főszakorvos szakmai vezetésével létrehozott végeredmény egy olyan keretjellegű rendelet, amely a bizonyítékokon alapuló orvoslás etikai elveivel összhangban megteremti a lehetőséget arra, hogy magasabb szív-érrendszeri rizikójú, esetleg más szervrendszeri kezdődő betegség kompenzált stádiumában lévő pilótánál a kezelést megindítsuk, és idővel a repülőalkalmasságot fokozott felügyelet mellett visszaállítsuk.

BEFEJEZÉS

„... mindig egy maroknyi ember {ti. a repülő ászok} okozza a veszteségek óriási hányadát”. Ivan Rendall¹⁵⁵

A KUTATÓMUNKA EREDMÉNYEINEK ÖSSZEGZÉSE

A kutatásom folyamán *tanulmányoztam* a repülőeszközök, elsősorban a vadászrepülőgépek generáció váltása kapcsán megszülető új mérnök-műszaki megoldásokat. Értekezésemben *elemeztem* ezek hatását a repülésbiztonságra és a repülőorvostan számára felmerült új kihívásokat: példákkal *szemléltettem* a repülés fejlődése által felvetett repülőorvosi problémákat és azok megoldásait. *Utaltam* a II. világháború és azt követő évtized eseményeire, mely a nagysebességű - nagymagasságú repülések miatt kifejlesztett magassági védőfelszerelések (magassági ruha, sisak, oxigén-lélegeztető rendszer, túlterhelés ellen védő) ruha első típusainak kifejlesztését inspirálta. *Felhívtam a figyelmet* a közeljövő kihívásaira a vadászrepülőgépek új generációja kapcsán: ezek a nagy sebesség-gyorsulás és manőverező képesség szélsőséges magassági tartományban való fenntartásával, a gyorsulási vektor dinamikus változtathatóságával társuló komoly szív-érrendszeri adaptációs válaszokat követelnek meg a pilóta szervezetétől. Az ezekre adandó válaszokat döntően az EFA (Eurofighter) és Gripen kapcsán *kívántam elemezni*, utalva a többi gép új fejlesztéseire, megoldásaira.

Ehhez az elemzéshez *figyelemmel kísértem* a legfrissebb hazai és külföldi szakirodalmat, *tájékozódtam* az Internet szakmai oldalain. *Kikértem* a valamikor aktív és a mai pilótaállomány *véleményét* a munkájuk jellegének változásáról, hangsúlyosan *vettem figyelembe* tapasztalatukat a repüléséletteni stresszorok leküzdhetőségének módszereiről.

Gyakorlati kutatómunkám során az ismertetett impedancia kardiográfiás mérési módszer klinikai alkalmazását *adaptáltam* szimulált repülési stressz helyzetre, saját metodika kidolgozásával és a vizsgálati mérések személyes végrehajtásával.

Részletekbe menően *feldolgoztam* a NATO repülőorvosi Egységes Védelmi Előírásait olyan célból, hogy *értékeljem* azok fejlődését, tartalmi alkalmazkodását a megváltozott haditechnikai jellemzőkhöz, alkalmazási igényekhez és feladatokhoz. A NATO Repülőorvosi

¹⁵⁵ Rendall, I.: Vadászrepülő. Légiharc a sugárhajtású gépek korában. Gold Book Kft, Budapest, 1997. p. 119.

Munkacsoport (majd Panel) ülések során személyes vitában több alkalommal konstruktívan *érvényesítettem* a Magyar Honvédség álláspontját az MH Repülő Főszakorvos képviselőjében.

Feldolgoztam a NATO RTO Kutatási és Technológiai Szervezet 26-os munkacsoportja által adott NATO nemzeti gyógyszeralkalmazásra vonatkozó statisztikai összesítéseket és a kiadott vezérelv, saját klinikai, valamint repülőorvosi tapasztalataim alapján *elemző-értékelő munkát végeztem* a Magyar Honvédség repülő-hajózó állományának körében alkalmazható gyógyszeres kezelések bevezetésének szabályairól, a bevezetési szakasz és az időközi ellenőrzés algoritmusáról.

Felhasználtam a Doktori Iskola előadásain szerzett ismereteket, a Brit Királyi Légierő (RAF) és a Londoni Egyetem (King's College) Foglalkozás-egészségügyi Kar Repülőorvosi Diploma tanfolyam jegyzeteit és az ott szerzett gyakorlati-kiképzési ismereteket, a magyar és angol nyelvű szakirodalmat.

A TÖRTÉNELMI TAPASZTALATOK ELEMZÉSE, A FEJLESZTÉSI IRÁNYOK
VIZSGÁLATA, A NATO STANDARDIZÁCIÓS EGYEZMÉNYEK ELEMZÉSE,
VALAMINT A SZIMULÁLT REPÜLÉSI STRESSZHELYZET MÉRÉSI EREDMÉNYEI
ALAPJÁN

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEIM, TÉZISEIM

az alábbiakban foglalhatók össze:

1. A jövő hadviselésében a repülőeszközök megőrzik prioritásukat; a manőverezőképesség fenntartása ezért ma is fontos szempont, amely a magassági és gyorsulási sebességi paraméterek további, széles határok közötti további biztosítását követeli meg. A teljesítmény növelésére irányuló törekvéssel nem mindig tartott lépést a biztonság oldaláról az életfenntartó rendszerek fejlettsége (magassági és túlterhelés ellen védő ruházat illetve nadrág), a gyakorlati repülőorvosi kiképzés módszertana. **Összefoglaltam a magassági ártalmak (hypoxia, keszonbetegség), valamint a túlterhelések hatásainak, és a dezorientáció kivédéséhez szükséges alapvető technikai fejlesztési trendeket, ezek élettani szempontjait, melyeknek célja, hogy ne a humán tényező legyen a leggyengébb láncszem, azaz a sikeres feladat teljesítést korlátozó, limitáló tényező.**
2. A repülésbiztonsági adatok elemzésével szélesebb kontextusba helyeztem a vészhelyzeti cselekvőképtelenség okait, a pilótahiba különböző élettani és pszichés

aspektusait. A folyamat dinamikáját szemléltetve rámutattam, hogy **az emberi tényező**, a humán operátor deficitje az adott – esetleg katasztrófa előtti – pillanatban **nem csak saját individuális korlátaiból fakad** (legyen szó akár testi-szervrendszeri, reflex szintű adaptációs zavarról, vagy szellemi teljesítőkéesség beszűküléséről az időkénszer miatt), **hanem kiképzésbeli, metodikai, szervezeti és egyéb interperszonális szociális tényezők is véletlenszerűen hangsúlyt kaphatnak**, oki tényezővé válhatnak. Ezen folyamatok elemzése, a balesetkivizsgálás objektív lehetőségének biztosítása (mint re-aktív, a folyamatra visszatekintő lépés), és a repülőorvos bevonása az elemző munkába alapvető.

3. A pro-aktív, a baleseti folyamat megelőzését célzó komponens a szelekciós kritériumok továbbfejlesztése lehet: ebben a tekintetben mind a szomatikus (testi) képességek és korlátok, mind a pszichés teljesítőkéesség és az állandó illetve pillanatnyi (vészhelyzeti) **stressztűrő képesség pontosabb megítélésére van szükség**. Történetiségében **elemztem** a kiválogatási elvek fejlődését és a jelenlegi, a fizikai-szellemi teljesítőkéességgel szemben támasztott követelményeket nemzetközi összehasonlításban is **megvizsgáltam**. **Megállapítottam**, hogy a repülésélettani stresszorokkal szembeni kellő állóképességhez általános követelmény a magasszintű (de nem túlzott !) aerob kapacitás, a stressztűrő képesség megítélésében pedig komplex pszichológiai tesztek és a szimulátor gyakorlatok segíthetnek.
4. A légiő NATO szövetségi szinten történő alkalmazási igénye és a haditechnika további fejlesztése az Észak Atlanti Szerződés alapelveinek megfelelően saját szakterületemen is integrációt, standardizációt igényel.

Megállapítottam, hogy **a NATO repülőorvosi Standardizációs Egyezményei jelentős részben lefedik a pilóta kiképzésével, repülésélettani stresszorokkal szembeni védelmével kapcsolatos módszerek területét**. Összességében elfogadható közös alapot jelentenek ahhoz, hogy a pilóta repülés közben a potenciális kihívásokra, élettani stressz helyzetekre tudatosan felkészüljön, mentális és fizikai teljesítménye adekvát legyen. Elfogadható közös alapszinten definiálják az ehhez szükséges technikai létesítmények, életmentő felszerelések, CBRN fegyverek, továbbá a lézer elleni védelem paramétereit. A repülő-hajózó állomány pihentetésével, ideiglenes letiltásával, nemzeti repülőorvosi kompetencia szintek kölcsönös elismerésével foglalkozó Egyezmények ratifikálásával a pilóták minősítése, nemzetközi misszióban történő kölcsönös és folyamatos egészségi állapot ellenőrzése biztosítható, **lehetővé téve ezzel az interoperabilitás szintjén a NATO közös feladatvállalásai során a**

- magyar pilóták integrálását a közös kötelekek állományába.** Erre vonatkozó konkrét lépések a Kanadai Repülőképzési Program (NFTC) és a GRIPEN Átképzési Program során már a valóságban is teljesültek.
5. Az életfenntartó rendszerek tekintetében ma is aktív fejlesztő munkára van szükség, melyben az élettani reakciók tanulmányozása szélsőséges stresszhelyzetekben továbbra is nélkülözhetetlen. A funcionális diagnosztikai vizsgálatok tárháza bővíthető az impedancia kardiográfia (IKG) alkalmazásával, mert külső elvezető elektródák alkalmazásával (non-invazív módon) ezzel a módszerrel mérhető a keringési rendszer állapotváltozásának legtöbb paramétere. **IKG mérésekkel bizonyítható, hogy a hypoxia alatti perctérfogat és szívmunka változás önmagában a fizikai terheléshez képest nem extrém mértékű, a potenciális keringés-összeomlás háttérében reflex szintű adaptációs zavar áll.**
 6. A pilóta hosszú idejű munkavégzésének biztosításához, a repülőkarrier kiterjesztéséhez szükség lehet a betegség megelőző állapotok, magas szív-érrendszeri rizikóprofilok, tünetszegény, kezdeti fázisú betegségek időbeni diagnosztizálására és kezelésére. **A NATO gyógyszerelési alapelvek honi adaptációjával, a gyógyszerhatás repülési stressz helyzetben történő monitorizálásával, a potenciális káros és a repüléssel összeegyeztethetetlen mellékhatások kiszűrésével a gyógyszerrel kezelt pilóták is rendszerben tarthatók,** repülőalkalmasságuk biztosítható. Az IKG alkalmazása szimulált repülési stressz helyzetben ilyen célból is hasznos lehet.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az orvostudományban a repülőorvostan önálló diszciplína, de ugyanakkor a katonáorvostan komplex területén is megjelenik mint szuverén szakterület. Pozitív szerepe bizonyítható a jelenleg is zajló „haditechnikai - katonai szervezeti –műveleti eljárás” fejlődési spirál dinamikus folyamatában.

Saját személyes tevékenységemre és az értekezésben leírtakra vonatkozóan új eredményként értékelem:

1. A hazai katonai repülőorvosi gyakorlatban **elsőként foglalkoztam** az új repülőgéptípusokon történő munkavégzés körülményeinek emberi szervezetre gyakorolt komplex hatásának összefoglaló magyarázatával.
2. A NATO repülőorvosi Egységes Védelmi Előírások ratifikációs folyamatában tett elemző munkámmal, lényegi ajánlásaimmal aktívan **elősegítettem** a standardizáció folyamatát. A repülőorvosi Egységes Védelmi Előírások több mint felében ratifikációs lépést tettünk. Ezzel növeltük a honi repülő-hajózó állomány NATO interoperabilitását.
3. Konkrét lépéseket **javasoltam** a repülőegészségügyi gyakorlati és elméleti kiképzés, elsősorban a magasságélettani kihívások kapcsán jelentkező repülőorvosi eljárások modernizálására, a szakmai-módszertani elvek NATO kompatibilissá tételére e területen. Ez vonatkozik a barokamrai magassági felszállások NATO és svéd Gripen protokoll szerinti bevezetésére és probléma mentes végrehajtására, nemzetközi viszonylatban is elismert, szoros hazai orvosi ellenőrzés mellett.
4. Új metodika, az impedancia kardiográf beállításával a hypoxia és a túlnyomásos légzés keringési rendszerre gyakorolt hatását **elemeztem**. **Bizonyítottam** ennek a módszernek hosszútávú alkalmazhatóságát a repülési stressz helyzetben várható vegetatív idegrendszeri labilitás megítélésében. esetleg gyógyszerszedés bevezetése után is.
5. Saját klinikai tapasztalatom, orvosi józúdíciumom és a repülés élettani stresszorok komplex kölcsönhatásának ismeretében vizsgáltam a magasvérnyomás és magas vérzsír szint gyógyszeres kezelésének lehetőségét. Ennek alapján konkrét **javaslatokat tettem** a magas rizikóprofilú pilóták gyógyszeres kezelésének megkezdésére, rendszerben tartásuk mellett. Javaslottam az IKG és a longitudinális (24-48 órás) HOLTER EKG-alkalmazását gyógyszerszedés után, az esetleges vegetatív idegrendszeri labilitás pontosabb jellemzésére.

Fentiek alapján, a ***Magyar Honvédség Repülő Főszakorvos szakmai irányításával***

AJÁNLÁSOKAT fogalmaztam meg:

1., A funkcionális diagnosztikai vizsgálatok és repülésélettani demonstrációk további szélesebb körű alkalmazására, még annak tudatában is, hogy ezek időnként jelentős anyagi fedezetet igényelnek. Barokamrai magassági hypoxiás demonstrációk kiterjeszthetők más állománycsoportokra, pl. AWACS fedélzeti légiirányító és Légi Kutató-mentő személyzetre is, megfelelő elméleti oktatás kidolgozásával.

A baleseti okként egyre gyakoribb térbeli dezorientáció elleni küzdelemhez pedig GYRO szimulátoros oktatás alkalmazása indokolt.

2., A gyógyszeres terápia további óvatos, fokozatos – több repült típusra és repülési kategóriára kiterjedő - bővítésére, a klinikai vezérelvekkkel és a megbetegedési mutatókkal összhangban.

3., A NATO repülőorvosi szabványosítási folyamat ratifikációs lépéseinek tovább vitelére konkrét esetekben.

4., A kutatómunka során szerzett tapasztalatokat és eredményeket a pilóták oktatásában, a repüléssel járó élettani stressz tényezők jobb megismerése és hatékonyabb szemléltetése érdekében, a repülésbiztonság javítására kívánom hasznosítani.

FÜGGELÉK

Az előforduló angol és orosz kifejezések és rövidítések, mértékegységek jelentése

AGSM: *Anti-G Straining Manoeuvre, gyorsulás elleni feszítési manőver*

AWACS: *Airborne Early Warning and Control System, korai előrejelző és irányító rendszer*

CBRN: *Chemical, biological and radioactive nuclear, korábban NBC, Atom-biológiai és vegyi fegyverek, tömegpusztító fegyverek köre.*

CFIT : *Controlled Flight Into Terrain, azaz kontrollált Földnek repülés*

DSF: *Dynamic Flight Simulator, három szabadságfokú gondolával rendelkező centrifuga*

EFA: *Eurofighter Aircraft*

FCAGT: *Full coverage Anti-G Trousers, kb. teljes testfedésű anti-G (gyorsulás elleni) nadrág illetve ruha*

HFACS: *Human Factor Analysis and Classification organizational System, emberi hiba elemzési és osztályozási rendszere*

HUD: *Head-Up Display azaz fej előtti kijelző*

G-LOC: *G induced loss of consciousness, gyorsulás okozta eszméletvesztés*

GPWS: *Ground Proximity Warning System: földközelségre figyelmeztető rendszer.*

G_x, G_y, G_z: *a testhez viszonyított vonatkoztatási rendszerben mell-hát, bal-jobb oldal ill. far-fej irányú gyorsulások ill. ellentétes irányú túlterhelések*

Hook: *gyors kilégzés utáni levegő visszatartás a légúti nyomás fokozására (hangutánzó angol)*

IMC : *instrument meteorological conditions, bonyolult időjárás repülés a belső műszerek jelzéseit követve*

láb: *0,30 méter*

MAC : *Mid Air Collision , Légi összeütközés*

NVG vagy NVD: *Night Vision Goggles vagy Device, éjjellátó berendezés*

PBA: *pressure breathing for altitude; magasság (hypoxia) elleni túlnyomásos légzés*

PBG: *pressure breathing for G; gyorsulás elleni túlnyomásos légzés*

Psi: *pound/square inch azaz font/négyzethüvelyk; kb. 0,06 atm, azaz kb. 50 Hgmm (1 font 0,45 kg, 1 hüvelyk 2,6 cm, 1 négyzethüvelyk 6,76 cm²)*

PULHHEEMS: *Physique , Upper limbs, Lower limbs, Hearing, Hearing, Eyesight, Eyesight, Mental function , Stability (emotional): fizikai, izomerő, hallás-látás, szellemi teljesítmény és érzelmi stabilitás komplex értékelése a brit hadseregben*

Push-pull effect: *„nyomd és húzd hatás”; a botkormány előre-hátra mozgása során fellépő jelenség*

SACM: *Simulated air combat manoeuvre, szimulált légi harc manőver centrifugában*

U(C)AV: *Unmanned (combat) Aerial Vehicle: személyzet/pilóta nélküli (harci) légi jármű.*

VFR: *visual flight rules , jóidős repülés a láthatóság, a vizuális szabályok alapján*

VKK: *orosz magassági kompenzáló ruha.*

PUBLIKÁCIÓS ÉS ELŐADÁSI JEGYZÉK

CIKKEK:

- 1. Szabó S.: Két hét a Royal Air Force-nél**
Magyar Repülőorvosok Lapja 1. évf. 1. szám, 1993. május, p. 21-26.
- 2. Szabó S.: Fialat orvostisztek 14. nemzetközi tanfolyama**
Honvédorvos. 1995. (47) /4. szám. p. 308-310.
- 3. Szabó S., Grósz A., Hideg J., Pásztai Zs., Tótká Zs., Augusztin G.: Repülőorvosi szempontok az új Eurofighter tervezésében (Új mérnök-műszaki megoldások a repülésbiztonság érdekében)**
Honvédorvos 2000. (52) 1-2 szám, p. 38-63.
- 4. Szabó S.A., Grósz A.: Repülőorvostan a modern repülés szolgálatában. Új mérnök-műszaki megoldások a repülőorvos szemszögéből (I.rész)**
Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 2001. 5. évfolyam, 4.szám, p. 164-179.
- 5. Szabó S.A., Grósz A.: Repülőorvostan a modern repülés szolgálatában. Új mérnök-műszaki megoldások a repülőorvos szemszögéből (I - II. rész)**
Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 2001. 5. évfolyam 4. szám, p.164-179, ill. 2002. 6. évfolyam, 1.szám, p.160-170.
- 6. Grósz A., Szabó S.A., Vigh Z.: Adatfeldolgozó rendszer a pilóták fiziológiai állapotának vizsgálatára.**
Haditechnika, 2005/1. január-február p. 2-6.
- 7. Eleki Z., Szabó S. A.: Felkészülés a harci stresszre, megküzdési stratégiák.**
Humán Szemle. 2002/3, p. 81-95.
- 8. Szabó S.A., Grósz A.: Endothel dysfunctio és kardiovaszkuláris adaptáció vizsgálata a repülésben. Magyar Űrkutatási iroda pályázata – 2003.**
- 9. Szabó S.A.: A repülőgép vészelhagyás lehetőségei, Történeti áttekintés a kezdetektől a Gripenekig. I-II.**
Haditechnika, 2003. 2.szám p. 11-14. ill. 3.szám p. 2-6.
- 10. Grósz A., Szabó S. A., Vigh Z.: Adatfeldolgozó rendszer a pilóták fiziológiai állapotának vizsgálatára**
Haditechnika, 2005/1. január-február p. 2-6.
- 11. Szabó S. A., Grósz A.: Modern vadászipülőgépek mérnök-műszaki megoldásai a repülőorvos szemszögéből.**
Magyar Szárnyak XXVIII.évf. 2000. 28.szám. p. 255-262.

ELŐADÁSOK:

1. Szabó S., Grósz A.: *In-flight incapacitation: Aspects of ectopic activity during flight*
NATO Flight Surgeons Conference, Ramstein ,NSZK, 1998. márc.15.
2. Szabó S., Grósz A.: *Comparative analysis of ectopic activity and QT dispersion during bicycle ergometry and real flight.*
NATO Flight Surgeons Conference, Ramstein ,NSZK, 1998. márc.15.
3. Szabó S., Tótká Zs., Pozsgai A., Kiszely I.: *Holter experiences obtained during real flight: evaluation of QT dispersion.*
XXXII. International Congress on Military Medicine, Bécs, Ausztria, 1998. április 19-24.
4. Szabó S., Tótká Zs., Grósz A., Pozsgai A.: *The effect of short-time hypobaric hypoxia and reoxygenation on non-invasively monitored cardiovascular parameters.*
XXXII. International Congress on Military Medicine, Bécs, Ausztria, 1998. április 19-24.
5. Czigler I., Balázs L., Grósz A., Karmos G., Szabó S.: *Event-related potential investigations of visual discrimination in simulated high-altitude condition*
The XIIth International Conference on event-related potentials of the brain,
EPIC XII, Boston, 1998. július 19-23.
6. Szabó S., Pozsgai A., Augusztin G., Kiszely I., Tótká Zs.: *Findings obtained by Holter monitoring during real flight*
XXXI. International Congress on Military Medicine, Peking, Kína, 1996. október 11-17.
7. Szabó S., Tótká Zs., Augusztin G., Grósz A., Pozsgai, A.: *Initial experiences with impedance cardiography in hypobaric hypoxia.*
47. ICASM Repülőorvosi Világkongresszus, Budapest, 1999. augusztus 22-26.
8. Balázs L., Czigler I., Grósz A., Karmos Gy., Szabó S., Tótká Zs.: *Changes of attentional processing in simulated high altitude conditions: event-related potential studies.*
47. ICASM Repülőorvosi Világkongresszus, Budapest, 1999. augusztus 22-26.
9. G. Augusztin, E. Tóth, S. Szabó, A. Grósz: *Obesity as a risk factor in aircrews*
47. ICASM Repülőorvosi Világkongresszus, Budapest, 1999. augusztus 22-26.
10. Szabó S., Augusztin G., Tótká Zs., Kada S., Dudás M.: *Non-sustained ventricularis tachycardia megítélése a katonai repülésben.*
II. Arrhythmia kongresszus, Szeged, 1999. október 01.
11. Grósz A., Hornyik J., Szabó S.A., Tóth E.: *Aeromedical Evaluation of a Complex (Medical and Flight) Data Recording System.*
53rd International Congress of Aviation and Space Medicine. Warsaw, 28.08.-09.01., 2005
12. Szabó S.A., Grósz A., Péter I., Tóth E.: *Longitudinal IHD risk factor study in Military Pilots.* 53rd International Congress of Aviation and Space Medicine. Warsaw, 28.08.-09.01., 2005
13. Szabó S. A., Grósz A., Tótká Zs., Kada S.: *Syncope differenciáldiagnosztikája, ennek repülőorvosi megítélése.* Magyar Repülő- és Űrorvosi Társaság tudományos ülése , Budapest, 2006. december 08.

14. Szabó S.A.: *Hypoxia és gyorsulás elleni védelem a negyedik generációs vadászgépeken* "A repülés emberi tényezői. Negyedik generációs vadászgépek a légierőnél" c. előadás sorozat, Kecskemét, 2006. november 23-24.
15. Szabó S., Tótka Zs.: *A pilóta védelme ABV és egyéb új típusú fegyverek alkalmazásakor.* Magyar Katona- és Katasztrófa-orvostani Társaság IX. Tudományos Konferenciája Budapest, 2006. október 18.
16. Szabó S.A.: *Fizikai edzettség szerepe a magyar légierőnél. Repülőorvosi elvárások és tapasztalatok.* „Magyar Honvédség Fizikai Felkészítők Országos Konferenciája”, Balatonkenese, 2006. április 3-4.
17. Szabó S.A.: *Új pszichofiziológiai adattörzítő rendszer alkalmazása egyes katonai repülőeszközökön.* A Magyar Repülő- és Űrorvosi Társaság Tudományos ülése (közös szervezve az SZTE ÁOK Repülő- és Űrorvosi Tanszékkel), Kecskemét, 2006. március 24.
18. Szabó S.A.: *Az emberi szervezet hőregulációja az űrrepülés során. Napjaink űrrepüléseinek egyes orvosbiológiai problémái* SZTE ÁOK Repülő- és Űrorvosi Tanszék továbbképzése, Kecskemét, 2005. december 16.
19. Szabó S.A.: *A repülésbiztonság egyes orvosi problémái a NATO szabványok tükrében* A Magyar Repülő- és Űrorvosi Társaság, az SZTE ÁOK Repülő- és Űrorvosi Tanszék, valamint a Fodor József Országos Közegészségügyi Központ, Repülési, Hajózási és Tengerészeti Egészségügyi Központ közös tudományos konferenciája, Budapest, 2005. december 02.
20. A. Grósz, J. Hornyik, S.A. Szabó, E. Tóth: *Testing 3D Visuomotor Coordination in Helicopter Pilots in Hypobaric Hypoxia* . 36th World Congress on Military Medicine Szentpétervár, 2005. június 05-11.
21. A Grósz, J. Hornyik, S.A. Szabó, Zs. Tótka, E. Tóth: *Study of Three-Dimensional Visuomotor Coordination Performance in the Air Pilots in a Physiological Stress Situation Modelled by Hypobaric Hypoxia* . 15th IAA Humans in Space Symposium Graz, 2005. május 22-26.
22. Grósz A., Szabó S.A., Vigh Z., Pozsgai A., Hornyik J.: *Komplex adattörzítő rendszer alkalmazásának lehetősége a repülőorvosi gyakorlatban.* 2005. évi MH OTT Tudományos Ülés. Budapest, 2005. március 17.
23. S. A. Szabó, J. Hornyik, A. Grósz, E. Tóth, Zs. Tótka, Zs. Szamek: *Life science and human performance – research activity in space medicine* . ESA Workshop Kecskemét, 2004. szeptember 28.
24. S.A. Szabó, A. Grósz, Zs. Tótka, E. Tóth, Z. Vámosi, S. Kada: *Diagnostic and Therapeutic Possibilities in Cardiovascular Risk Management of Flight Personnel* International Conference on Aerospace Medicine and 1st Annual International Forum on Disaster Medicine . Kassa, 2004. június 15-18.
25. Szabó S.A.: *Negyedik generációs vadászgépek; új követelmények az eü. minősítés, a kiképzés és az életfenntartó rendszerek vonatkozásában.* „Válogatott fejezetek a repülő- és űrorvostanból (haladó szintű repülőorvosi tanfolyam a JAA előírásai szerint repülő-szakorvosok számára) „, Kecskemét-Budapest, 2003. október 13-22.

26. S. Szabó, Zs. Tótká, A Grósz, E. Tóth, J. Hornyik, M. Dudás, Zs. Szamek: *Evaluation of Autonomous Dystonia And Assessment of Endothel Dysfunction In The Aeromedical Evaluation Process: Possibilities of Drug Treatment* (Conference) 51st International Congress of Aviation and Space Medicine (ICASM) Madrid, 2003. október 5-9. (Poster)
27. S. Szabó, Zs. Tótká, E. Tóth, J. Hornyik, Zs. Szamek: *Assessment of Endothelia Dysfunction in the Aeromedical Evaluation Process, Possibilities of Drug Treatment.* (Conference) 50th Anniversary of the Foundation of Institute of Aviation Medicine, Prague, 2003. május 26-28. (Poster)
28. Szabó S. A., Pászti Zs., Hornyik J.: *Különleges repülési módok pszichofiziológiai vonatkozásai.* Magyar Repülő- és Űrorvosi Társaság és a SZTE ÁOK Repülő- és Űrorvosi Tanszék közös tudományos konferenciája, Kecskemét, 2003. ápr. 25.
29. Szabó S.A., Tótká Zs., Szamek Zs., Dudás M.: *Az endothel diszfunkció értékelése a repülőalkalmasság elbírálásakor, gyógyszeres befolyásolásának lehetőségei* MH OTT 2003. évi Tudományos Konferenciája Budapest, 2003. március 12.

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM:

1. **Alricsson, M., Harms, K., Ringdahl, Schüldt, K., Ekholm, J., Linder, J.:** *Mobility, Muscular Strength And Endurance In The Cervical Spine In Swedish Air Force Pilots*
Aviation Space and Environmental Medicine 2001; 72:336-342.
2. **Amaczi, V.:** *Paul Warfield Tibbets halálára.*
Magyar Honvéd: XVII. évf. 51-52. szám, p.41.
3. **Artino, A.R., Folga, R.V., Swan, B.D.:** *Mask-onhypoxia training for tactical jet aviators.*
Aviation Space and Environmental Medicine 2006. 77. p. 857-863.
4. **Asch, S.E.:** *Studies Of Independence And Submission To Group Pressure: 1. A Minority Of One Against A Unanimous Majority.*
Psychological Monographs, 1956. , 70, No. 9 (416.),
5. **Augusztin, G.:** *A repülőállományon végzett impedancia-kardiográfiás vizsgálatok tapasztalatai.* **Magyar Asztronautikai Társaság ülése, Kecskemét 1997.**
6. **Aydog, S.T., Törbedar, E., et al.:** *Cervical and lumbar spinal changes diagnosed in four-view radiographs of 732 military pilots.*
Aviation Space and Environmental Medicine 2004., 75. p. 154-157.
7. **Balázs, L., Czigler, I., Karmos, Gy., Grósz, A., Szabó, S., Tótká, Zs.:** *Frontális Diszfunkcióra Utaló Eseményhez Kötött Agyi Potenciálváltozások Magassági Hipoxiában.*
Magyar Pszichológiai Szemle, 2000, LV. 4. 501-516.
8. **Balldin, U. I. Pilmanis, A.A., Webb, J.T.:** *Pulmonary Decompression Sickness At Altitude: Early Symptoms And Circulating Gas Emboli.*
Aviation Space and Environmental Medicine 2002; 73, p. 996-999.
9. **Banks, R.D., Gray, G.:** *„Bunt Bradycardia”: Two Cases Of Slowing Of Heart Rate Under Negative G_z. (Push-Pull Effect).*
Aviation Space and Environmental Medicine, 1994. 65., p. 330-331.
10. **Banyard, P :** *Psychology In Practice: Health.* **Hodder And Stoughton, UK, 2002.**
11. **Bell, D.G., Jacobs, I.:** *Combined caffeine and epinephrine ingestion improves run times of Canadian Forces Warrior Test.*
Aviation Space and Environmental Medicine 1999. 70. p. 325-329.
12. **Bellenkes, A.H., Wickens, C.D., Kramer, A.F.:** *Visual scanning and pilot expertise: the role of attentional flexibility and mental model development.*
Aviation Space and Environmental Medicine 1997; 68., p. 569-579.
13. **Berg, J.S., Moore, J.L., Retzlaff, P.D., King, R.E.:** *Assessment Of Personality And Crew Interaction Skills In Successful Naval Aviators.*
Aviation Space and Environmental Medicine 2002; 73., p. 575-579.
14. **Braithwaite M.G, Douglass P.K, Durnford S.J, Lucas G.:** *The hazard of spatial disorientation during helicopter flight using night vision devices.*
Aviation Space and Environmental Medicine 1998; 69., p. 1038-1044.

15. **Bridges, H.:** *Air Force first in world to change body measurement standards for pilots.* 2006. április 10. www.airforce.forces.gc.ca/site/newsroom/news_e.asp?id=1514, letöltve 2008. március 15.
16. **Brock, O., Peschke, M.:** *Physiological and psychological strain of police helicopter pilots.* ICASM 2007. Nemzetközi Repülő- és Űrorvosi Kongresszus, Bécs,
17. **Burns, J.W., Ivan, D.J., Stern, C.H:** *Protection to + 12 Gz.* **Aviation Space and Environmental Medicine** 2001. 72., p. 413-421.
18. **Burton, R.R. :** *Anti-G Suit Inflation Rate Requirements.* **Aviation Space And Environmental Medicine**, 1988. 59., p. 601-605.
19. **Butler, W. P.:** *Epidemic Decompression Sickness: Case Report, Literature Review, And Clinical Commentary.* **Aviation Space and Environmental Medicine** 2002. 73., p. 798-804.
20. **Chappelow, J.W.:** *Error and accidents.* In Ernsting, J. (Ed.): **Aviation Medicine Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. Kiadás, p. 599.**
21. **Csepeli, Gy.:** *Szociálpszichológia, Budapest, Osiris Kiadó, 2003*
22. **DeHart, R.L. (Ed.):** *Fundamentals of aerospace medicine, Philadelphia, US, Lea & Febiger, 1985. p. 22., 138., 370.*
23. **Eleki, Z.:** *A katonákkal szemben támasztott fizikai követelményrendszer hatásfokának vizsgálata. Phd Értekezés, Budapest, ZMNE, 2004. tézisek*
24. **Eiken, O., Kölegård, R., Lindborg, B., Aldman, M., Karlmar, K.E., Linder, J.:** *A new hydrostatic anti-g suit vs. A pneumatic anti-g system: preliminary comparison* **Aviation Space and Environmental Medicine** 2002. 73., p. 703-708.
25. **Epperson, W.L., Burton, R.R.:** *The effectiveness of specific weight training regimes on simulated aerial combat manoeuvre G tolerance.* **Aviation Space and Environmental Medicine.** 56. , p. 534-539.
26. **Ernsting, J. (Ed.):** *Aviation Medicine. Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000, 3. Kiadás*
27. **Fiedler, F.E.:** *Validation and extension of the contingency model of leadership effectiveness: A Review of empirical findings.* **Psychological Bulletin**, 1971., 76, p. 128-148,
28. **Fonyó, A.:** *Az Orvosi Élettan Tankönyve, Budapest, Medicina Könyvkiadó, 1997. p. 369-374.*
29. **Gibb, R.W.:** *Visual spatial disorientation: revisiting the black hole illusion.* **Aviation Space and Environmental Medicine** 2007., 78., p. 801-808.
30. **Goh, J., Wiegmann, D.:** *Human Factors Analysis Of Accidents Involving Visual Flight Rules Flight Into Adverse Weather.* **Aviation Space And Environmental Medicine**, 2002, 73., p. 817-822.
31. **Goodman, L. S., Lesage, S.:** *Impairment Of Cardiovascular And Vasomotor Responses During Tilt Table Simulation Of "Push-Pull" Maneuvers.* **Aviation Space and Environmental Medicine** 2002; 73., p. 971-979.

32. **Gotshall, R.W. et al.:** *Original Research. Validation of Impedance Cardiography During Lower Body Negative Pressure (LBNP).*
Aviation Space and Environmental Medicine 1999., 70., p. 6-10.
33. **Gray, G., Michel P.:** *Assessing the effects of crew exposure to cabin altitudes of 8,000 ft to 10,000 ft: A literature review and recommendations.*
Defence Research and Development Toronto, REPORT. (www.toronto.drdc-rddc.gc.ca)
34. **Green, N.D.C., Ford, S.A.:** *G induced loss of consciousness. Retrospective survey results from 2259 military aircrew.*
Aviation Space and Environmental Medicine 2006, 77., p. 619-623.
35. **Grossmann, A., Grossman, C., Boreboim, E.:** *Pre-hypertension as a predictor of hypertension in military aviators: a longitudinal study of 367 men.*
Aviation Space and Environmental Medicine 2006., 77., p. 1162-1165.
36. **Grósz, A.:** *A katonai repülő-hajózó állomány vizuális munkavégzőképességének mérési tapasztalatai. Kandidátusi értekezés, 1991, Budapest. p. 7., 77-91.*
37. **Grósz, A.:** *a pilóták vizuális munkavégző képességét befolyásoló tényezők.*
Honvédségi Szemle, 1990/6. szám, p. 99-107.
38. **Grósz, A.:** *A vizuális információfeldolgozó képesség. Vizuális Teljesítmény Teszt (VTT) Szemészet, 1989./126. p. 47-54.*
39. **Grósz, A., Szabó, S. A., Hornyik, J., Pozsgai, A., Vigh, Z.:** *Komplex adattörzstítő rendszer alkalmazásának lehetősége a repülőorvosi gyakorlatban. Honvédorvos, 2005/1-2. (57.) p. 96-97.,*
40. **Hallion, R.P.;** *1999 Louis H Bauer Lecture: Aerospace medicine near the millenium: adaptation, anticipation, and advancement.*
Aviation Space and Environmental Medicine 1999. ,70., p. 1117-1124.
41. **Hayes, G., :** *Inflight Anxiety Conditions Presenting With 'Break-Off Symptoms'.*
Aviation Space and Environmental Medicine, 1991, 62., 342-345.
42. **Hämäläinen, O., Toivakka-Hämäläinen S.K., Kuronen P. Kaisaviat: +Gz Associated Stenosis Of The Cervical Spinal Canal In Fighter Pilots.**
Aviation Space and Environmental Medicine 1999, 70., p. 330-334.
43. **Hendriksen, I.J.M., Holewijn, M.:** *Degenerative changes of the spine of Fighter Pilots of the Royal Netherlands Air Force.*
Aviation Space and Environmental Medicine 1999, 70., p. 1057-1063.
44. **Hideg, J.:** *A magyar űrhajósjelöltek kiválogatása és az első szovjet-magyar űrrepülés során szerzett tudományos tapasztalatok felhasználása vadászpilóták alkalmasságának elbírálásában. Hadtudományi értekezés, Budapest, 1981. p. 1-5.*
45. **Hoffman, J.R., Kahana, A., Chapnik, L., Shamiss, A., Davidson, B.:** *The Relationship Of Physical Fitness On Pilot Candidate Selection In The Israel Air Force*
Aviation Space and Environmental Medicine 1999. 70., p. 131-134.
46. **Hornyik, J., Grósz, A., Tóth, E.:** *Effect of Professional Skill on Signal Detection Performance in a Simulated Stress Situation.*

- 55th International Congress of Aviation and Space Medicine, ICASM 2007. Bécs, Ausztria, 2007.09.16 – 09.20. (poszter)**
47. **Hultgren H.N.:** *Magaslati orvosi problémák Scientific American (OrvosTudomány 1993), Orvostudomány aktuális kérdései, p. IX./12.*
48. **Janáky, M., Grósz, A., Tóth, E., Benedek, K., Benedek, Gy.:** *Hypobaric Hypoxia Reduces the Amplitude of Oscillatory Potentials in the Human ERG. Doc Ophthalmol 2007., 114., p. 45-51.*
49. **Jones, D.G., Endsley, M.R.:** *Sources Of Situation Awareness Errors In Aviation Aviation Space and Environmental Medicine, 1996, 67., p. 507-512.*
50. **Joy, M:** *Cardiological Aspects Of Aviation Safety – The New European Perspective European Heart Journal., 1992., 13., Supplementum. H. p. 21-26.*
51. **Julian, D.G. (Ed.):** *Disease Of The Heart. London, W.B. Saunders Company Ltd., 1996. p. 989-990.*
52. **Kikukawa, A. :** *G-Related Musculoskeletal Spine Symptoms . Aviation Space and Environmental Medicine, 1995., 66., p. 269-272.*
53. **Knapp, C.J., Johnson, R.:** *F-16 Class A Mishaps In The U.S. Air Force, 1975 - 93. Aviation Space and Environmental Medicine 1996. 67., p. 777-783.*
54. **Kobayashi, A., Tong, A. Kikukawa, A:** *Pilot Cerebral Oxygen Status During Air-To-Air Combat Maneuvering. Aviation Space and Environmental Medicine 2002; 73., p. 919-924.*
55. **Kopp, M.:** *Selye János 1907-1982. Magyar Tudomány 2007. 05. p. 614.*
56. **Kovács, G.:** *STRESSZ-PSZICHÉ-SZÓMA; Szatellit Szimpózium és Jegyzet Az MH Orvostudományi Tanács 2001. Konferenciájához.*
57. **Kovács, P.:** *Terhelés-, és teljesítmény-élettani mutatók vizsgálata a Magyar Honvédség és a civil szféra hadrafoghatóság szempontjából érintett területein. PhD értekezés, ZMNE, 2005. tézisek.*
58. **Krishnamurty, A:** *Current concept in acceleration physiology. Essays and articles of Indian Society of Aerospace Medicine, p. 12. (www.isamindia.org/essays, letöltve 2003.07.07. nyomán)*
59. **Kubicek, W.G. et al.:** *Development and evaluation of an impedance cardiac output system. Aerospace Medicine 1966., 37., p. 1208*
60. **Landau, D.A., Chapwick, L., Yoffe, N.:** *Cervical and lumbar MRI findings in aviators as a function of aircraft type. Aviation Space and Environmental Medicine 2006, 77., p. 1158-1161.*
61. **László, Z. és mtsai:** *Szimulált orthostasis Cardiologia Hungarica. Vol. 28. No. 2. 1999. p. 47-51.*

62. **Ledderhos, C., Pongratz, H., Exner, J., et al.:** *Reduced Tolerance Of Simulated Altitude (4200 m) In Young Men With Borderline Hypertension.*
Aviation Space and Environmental Medicine 2002., 73., p. 1063-1066.
63. **Leppäluoto, L. T.K., Ruokonen, A.:** *Neuroendocrin responses and psychomotor test results in subjects participating in military pilot selection.*
Aviation Space and Environmental Medicine 1999., 70., p. 571-576.
64. **Lyons, T., Davenport, C., Copley, B., Binder, H.:** *Preventing G-induced loss of consciousness: 20 years of operational experience.*
Aviation Space and Environmental Medicine 2004., 75., p. 150-153.
65. **Lyons, T.J., Ercoline, W., O'Toole, K.:** *Aircraft and related factors in crashes involving spatial disorientation: 15 years of USAF data.*
Aviation Space and Environmental Medicine 2006., 77., p. 720-723.
66. **Lyons, T. J., Kraft, N., Copley, B.:** *Analysis of mission and aircraft factors in G-induced loss of consciousness in the USAF: 1982-2002.*
Aviation Space and Environmental Medicine 2004., 75., p. 479-481.
67. **Matricardi, P.:** *A harci repülőgépek nagy könyve.*
GABO Könyvkiadó, Budapest 2006. p. 233., 388., 418.
68. **Mccrary, B. F. Van Syoc D.L.:** *Permanent Flying Disqualifications Of USAF Pilots And Navigators (1995-1999)*
Aviation Space and Environmental Medicine 2002., 73., p. 1117-1121.
69. **Mohácsi, A., Lizanecz, E.:** *Az Endotheldiszfunkció Jelentősége És Kezelésének Lehetőségei Krónikus Szívelégtelenségben.*
Lege Artis Medicinae 2002., 12(8) p. 467-473.
70. **Newman, D.G., White, S.W., Callister, R.:** *Patterns Of Physical Conditioning In Royal Australian Air Force F/A-18 Pilots And The Implications For +Gz Tolerance*
Aviation Space and Environmental Medicine 1999., 70., p. 739-744..
71. **Newman, D.G. et al.:** *The Non-Invasive Assessment Of Stroke Volume And Cardiac Output By Impedance Cardiography: A Review.*
Aviation Space and Environmental Medicine 1999., 70., p. 780-789.
72. **Nikolaev, V.P.:** *Probabilistic model of decompression sickness based on stochastic models of bubbling in tissues.*
Aviation Space and Environmental Medicine 2004., 75., p. 603-609.
73. **Ommaya, A.K., Hirsch, A.E.:** *Tolerances For Cerebral Concussion From Head Impact And Whiplash In Primates.*
Journal Of Biomechanics, 4, 13, 1971.
74. **Óvári, Gy.:** *Régi gondok új közelítésben: vadászrepülőgép beszerzés 2000 után.*
Hadtudomány IX Évf. 3.-4. szám. 1999. december (www. zmne. hu/kulso /mhtt /hadtudomany /1999 /ht-1999-34-14.html, letöltve 2008. 08. 27.)

75. **Pászti, Zs.:** *USAFSAM Amerikai Légierő Repülőorvosi Tanfolyam jegyzete, AFB Brooks, Texas. 1998.*
76. **Paul, M.A., Gray, G., MacLellan, M., Pigeau, R.A.:** *Sleep-Inducing Pharmaceuticals: a comparison of Melatonin, Zaleplon, Zopiclone, and Temazepam. Aviation Space and Environmental Medicine 2004., 75., p. 512-518.*
77. **Peták, Gy. –Szabó, J.:** *A Gripen. Petit Real Könyvkiadó, Budapest, 2003. p. 59.*
78. **Péter, I., Tóth, E., Grósz, A., Hideg, J.:** *Longitudinális ISZB rizikófaktor vizsgálatok katonai pilótáknál. Honvédorvos, 2005. 3-4 szám, p. 146-155.*
79. **Pierard, C., Lallement, G.:** *Modafinil: A Molecule of Military Interest. In RTO Technical Report 14, Medication for Military Aircrew. RTO-TR-014 AC/323 (HFM-014)TP/14*
80. **Ramsey, C.S., Snyder, Q. C.:** *Altitude-induced migraine headache secondary to pravastatin: case report. Aviation Space and Environmental Medicine 1998; 69, p. 603-606.*
81. **Reason, J.:** *Human Error: Models And Management. British Medical Journal 2000 . 320 (7237): p. 768–770.,*
82. **Remes, P., Pozsgai, A., Hideg, J., Kiszely, I., Lehoczky, L.:** *Tapasztalatok reális repülés alatti Holter vizsgálatokkal. Honvédorvos 18. évf. 1991/2. p. 109-117.*
83. **Remes, P., Augusztin, G., Kiszely, I., Pozsgai, A., Kalmár, S.:** *Ambuláns vérnyomásmonitorozással szerzett tapasztalataink. Szegedi Akad. Biz. Hypertonia Szimpóziuma, 1994. Szeged*
84. **Rendall, I.:** *Vadászrepülő. Légiharc a sugárhajtású gépek korában. Gold Book Kft, Budapest, 1997. p. 119., 245.*
85. **Rozelle, R. (dir.):** *Flight Safety Foundation News. FSF president calls for renewed attack against CFIT scourge. 2002.nov.5.*
86. **Self, B.P., Balldin, U.P., Shaffstall, R.M., Morgan, T.R.:** *Pressurized Sleeves And Gloves For Protection Against Acceleration-Induced Arm Pain. Aviation Space and Environmental Medicine 2000., 71., p. 501-505.*
87. **Sevre, K., Bendz, B., Rostrup, M.:** *Reduced Baroreceptor Reflex Sensitivity And Increased Blood Pressure Variability At 2400 M Simulated Cabin Altitude. Aviation Space and Environmental Medicine 2002., 73., p. 632-634.*
88. **Smith, A.M.:** *Acute hypoxia and related symptoms on mild exertion at simulated altitudes below 3048 m. Aviation Space and Environmental Medicine 2007., 78., p. 979-984.*
89. **Smith, M.H. (USA MEDDAC Heidelberg):** *Orientation and history of Aviation Medicine. Magyar-Amerikai katonarvosi kongresszus előadása, Budapest.2004.*

90. **Stepanek, J., Buck, C., Holets, S.:** *Hypoxia awareness training: past, present and future developments.* Mayo Clinic Rochester, MN. *Aviat. Space Environ Med* 2004., 75., B56
AsMA Meeting Abstracts.
91. **Strong, J et al.:** *Prevalence and Extent of Atherosclerosis in Adolescents and Young Adults.* *JAMA.* 1999., 281., p. 727-735.
92. **Svéd, L.:** *A Magyar Honvédség egészségügyi biztosítása, elvének és gyakorlatának változásai, sajátosságai, különös tekintettel a haderő átalakításra, a NATO-ba történő integrálásra, a különböző fegyveres konfliktusok, valamint a békefenntartó, béketeremtő, és – támogató tevékenységre.* PhD értekezés, p. 81. **ZMNE Hadtudományi Iskola, Budapest, 2003.**
93. **Szabó, J. (Ed.):** *Hadtudományi Lexikon.* Budapest, MHTT. 1995. p. 898.
94. **Szabó, J. (Ed.):** *Repülési Lexikon.* Budapest, Akadémiai Kiadó, 1991. II. kötet, p. 172., 261.
95. **Szabó, M.:** *A Magyar Királyi Honvéd Légierő a II. Világháborúban.* 1987. Zrínyi Katonai Kiadó. p. 7.
96. **Szilágyi, T.:** *A légvédelmi és repülőcsapatok hadműveleti művészetének alapjai.* Budapest, ZMNE 1994. p. 109.
97. **Sztanojev, Gy., Szombati, Gy., Szigeti, J., Manyák, E.:** *Katapultált pilóták gerincsérülései és rehabilitációjuk.* *Honvédorvos:* 1997. 49 1. szám, p. 18-31.
98. **Taneja, N., Wiegmann, D.A.:** *Prevalence Of Cardiovascular Abnormalities In Pilots Involved In Fatal General Aviation Airplane Accidents .* *Aviation Space and Environmental Medicine* 2002., 73., p. 1025-1030.
99. **Thomas, T. K. et al.:** *Controlled Flight Into Terrain Accidents Among Commuter And Air Taxi Operators In Alaska* *Aviation Space and Environmental Medicine* 2000., 71., p. 1098-1103.
100. **Tvaryanas, A.P., Thompson, W.T., Constable, S.H.:** *Human factors in remotely piloted aircraft operations. HFACS analysis of 221 mishaps over 10 years.* *Aviation Space and Environmental Medicine* 2006., 77., p. 724-732.
101. **Varga, F.:** *A légi harc változása az I. Világháborútól napjainkig.* PhD Értekezés, Budapest , ZMNE 2001. p. 42., 131.
102. **Weber, D. K.:** *Aeromedical Waiver Status In U.S. Naval Aviators Involved In Class A Mishaps.* *Aviation Space and Environmental Medicine* 2002., 73., p. 791-797.
103. **Westendorp, R.G.J., Blauw, G. J., Fršlich, M.:** *Hypoxic syncope.* *Aviation Space and Environmental Medicine* 1997., 68., p. 410-414.

104. **Wiegmann, D.A., Shappell, S.A.:** *Human Error Analysis Of Commercial Aviation Accidents: Application Of The Human Factors Analysis And Classification System (HFACS)* **Aviation Space and Environmental Medicine 2001., 72., p. 1006-1016.**
105. **Young, P., Frier, B.C., Goodman, L., Duffin, J.:** *Respiratory muscle training and performance of a simulated anti G strain manoeuvre.* **Aviation Space and Environmental Medicine 2007., 78., p. 1035-1041.**
106. **Zhang, L.:** *Cognitive performance and physiological changes in females at high G while protected with COMBAT EDGE and ATAGS.* **Aviation Space and Environmental Medicine 1999., 70., p. 857-862.**
107. **Zhang, L.M., Yu, L.S., Wang, K.N.:** *The psychophysiological assessment method for pilot's professional reliability.* **Aviation Space and Environmental Medicine 1997., 68., p. 368-372.**

HONLAPOK:

www.nsa.nato.int, (*NATO repülőorvosi Standardizációs Egyezmények*)
www.toronto.drdc-rddc.gc.ca/publications/factsheets/,
www.isamindia.org/essays, www.airforce.forces.gc.ca/site/newsroom/news_e.asp?id=1514 ,
www.flightsafety.org., www.Gripen.com, www.airdisaster.com , accident database,
[http//.hu.wikipedia.org](http://hu.wikipedia.org), www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/equip/eject.htm
www.asma.org/publications/toc_compendium, www.iata.org , www.af.mil, www.jetfly.hu

EGYÉB:

1. **NATO Handbook.** NATO Office Of Information and Press, Brüsszel, Belgium, 2001. p. 527.
2. **Amedp14: NATO Szövetségi Publikáció.** „Prevention and treatment of climatic and environmental injuries”, azaz „Klimatikus és környezeti tényezők által okozott sérülések megelőzése és kezelése”. 1. fejezet: Magashegyi betegség.
3. **RTO-TR-014: Medication For Military Aircrew: Current Use, Issues, And Strategies For Expanded Options.** RTO-TR-014 , AC/323(HFM-014)TP/14, ISBN 92-837-1063-0, The RTO Human Factors And Medicine Panel (HFM), June 2001
4. **Aero Magazin 1999. februári szám** , p. 22-24. (www.dasa.de nyomán)
5. **United States Naval Flight Surgeon's Manual: Third Edition 1991. Chapter 1: Physiology of flight. Chapter 22: Emergency Escape From Aircraft,** www.vnh.orh (virtual naval hospital) nyomán.
6. **7/2006 (III.21) HM rendelet** : A hivatásos és szerződéses katonai szolgálatra, valamint a katonai oktatási intézményi tanulmányokra való egészségi, pszichikai és fizikai alkalmasság elbírálásáról. **Honvédelmi Közlöny 9., p. 620-637.**