

A poszt-covid szindróma repülésbiztonsági jelentősége

Dr. Guth-Orji Ágnes Judit orvos őrnagy

Kulcsszavak: poszt-covid szindróma, repülésbiztonság, humán faktor, repülőorvosi alkalmasság, krónikus fáradtság

A Covid-19 fertőzés számos tekintetben befolyásolja a pilóták repülőorvosi alkalmasságát. A hazai és a nemzetközi kutatások célkeresztjében vannak jelenleg a Covid-19 fertőzésen átesett páciensek hosszútávú panaszai, szövődményei. Ezek között számos olyan szövődmény is van, melyek komoly repülésbiztonsági problémát jelentenek a pilóták hirtelen cselekvőképtelenségének kialakulási kockázatát növelve. Különösen igaz ez több szubjektív, mentális vagy pszichés poszt-covid panaszra, melyek a repülési stressz-faktorok hatására komoly veszélyforrássá alakulhatnak a pilóta inkapacitálódását okozva. Az MH EK RAVGYI-ban végrehajtott rendszeres repülőorvosi alkalmasságvizsgálatok lehetőséget adnak a Covid-19 fertőzésen átesett repülőgépvezetők körében a poszt-covid szindróma tüneteinek, lefolyásának vizsgálatára, ezek repülésbiztonsági kockázatának értékelésére és lehetséges megelőzési módjainak megállapítására

„Mi mehet végbe egy pilóta fejében, amikor már kimerítette a 'check list' minden elemét és mégsem ért el javulást az állapotában? Most gondolj bele, ha a probléma, aminek megoldására a megszokott, begyakorolt check list-et végigcsináltad, az élettani probléma! Képzeld el azt a zsigeri félelmet, amikor egyre inkább szédülsz és a fejed másnaposnak érzed, a látásod elhomályosodik és a végtagjaid elzsibbadnak. Most add hozzá ehhez a zsigeri félelemhez a pszichológiai pánikot, amikor elérsz a vészhelyzetre begyakorolt check list végére és csak még rosszabbul

érezd magad. Gondold bele magad ebbe a helyzetbe és máris megérted, mit nevezett számos vadászpilóta az elmúlt évtizedben megmagyarázatlan élettani eseménynek” [1]. Ez a gondolatmenet felhívja a figyelmet a pilóták körében egyre gyakrabban előforduló élettani panaszok miatt kialakult vészhelyzetekre, amelyek önmagukban is nehezen uralható pánikot váltanak ki még a legnagyobb gyakorlattal rendelkező pilóták esetében is, ahol csődöt mond a „train as fight – and fight as trained”, azaz a kiképzés során megtanult minden elhárítási mód. A Covid-19 fertő-

zésen átesett pilóták esetében a poszt-covid maradványtünetek okozta élettani problémák, munkavégző- és teljesítőképesség csökkenés ehhez nagyon hasonló vagy akár ennél is komolyabb vészhelyzetekhez, akár hirtelen cselekvőképtelenség kialakulásához is vezethetnek. Ez jelentősen növeli a Covid-19 fertőzésen átesett pilóták körében a repülésbiztonsági kockázatot, továbbá a repülőesemények, repülő katasztrófák által sújtott területek, emberek, infrastruktúra súlyos károkat szenvedhet, tehát a poszt-covid szindróma nem csak repülésbiztonsági kérdés, hanem kihathat a környezetbiztonságra, a kritikus infrastruktúrákra, esetleg az utasok és azok családjainak életére.

Az UPE (unidentified physiological events – megmagyarázatlan élettani események) jelenleg a NATO első számú repülőorvosi problémája, a pilóták hirtelen cselekvőképtelenségének egyik legfőbb oka. Az UPE események előfordulása meredeken emelkedik a modern repülőgéptípusok megjelenése óta: 2008 és 2018 között az USAF F-18 pilóták körében több, mint 600 UPE eseményt jelentettek, melyek egy része földi körülmények között vagy útvonalrepülések közben jelentkezett, tehát nem magyarázható a klasszikus magassági hypoxia vagy a manőverek során jelentkező G túlterhelésekkel [2]. A XXI. századi modern repülőtechnikák fejlődése, különösen a szuperszonikus vadászrepülőgépek manőverező képességét és ezzel a légi harc képességeit javító technikai újítások, a kétségtelen aerodinamikai előnyök mellett, jelentősen nagyobb repülés-élettani terhelést is jelentenek a pilóták számára. A delta- vagy kacsaszárny megjelenése, a megnövekedett felhajtóerőt biztosító repülőmérnöki újítások, a rövid (STOL, short take off and landing pl. a 4. generációs JAS-39 Gripen vadászrepülőgép), illetve akár vertikális

fel- és leszállás képességét (VTOL – vertical take off and landing pl. F-35 5. generációs vadászrepülőgép) lehetővé tevő innovációk a repülőeszközre ható mechanikai, aerodinamikai erőket használják ki a mérnök-műszaki megoldások lévén. Ám ezek az erők a gép agyaként is aposztrófált emberre, a pilótára is ugyanúgy hatnak. Ma mindennél inkább igaz a kutatás mottójául választott *Louis Bleriot* idézet, miszerint a repülőgép teljesítményének maximumát az ember teljesítőképességének (a humán faktornak) határa szabja meg.

A megnövekedett élettani kihívásokat tükrözi a NATO STANAG követelményekben a vadászpilóták gravitációs és gyorsulási túlterheléssel szembeni kvalifikálási követelményeinek megemlése: az EuroFighter és a JAS39 Gripen vadászgépek pilótáinak a korábbi 7G túlterheléssel szemben már 9G túlterhelést kell tudniuk elviselni 10 másodpercig eszméletvesztés (G-LOC) nélkül. Mindemellett a repülés dinamikus fázisaiban rövid ideig ennél nagyobb gravitációs vagy gyorsulási túlterhelések is érhetik a pilótákat. Ezeknek a repülés-élettani kihívásoknak csak egészséges, jó teherbírási és megfelelő funkcionális tartalékapacitással rendelkező pilóták tudnak megfelelni anélkül, hogy hirtelen cselekvőképtelenség alakulna ki [3]. A szubszonikus repülőgéptípusok és a polgári pilóták esetében pedig a repülésben tapasztalható életkor kitolódás okozta egészségügyi kockázatnövekedés jelent repülésbiztonsági kockázatot. Napjainkban a polgári repülőorvosi alkalmasság egyik legvitatottabb kérdése ezen repülésbiztonsági kockázatnövekedés miatt a repülésre alkalmas életkor felső határa.

A repülőtechnikában tapasztalható rohamos fejlődés miatt megnövekedett repülés-élettani kihívások és a repülő-

hajózó állomány életkorának kitolódása felhívja a figyelmet a humán faktor hibák előfordulásának rizikónövekedésére mind a katonai, mind a civil pilóták körében, a repülőorvosi alkalmasság megítélésének kérdéseire, súlyozottan a hirtelen cselekvőképtelenség kialakulásának megelőzése szempontjából. Ezen események kutatása és megértése jelentősen növelheti a repülésbiztonságot, csökkentve a HSI (Human System Integration – az ember és gép komplexe) rendszerének humán faktorból eredő hibalehetőségeit.

A humán faktor hibák az I. világháború óta dokumentáltak a repülőbalesetek leggyakoribb okai [4], amelyek a legújabb repülésbiztonsági menedzsment rendszerek mellett is megmaradtak napjainkban a repülésben, a környezeti és nukleáris balesetek előfordulásában a leggyakoribb oknak [5]. A leggyakoribb humán faktor hibák a fáradtság, a figyelem zavara, a tudatosság (orientáció) hiánya, a megemelkedett pszichikai nyomás és a stressz [5]. Ezek egyúttal a leggyakoribb poszt-covid szövődményként kerültek leírásra a Covid-19 pandémia óta összegyűlt hazai és nemzetközi tanulmányokban, egymással teljes összhangban (krónikus fáradékonyság, koncentrációs zavar, brain fog, azaz kódos agy, reakcióidő romlás, információ feldolgozó képesség romlása, munkavégző képesség romlása, pszichés zavarok (úm. pánik, depresszió, az öngyilkossági gondolatok előfordulásának növekedése, rövid idejű pszichózis, poszt-traumatisztikus stressz reakció [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. A poszt-covid tünetek szakirodalma alapján a jelentősen megemelkedett repülésbiztonsági rizikó végett vizsgálni érdemes mind a katonai, mind a civil repülő-hajózó állomány körében a poszt-covid tünetek előfordulásának

gyakoróságát, természetét, azok repülésbiztonsági rizikóját, esetleges kimutatásuk és monitorizálásuk lehetséges módjait, és ezen mérési módszerek katonai és repülőműszaki kompatibilitását, interoperabilitását, a szükséges élettani paraméterek folyamatos adattovábbítási lehetőségeit a poszt-covid tünetek okozta hirtelen cselekvőképtelenség megelőzése érdekében.

A repülőorvosi alkalmasság megítélése, különös tekintettel a poszt-covid tünetekre

A repülésélettan és a repülőorvostan a repüléssel közel egyidősnek mondható, mivel gyorsan felismerték, hogy „nem az anyag ellenállása limitálja a mesterséges madár aerodinamikai teljesítményét, sokkal inkább az ember élettani ellenállása, aki a mesterséges madár agya” (*Louis Bleriot*). Az I. világháborúban bekövetkezett repülőbalesetek 90%-át humán faktor hiba okozta, melynek kb. 60%-a szomatikus problémákra, a pilóta hirtelen cselekvőképtelenné válására vezethető vissza [4]. Ezek kiszűrésére, megelőzésére jött létre a repülőorvosi alkalmasság vizsgálatok és tudományos kutatások rendszere, folyamatosan vizsgálva a pilótajelöltek és a pilóták repülésre való alkalmasságát a *Hopkirk* kritériumnak megfelelően letiltva, korlátozva mindazokat, akiknél az egészségi állapotban bekövetkezett elváltozás miatt a hirtelen cselekvőképtelenség kialakulásának kockázata az elkövetkező egy év leforgása alatt 1%-nál magasabb lehet. A repülőorvosi alkalmasság vizsgálatokkal már a két világháború között is sikerült a szomatikus betegségből adódó repülőbalesetek számát 60%-ról 12%-ra csökkenteni [4]. Napjainkban a repülőorvostan igyekszik lépést tartani a repü-

lőtechnika modernizációjából eredő fokozott élettani terhelésnek kitett pilóták alkalmasság vizsgálati során a megnövekedett elvárásoknak, nagyobb élettani rizikónak. Ehhez a vizsgálatok során alkalmazott funkcionális diagnosztikai módszerek és a nemzeti, valamint a nemzetközi civil és katonai repülőorvosi alkalmasságot [33, 34, 35] szabályozó jogszabályok, valamint NATO STANAG-ek kerültek kiadásra [6]. Ezek a szabályzók a légzésfunkciós problémák, hypoxia tűrő képesség (légszomj), kognitív képességek (brain fog, reakció idő, információ feldolgozó képesség), fizikai teherbírás (krónikus fáradékonyosság) tekintetében mérhető (katonai repülőorvosi vizsgáló módszerek esetében) eredményeken, más esetekben, pl. pszichés zavaroknál (depresszió, öngyilkossági gondolatok, stressz szint és stressztűrő képesség) a repülésélettanban járatos pszichofiziológusok tapasztalatán alapulnak. Utóbbi kérdés, a repülésre való pszichés alkalmasság a katonai állománynál régóta alaposan vizsgált és nyomon követett, ám polgári repülésben egészen az elmúlt időszakig (German Wings katasztrófák) szinte alig értékelt faktor volt. A közelmúlt sajnálatos eseményei kapcsán az EU szabályzó [35] is bevezette a pszichológiai alkalmasság vizsgálatát polgári pilótáknál, ám nem minden repülőgép és pilótaengedély típus tekintetében, és sajnos konkrét módszertant sem határozott meg (illetékesség, elvégzendő vizsgálati protokoll stb.). Ez a terület most még nagyobb jelentőséggel bír, figyelembe véve a poszt-covid szindrómás betegek körében fokozott gyakorisággal előforduló – nem csupán a meglévő probléma fokozódása, hanem poszt-covid időszakban új keletű diagnózisként is észlelt – pszichés zavarokat [13]. Különösen igaz ez a polgári repülő-hajózó pilótákra, ahol

a jogszabályi követelmények enyhébbek, könnyű repülőgép pilóta engedélyek (LAPL) tekintetében akár repülőorvosi ismeretekkel nem rendelkező orvos által is kiadható egészségügyi szakszolgálati engedély (ugyanakkor a LAPL könnyű repülőgépek pilótáinak hirtelen cselekvőképtelenné válása miatti lezuhanás is ugyanakkora természeti, környezeti, ipari, kritikus infrastruktúrális és humanitárius katasztrófát okozhat). Ez a populáció idősebb, jellemzően több alapbetegséggel is rendelkezik, több káros szenvedélye lehet, ritkábban és kevesebb diagnosztikus módszerrel szűrve. Az előrehaladott életkort ellensúlyozza a repülési tapasztalat [17], azonban a poszt-covid szindrómában a szövődmények gyakorisága és súlyossága pozitívan korrelál a meglévő rizikófaktorok számával (életkor, alapbetegségek) [10, 11, 20], így a körükben a szakirodalmakban is leírt tapasztalatok szerint súlyosabb lefolyású Covid-19 fertőzés és több, illetve súlyosabb maradványtünet, súlyosabb és elhúzódóbb poszt-covid rehabilitáció válhat szükségessé, azaz összességében a polgári repülő-hajózó állomány körében nagyobb repülésbiztonsági rizikót jelenthetnek a poszt-covid tünetek. Ugyanezen logika alapján felvetődik a pilóta nélküli repülőgépek kezelői, a légiforgalmi irányítók, repülőműszaki kiszolgáló személyek esetében a poszt-covid szindróma okozta repülésbiztonsági kockázat megnövekedése.

A hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintése

Jelen pandémiás helyzet kezdete óta most kezdenek el gyűlni a tapasztalatok, az adatok és a tudományos közlemények a Covid-19 vírusfertőzésen átesett páciensek körében észlelhető olyan hosszú-

távú szövődmények, maradványtünetek tekintetében, amelyek közül számosnak lehet repülésbiztonságot befolyásoló hatása a pilóták körében kialakuló hirtelen cselekvőképtelenség kockázatának növelése miatt.

A Covid-19 fertőzésen átesett személyeknél szignifikánsan romlik a munkavégző teljesítmény mind a reakcióidő, mind a hibaszázalék tekintetében [7]. Nemzetközi kutatások igazolták, hogy a COVID-19 fertőzésen átesett betegek jelentős része – mintegy 60-70%-a – beszámolt elhúzódó fáradtság, fáradékonyság kialakulásáról, 40–60% tartós légzési problémákról vagy légszomjról és 25–45%-uk elhúzódó pszichológiai rendellenességekről az infekció lefolyásának súlyosságával arányosan [8]. Számos repülésbiztonságban humán faktor hiba rizikót növelő tünet, panasz a felgyógyulást követően még hosszú ideig fennáll. Három, vagy akár hat hónappal a Covid-19 fertőzés után, amikor a tüdőparenchima érintettsége már meggyógyult, a betegek jelentős része számolt be krónikus fáradtságról (kb. 70% három és 34% 6 hónap után is), az életminőség és a funkcionális képességek romlásáról (pl. légzésfunkciós teszt, hatperces gyakorlat teszt, valamint a mentális, kognitív és életminőség felmérésére szolgáló kérdőívek kitöltése során) [9].

Az áttekintett szakirodalomban a poszt-covid tünetek előfordulási gyakoriságában a korai cikkek, a 2021-es év elejétől megjelenő nagyobb létszámú betegek adatait feldolgozó kohort tanulmányok és a mostanában megjelent, a korábbi tanulmányokat áttekintő meta-analízisek lényegében nem mutatnak különbséget (lásd I. táblázat). A legnagyobb áttekintő tanulmány százalékos adatai valamivel alacsonyabbak, mivel a szerzők ez esetben korrigálták az eredeti vizsgálá-

tok statisztikai adatait, beleszámították az összes poszt-covid beteget a vizsgált populációba, azokat is, akiket az eredeti szerzők kihagytak a statisztikai analízisből például elhalálozás vagy kooperáció hiánya miatt. Így érthető módon a nagyobb vizsgálati szám miatt kicsivel kevesebb százalék jött ki az egyes poszt-covid tünetek tekintetében. Ebben a 2021 októberében megjelent meta-analízisben fogalmazták meg az eddigi poszt-covid irodalmak kritikáit is [11]:

- Viszonylag kis létszámú beteganyag bevonásával készültek (24–287 fő), de a 2021-es évben már megjelentek nagy létszámú betegek adatait feldolgozó tanulmányok is (4182 igazolt Covid-19 fertőzésen átesett beteg telefonos applikációval történő utánkötése Nagy-Britanniában az egészségügyi adatbázisok áttekintésével [32]; 62 354 igazolt Covid-19 beteg bevonásával retrospektív kohort tanulmány a társuló új és/vagy meglévő pszichiátriai diagnózisok tekintetében az USA-ban [13]).
- A szerzők nagy része kórházi kezeléssel járó középsúlyos vagy súlyos lefolyású Covid-19 fertőzésen átesett betegek adatait vizsgálta, mivel a kezdetekben ezekhez volt hozzáférése. Ez alapján idősebb (átlag életkor kb. 60 év) és több alapbetegséggel küzdő, rizikósabb betegek adataiból vontak le következtetéseket. Ez a jelen kutatás szempontjából releváns lehet és nem hátráltató tényező, mivel a polgári pilóták körében főleg az idősebb, több alapbetegséggel rendelkező populáció jelenti a poszt-covid tünetek miatt megnövekedett repülésbiztonsági rizikót, tehát a tanulmányok előrejelzései használhatóak erre a csoportra, minthogy náluk súlyosabb lefolyású Covid-19 fertőzés várható. Mindezek mellett jelent meg egy kifejezetten fiatal és többnyire

egészséges személyeknél végzett (kérdőíves) felmérés [10] (átlag életkor 30 év, 70% alapbetegség nélkül) is, mely populáció megfeleltethető a katonai és a fiatalabb polgári pilóták körében várható tünetekkel. Érdekes módon a fiatalabb, egészségesebb populációból származó betegek körében is a krónikus fáradtság 73%-ban volt jelen. A betegek 90%-a jelzett több poszt-covid tünetet is, amelyekből kiemelendő a krónikus fáradtság (73%), nyugtalanság (38%), mellkasi panaszok (29%), depresszió (28,6%), dyspnoe (28,2%) mellett az új keletű diabétesz diagnózis (2,4%). Ez azonos azzal, amit mi magunk tapasztalunk a katonai alkalmasság vizsgálatokon Covid-19 fertőzés szövődményei miatt kért soron kívüli egészségügyi minősítések során, ahol akut myocarditis mellett jellemzően új keletű diabétesz és új keletű hipertónia diagnózisa okán kéri a viszonylag fiatal, addig egészséges katonák soron kívüli alkalmasság vizsgálatát.

• A tanulmányok statisztikai a szerző szavaival élve „elfogult” szelekción alapulnak [11], és nem minden esetben a tényleges összesen vizsgált beteg adatain. Ennek háttérében véleményem szerint technikai okok sejthetők: a kritizált tanulmányokban olyan betegek kerültek kizárásra, akik vagy nem kooperáltak, nem fejezték be a vizsgálatot, vagy a demencia foka volt túl nagy az érdemi vizsgálathoz, vagy nem volt adott a beteg részéről a technikai feltétel (eszköz, eszközismeret), vagy a beteg meghalt. Ezen kritika ellen szól, hogy a meta-analízissel és a nagyobb számú beteg vizsgálatából készült tanulmányok érdemben, nagyságrendben ugyanazokat az adatokat közölték a jelen kutatás szempontjából fontos repülésbiztonsági rizikót jelentő

poszt-covid tünetekről (*lásd I. táblázat*).

• A legtöbb poszt-covid tanulmány utánkövetéssel, kérdőíves módszerekkel szubjektív skálán mérte fel a panaszok súlyosságát. Viszonylag kevés szerző végzett el klinikai tesztek a panaszok, terhelhetőség megítélésére [9] (légzés-funkciós vizsgálat, 6 perces gyaloglás teszt szaturáció méréssel, képkalkotó diagnosztika, tényleges demencia és reakcióidőt, információ feldolgozó képességet mérő tesztek), amelyek alapján a betegek 99%-ában megszűnt, vagy már szignifikánsan csökkent a tüdőparenchima Covid-19 fertőzésre jellemző opacitása. Mégis a betegek 22%-ánál csökkent a fizikai teljesítmény (romló 6 perces séta teszt eredmény) és e mellett a betegek 16%-a deszaturálódott is (a szaturáció minimum 4%-ot romlott). A betegek 36%-ánál mutattak ki mentális vagy kognitív funkciózavart. Kérdőíven a krónikus fáradtság a vizsgáltak 69%-ánál, a funkcionális képességek romlása 65%-nál volt kimutatható).

A poszt-covid tünetek között az egyik leggyakrabban leírt a krónikus fáradtság, amely kiemelt kutatási kérdés lehet, mivel ez a tényező élettani hatásában az alkoholos befolyásoltsághoz hasonló munkaképesség és teljesítmény csökkenést okoz [18]. Mint humán faktor hiba, olyan régóta ismert repülésbiztonsági rizikót jelent, hogy 2016-tól a Nemzetközi Civil Repülő Szövetség (International Civil Aviation Organisation – ICAO) Repülésbiztonsági Menedzsment Rendszerének (SMS, Safety Management System) külön szabályozóját képezi [36]. A NASA 1994-ben végzett kísérletében EEG hullámok, szemmozgás monitorizálás és a reakció idő mérésére alkalmas Pszichomotoros Vigilancia Teszt segítségével vizsgálta a hosszútávú

I. táblázat. Egyes repülésbiztonsági rizikót jelentő poszt-covid tünetek előfordulási gyakorisága a nemzetközi szakirodalom adatai alapján (a szerző saját munkája)

Repülésbiztonsági kockázatot jelentő poszt-covid tünetek	Fáradtság	Koncentr. probléma	Pszichés probléma	Légszomj
Comprehensive health assessment three months after recovery from acute COVID-19 Bram van den Borst et al. Clin Infect Dis., 2021, 73(5):e1089-e1098. DOI: 10.1093/cid/ciaa1750 3 hónap utáni poszt-covidos tünetek, 124 beteg	69%	36%	30%	
Postdischarge symptoms and rehabilitation needs in survivors of Covid-19 infection, a cross-sectional evaluation Halpin, S. J. et al: Wiley Journal of Medical Virology, 27 July 2020, DOI: 10.1002/jmv.26368 100 kórházi beteg 4–8 hét után	60–70%	n. a	25–45%	
Long COVID and Post-infective Fatigue Syndrome: A Review, Sandler, C.X. et al, Open Forum Infect. Dis. 2021, Oct; 8(10): ofab440. Published online 2021 Sep 9. DOI: 10.1093/ofid/ofab440 21. jan-ig irodalmak meta-analízise (115 irodalom)	Átlag: 46 % 50% 4–7 hét 53% 8–11 hét 40% 12–15 hét 28% 16–20 hét 34% 28. hét után	Hasonló, enyhén alacsonyabb előfordulási %	n. a.	Hasonló, enyhén alacsonyabb előfordulási %
Assessment and characterisation of post-COVID-19 manifestations, Marwa Kama et al., Wiley The International Journal of Clinical Practice, IJCP 2021;75 DOI: org/10.1111/ijcp.13746 278 fiatal, viszonylag egészséges páciens	72,8%	28,6%	28,6%	28,2%

repülőutakon szolgálatot teljesítő teher szállító repülőgépvezetők fáradtság okozta teljesítményromlását. A pilóták egyik felének meg volt engedve az útvonalrepülés közben a szunyókálás (30-40 perces/„nap”), míg a másik fele nem pihenhetett. A repülés utolsó 90 percében vizsgálták a repülőgépvezetők éberségét és reakcióidejét. Az eredmények kimutatták, hogy a fáradt pilóták több mint 120 mikro-elalvást (5-15 másodperces alfa-hullám tevékenység, „nyitott szemmel alvás”)

produkáltak, ebből 22-t a legkritikusabb fázisban, leszállás közben, míg a pihent pilóták alig több mint 30 mikro-elalvást mutattak és egyetlen egyet sem leszállás közben [22].

A szakemberek a poszt-covid szindróma tünetei, azok súlyossága és várható hossza tekintetében párhuzamot vontak a 2005-ös SARS (a Covid-19 fertőzést is SARS vírus okozza), illetve MERT pandémiákban tapasztaltakkal, melyek alapja a poszt-vírusinfekciós szindróma –

mindhárom kórkép hátterében annak gyulladással hiperreaktív fázisával és jellegzetes poszt-infektív elhúzódó szövődésével [7, 9, 14]. A tanulmányok szerint a CRP szint és a gyulladással jelek súlyossága korrelál a kognitív képességek romlásával, valamint azt is előrejelzik, hogy a tüdőparenchima károsodása miatt a Covid-19 betegségen átesettek a HPA (high performance aerobics) repülések közben fellépő gravitációs és gyorsulási túlterhelések miatt kialakuló aero-atelectasia kapcsán valószínűleg nagyobb rizikóval válnak hirtelen cselekvőkép-telenné a csökkent funkcionális rezerv tüdőkapacitás miatt. Más források párhuzamot vontak a Covid-19 fertőzés és a szepszisben már alaposan vizsgált és leírt szövődésekkel, kiemelve azt a különösen veszélyeztető problémát, hogy a járványhelyzet miatti túlterhelés kapcsán az egészségügyi ellátó személyek valószínűleg kevesebb figyelmet tudnak fordítani a betegek szepszis-szövődésének megelőzésében már hatékonynak bizonyult, ámbar idő és emberigényes preventív eljárásokra (korai lélegeztető gépről való levétel – napi légzés próba, korán megkezdett fokozatos szedáció csökkentés, korai fokozatos mobilizálás). Ezekre a pandémiás leterheltség mellett nem jut kapacitás, így féltő, hogy a súlyos, hospitalizált Covid-19 fertőzötteknél még a többi párhuzamba vont fertőzésnél is súlyosabb és hosszabb szövődések alakulhatnak ki (SARS után a krónikus fáradtságot 4 éven át ki tudták mutatni).

A szakirodalomban felmerülő kérdések mérési lehetőségei

A haza és nemzetközi tanulmányokban döntő többségben kérdőíves, szubjektív mérési módszereket alkalmaztak, néhány klinikai vizsgálati mód (6 perces

gyaloglási teszt, légzésfunkciós vizsgálat, kézpalkotó diagnosztika, EEG), illetve objektív teszt (Pszichomotoros Vigilancia teszt) mellett. Jelen kutatás egyik célja olyan eszköz kifejlesztése, amellyel a szakirodalomban szinte egybehangzóan – ámbar többnyire szubjektív skálán pontozva – megjelenő, repülésbiztonsági rizikó emelkedést okozó poszt-covid tünetek, élettani eltérések kimutathatók, illetve ideális esetben repülés közbeni adattovábbítással monitorozhatóak és a munkaképesség csökkenéssel korreláló, mérhető élettani paraméter segítségével előre jelezhető a kritikus pilóta-teljesítmény csökkenés még a hirtelen cselekvőkép-telenség kialakulása előtt.

A bioszenzorok repülőorvostani [23], katonai, harctéri felhasználására már vannak példák. A NATO nemzetek fejlesztettek ki okos óra technológiával (testhőmérséklet, HRV és perifériás szaturáció mérésével) olyan szoftvert, ami előre képes jelezni a Covid-19 tüneteinek várható megjelenését kb. 2 nappal a manifesztáció előtt. Ez taktikailag nagyon hasznos információ, mivel a tünetmák megjelenése előtt 2 nappal kezd a beteg fertőzni másokat és az időben észlelt tünetek esetén korai izolációval megelőzhető a Covid-19 közösségi terjedése. Ezzel pedig javul a harcképesség fenntarthatósága járványhelyzet idején is, különös tekintettel a jelenleg határmenti feladatokat ellátó katonai kötelékek körében észlelhető többnyire oltott, védett és mégis tünetmentes pozitív esetekre. Magyar példa is van Covid-19 fertőzésen átesett emberek állapotának (stressz-szintjének, a rehabilitáció fokának) felmérésére alkalmas bioszenzor és szoftver rendszerre (firstbeat HRV mérés a step by step tesztrendszerrel). Megemlítik, hogy a katonai repülésben dolgozó vizsgálati alanyok közül töb-

beknél jelentkezett az igazolt koronavírus fertőzést követő hónapok múltán is a gyorsabb kifulladás, esetleges légszomj, a fáradtság különféle tünete. A szerzők arról számoltak be, hogy az érintettek gyakrabban érezték magukat levertnek, aluszékonyak [15]. Ezek mellett leírták egy elhúzódó Covid-19 fertőzésen átesett légiforgalmi irányítónak a közelmúltban végzett vizsgálatát [15], amely igen érdekes eredményekkel zárult: 6 héttel a fertőzés után a páciens 3 napos mérési adatai alapján a HRV mérésekből kitűnt, hogy már az éjszakai pihenés fázisában is szokatlanul magas volt a szívfrekvencia tartománya, ami a szervezet „pörgését”, pihenésre való képtelenségét mutatta, krónikus fáradtságról, kimerültségről tanúskodva. Ez valószínűleg egy poszt-covid szövődmény, a gyulladási folyamatok maradványaként. Az idegrendszer ilyen körülmények között nem tudott regenerálódni. A páciens energiaszintje mind nappal, mind alvás közben a korosztályos átlagtól elmaradt, igazolva a szubjektív fáradtságérzést. A stressz regeneráció egyensúlya olyannyira felborult, hogy a 100 pontos skálából mindössze 27 pontot ért el, ami a korcsoportos átlagnak alig fele. Az alvás minősége hasonló értékelés mellett 41 pontot ért el, alig közepes minőséget. Összességében „a pulzus variancia értékek a 43 éves páciensnél olyan tartományban mozogtak, amely kb. 20 évvel idősebb, betegségekkel terhelt szervezetre jellemző” [15, 24].

A nemzetközi szakirodalomban többnyire kérdőíves módszerekkel mérték a szubjektív panaszokat, életminőség skálákon:

- SF-36 (Short form – Health Survey) 8 alskálán méri többek között a fizikai teljesítőképességet, fáradtságot/energiaszintet, érzelmi állapotot,
- Nijmegen Clinical Screening Instrument (NCSI): egy tesztcsomag, eredetileg COPD betegek részére összeállítva, amely rövid, de 22 aspektusát méri az egészségi állapot doméneknek (pl. fáradtság, dyspnoe, fájdalom, funkcionális képességek csökkenése, életminőség, stb.) [29],
- EQ-5D European Quality of life 5 dimenzióban méri az életminőséget,
- Cognitive Failure Questionnaire (CFQ) önbevallás alapján méri a kognitív képességeket,
- Telefon interjú kognitív képességek mérésére (TICS – Telephone Interview of Cognitive Status) [28],
- Covid-19 rehabilitation telephone screening tool (13 domén, pl. légszomj, fáradtság, PTSD, életminőség, stb.),
- Brief Memory and Executive Test (BMET): az elhúzódó kórházi kezelést igénylő betegeknek kibocsátás előtti akut rehabilitációra is szüksége lehet, ezzel a teszttel kimutatható, hogy a munka-memória, megosztott figyelem és figyelmi fókusz területén jelentősen rosszabbul teljesítenek a poszt-covidos betegek [19],
- Internet based cognitive assessment tool (validált, kognitív képességeket mérő módszer) [21],
- Anxiety Screening Scale (GAD-7) a nyugtalanság és a depresszió súlyosságának mérésére,
- Patient Health Questionnaire (PHQ-9) az egészségügyi állapot felmérésére,
- Validált, a fáradtság mérésére alkalmas skálák:
 - Fatigue impact scale,
 - Chalder fatigue scale,
 - Fatigue severity scale,
 - Somatic and Psychological Health report (SPHERE),
 - PROMIS Scale Global health.

A felkutatott nemzetközi szakirodalomban alkalmazott objektív mérési módszerek:

- 6 perces gyaloglási teszt [27],
- Légzésfunkciós vizsgálat,
- Félférfes sit-to-stand teszt (STST),
- Mellkas RTG/CT,
- Szívfrekvencia variabilitás (HRV),
- Perifériás oxigén szaturáció,
- CRP, troponin szint,
- Kardiológiai szövődmények kiszűrésére alkalmas vizsgálatok, mivel a Covid-19 betegeknek gyakoribb a miokardiális infarktusz, a plakkruptúra, a véralvadási rendszer zavarának rizikója [14],
- Pszichomotoros Vigilancia Teszt (PVT) okos eszköz/internet alapú app reakcióidő mérésére,
- EEG hullámok az agyi „kikapcsolás”, mikro-elalvások kimutatására,
- Szemmozgás érzékelő (EOG electroophthalmogram) alvás és ébrenlét vizsgálatára,
- NIRS (near infrared saturatio) az agyi véroxigén szint mérésére.

A poszt-covid tünetekhez kapcsolódó folyamatban lévő kutatások

- RECOVER program: egy jelenleg is folyó kohort tanulmány projekt a poszt-covid szindrómáról, a CDC (Center for Disease Control) weboldalán. Várhatóan a jövőben nagy létszámú beteg bevonásával széleskörű adatokat publikálnak a poszt-covid szindrómáról [37].
- PharmaFlight Fáradtság Menedzsment kutatás és eszközfejlesztés; a PharmaFlight weboldalon található leírásban egy kifejlesztett eszközt említene, („jelenleg is fejlesztés alatt álló eszköz, amely non-invazív módon képes a vizsgált személy élettani állapotát fel-

térképezni. Ezen élettani paraméterek monitorozása érdeklődésünk közepontjában áll, az elmúlt években számos vizsgálatot végeztünk pilótákon, pilótanövendékeken” [38].

- Step by Step tesztrendszer alkalmazhatósága poszt-covid szindróma rehabilitációjának mérésére, az Nemzeti Közszolgálati Egyetem (Domján Károly, Vada Gergely, Dunai Pál) és a MH EK RAVGYI közös K+F GINOP pályázata során kidolgozott VOLARE projekt keretében kifejlesztett teszt- és software-rendszer valóságghű körülmények között tudja vizsgálni a pilóták repülés közbeni teljesítményét. A HRV-adatok alapján mérhető a szervezet stressztűrő képessége, állapota, terhelhetősége, így a tesztrendszer alkalmas lehet a betegségből való rehabilitáció fokának mérésére repülőgépezetőknel valóshoz közeli munkaterhelés közben [15, 16].
- SPRINTT projekt: rehabilitációs program a fokozatos fizikai terhelés visszaállítására Covid-19 fertőzés után [20].

Kitekintés a kutatási lehetőségekre

Az eddig megjelent kutatások egységesen felvetik a Covid-19 fertőzésen átesett páciensek esetében a hosszútávú nyomkövetés és a megfelelő szomatikus, továbbá pszichés rehabilitáció szükségességét. A fentebb leírt, gyakran előforduló, elhúzódó kognitív és pszichés szövődmények miatt számos poszt-covid tünet különös jelentőséggel bír, mivel a repülés közben jelentkező stresszhatások potenciálisan incapacitáló tényezők lehetnek, és ez fokozott repülésbiztonsági rizikót jelent.

A MH Egészségügyi Központ, Repülőorvosi-, Alkalmasságvizsgáló és Gyógyító Intézet (továbbiakban RAVGYI)

által végrehajtott katonai repülőorvosi alkalmasság vizsgálatok során rendszeresen elvégzett tesztek alkalmasak a Covid-19 fertőzően átesett repülő- hajózó személyzet teljesítményének összehasonlítására, így a Covid-19 fertőzés előtt és után objektíven kimutatható bármilyen teljesítményromlás. A szoros utánkövetés során ismételt vizsgálatok segítségével nyomon követhető a Covid-19 fertőzés okozta teljesítményromlás rehabilitációja, különös tekintettel a barokamrai magasságfüggő hypoxia-tűrőképesség romlására, az adaptív szív-érrendszeri reakciók elégtelenségére és a fenyegető kognitív teljesítménycsökkenésre. A pszichológiai alkalmasság vizsgálat kapcsán végrehajtott műszeres vizsgálatok segítségével kutathatók a reakcióidőben, a koncentrációs képességben, a monotónia tűrésben mutatkozó eltérések, az exploráció során tanulmányozható a stressztűrő képesség, a memóriazavarok (ködös agy tünet), illetve az esetleges hangulatváltozásra, depresszióra utaló jelek, a funkcionális diagnosztikai eljárásokkal pedig a csökkent terhelhetőség, a szubjektív légszomj vagy az objektív fizikai terhelhetőség csökkenés jelensége. Mindezek mellett a Covid-19 fertőzés szövődményeire jellemző szubjektív, diagnosztikus módszerekkel nem igazolható, de a jelenlévő tünetek, panaszok és azok lefolyása, időtartama önbevallás alapján követhetőek, a megfelelően összeállított pszichológiai kérdőívvel, az adatok az alkalmasság vizsgálatokon mért eltérésekkel összehasonlíthatóak (szubjektív és objektív panaszok összehasonlítása).

E rendszer segítségével vizsgálható a katonai repülő-hajózó személyzet körében előforduló Covid-19 fertőzés gyakoriság jellemző tünetei, azok lefolyásának, rehabilitációjának hossza. Emellett értékelhető az előforduló tünetek repülés-

biztonsági kockázata – figyelembe véve a vizsgálatokkal objektíven kimutatható és a csak önbevallás alapján jelen lévő szimptomák közötti esetleges eltéréseket is – vizsgálhatók a kimutatott repülésbiztonságot befolyásoló eltérések előfordulási rizikójának emelkedése, repülőorvosi és repülésbiztonsági jelentősége, azok esetleges megelőzésének, valamint a bioszenzorok alkalmazásának lehetőségei egyes repülésbiztonsági rizikót jelentő poszt-covid panaszoknál.

A kérdőívek segítségével a polgári pilóták körében is felmérhető a Covid-19 fertőzően átesett pilóták aránya, jellemző tünetei, a kérdőívek felvételének megismétlésével a hosszútávú szövődmények előfordulása, jellemzői. A polgári pilóták kutatásba történő bevonása megvalósítható a MH KH RAVGYI, mint Civil Repülőorvosi Centrum saját páciensei bevonásával, valamint a polgári pilóták közel teljes populációját elérő civil repülőorvosok segítségével, akikkel már meglévő kapcsolati tőkével rendelkezünk az Intézetben, az országban egyedüli repülőorvosi posztgraduális képzést biztosító Repülő és Űrorvosi Tanszék, valamint az ITM Légügyi Hatósági Főosztállyal kialakított kapcsolatok révén. Mivel a katonai pilóták beálogatása, rendszeres ellenőrzése és a katonai alkalmassági követelményeknek való megfelelése is szigorúbb, így ők egészségesebb populációt képviselnek, mint a polgári repülő-hajózók. A polgári pilóták körében gyakrabban jelenlévő krónikus betegségek egyrészt fokozottabb rizikócsoportha sorolják ezen állományt, másrészt nagyobb a valószínűsége a súlyosabb lefolyásnak és szövődményeknek is. Így a polgári pilóták körében végzett kutatási adatok felhívhatják a figyelmet a Covid-19 esetleges hosszútávú komplikációinak még fokozottabb repülésbiztonsági jelentőségére. Ezt követően összeha-

sonlíthatók a katonai és polgári pilóták körében a kérdőíves adatok.

A fentebb leírtak alapján poszt-covid szindróma repülésbiztonsági kockázatának kutatásához ideális feltételek adóttak a MH EK RAVGYI keretein belül a rendelkezésre álló szakmai kapcsolatokkal. Mivel a poszt-covid szindróma területén jelenleg kevés magyar kutatási adat lelhető fel és repülésbiztonsági aspektusait még a nemzetközi kutatásokban sem vizsgálták, ezért indokolt a témában tudományos kutatást folytatni. Ezt a hiányterületet öleli fel a NKE HHK Katonai Műszaki Doktori Iskola keretein belül megkezdett saját kutatási témám. Vizsgálni szeretnénk a Covid-19 fertőzésen átesett katonai pilóták körében a poszt-covid szövődmények előfordulását és természetét, meghatározni azok repülésbiztonsági jelentőségét, veszélyét, összehasonlítani a katonai és a polgári pilóták körében előforduló poszt-covid tünetek okozta repülésbiztonsági kockázat mértékét, és megpróbálunk olyan prediktív értékű élettani paramétert azonosítani, ami szubjektíven és objektíven is mérhetővé teszi ezeket a repülésbiztonsági kockázatot jelentő szövődményeket. Kutatási célunk, hogy a tudományos eredmények alapján meghatározzuk a poszt-covid szövődmények repülésbiztonsági veszélyét és megfelelő kockázatcsökkentő módszereket javasoljunk a Covid-19 fertőzésen átesett pilóták repülőorvosi alkalmasságának megítéléséhez. Célkitűzésünk az eddigi eredmények alapján:

- a Covid-19 fertőzésen átesett pilóták repülésbiztonsági kockázatának csökkentése érdekében új módszertani ajánlás kidolgozása a Covid-19 fertőzésen átesett pilóták repülőorvosi alkalmasságának megítéléséhez (fokozott megfigyelés időtartama, rehabilitáció fokának mérésére alkalmas módszer,

esetleges korlátozások javaslata),

- olyan prediktív értékű-, objektíven mérhető és monitorizálható élettani paraméter azonosítása, amellyel előre jelezhető a Covid-19 fertőzésen átesett pilóták munkavégző képességének csökkenése, teljesítőképességének határa a hirtelen cselekvőképtelenné válás előtt,
- egy – a rendszeresített katonai felszereléssel kompatibilis – bioszenzor technológia kifejlesztése, amely alkalmas ennek a prediktív értékű munkaképesség csökkenéssel korreláló élettani paraméternek a mérésére és monitorizálására, az adatok modern repülőtechnikákkal kompatibilis biztonságos továbbítására.

Összefoglalás

A Covid-19 fertőzés számos tekintetben befolyásolja a pilóták repülőorvosi alkalmasságát. A hazai és a nemzetközi kutatások célkeresztjében vannak jelenleg a Covid-19 fertőzésen átesett páciensek hosszútávú szövődményei, panaszai, amelyek között számos olyan komplikáció is van, amelyek komoly repülésbiztonsági kockázatot jelentenek a pilóták hirtelen cselekvőképtelenségének kialakulási rizikóját növelve. Különösen igaz ez több szubjektív, mentális vagy pszichés poszt-covid panaszra, amelyek a repülési stresszfaktorok hatására komoly veszélyforrássá alakulhatnak a pilóta inkapacitálódását okozva. Az esetek döntő többségében leírnak légzőszervi és kognitív tüneteket, amelyeknél esetleg felmerülhet a fedélzeti oxigén rendszer használata, a szimptomák, a panaszok fokozódásának megelőzése érdekében. Ígéretes terület ezen poszt-covid szimptomák objektív mérési-, monitorizálási és a katonai rendszeresített felszereléssel való kompatibilitás lehetősége bioszenzorok

alkalmazásával. A MH EK RAVGYI-ban rendelkezésre álló vizsgáló módszerek és adatok lehetővé teszik a Covid-19 fertőzésen átesett katonai pilóták körében előforduló hosszútávú szövődmények előfordulásának, súlyosságának, időbeli jellegének vizsgálatát. A barokamrai hipobárikus hypoxiában végzett szimulációs repülések segítségével modellezni lehet a repülési stresszhelyzetekben nyújtott teljesítmény változását is és ezek alapján értékelhetők a Covid-19 fertőzésen átesett katonai pilóták körében felmerülő repülésbiztonsági kockázatok, valamint azok megelőzésének és rehabilitációjának lehetőségei is.

Irodalom

- [1] Elliott, J. J., D. R. Schmitt, D. R.: Unexplained Physiological Episodes A Pilot's Perspective, *Air & Space Power Journal* → FALL 2019, 15-32 pp.
- [2] Nellis AFB: Interview with F-15 mishap pilot (name redacted: safety privilege), 2016 január 16. Egy F-15 vadászrepülőgép baleset kivizsgálásának jegyzőkönyve, https://www.airforcemag.com/PDF/AircraftAccident-Reports/Documents/2011/102411_F-15C_NV_full.pdf
- [3] Szabó S. A.: Fizikai állóképesség és egészség-tudatosság repülésbiztonsági jelentősége, *Repüléstudományi Közlemények*, 2017, 29(1): 175-194. http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_1/2017-1-12-0379_Szabo_Sandor_Andras.pdf
- [4] Davis, J. R., Johnson, R., Stepanek, J., Fogarty, J. A.: *Fundamentals of Aerospace Medicine*, 4th edition, 2008, Lippincott Williams & Wilkins, ISBN: 978-0-7817-7466-6, chapter 1, pg 34/754.
- [5] Buzai L.: A humán faktor szerepe a repülésbiztonsági rendszerek működtetésében, *Repüléstudomány.hu, különszámok* 2004
- [6] Szabó S. A.: A katonai repülő-hajózó állomány repülőorvosi minősítése és kiképzése a NATO standardizációs egyezmények szellemében. PhD Értekezés, 2008 <https://adoc.pub/phd-ertekezes-dr-szabo-sandor-andras-orvos-alezredes.html> letöltve 2021 10 30
- [7] Zhou, H., Lu, S., Chen, J. et al.: The landscape of cognitive function in recovered Covid-19 patients, *Journal of Psychiatric Research*, 2020, 129: 98-102. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2020.06.022>
- [8] Halpin, S. J., McIvor, C., Whyatt, G. et al.: Postdischarge symptoms and rehabilitation needs in survivors of Covid-19 infection, a cross-sectional evaluation. *Wiley Journal of Medical Virology*, 27 July 2020, DOI: 10.1002/jmv.26368)
- [9] Bram van den Borst, Peters, J. B., Brink, M. et al.: Comprehensive health assessment three months after recovery from acute COVID-19, *Clin. Infect. Dis.*, 2021,73(5): e1089-e1098. DOI: 10.1093/cid/ciaa1750
- [10] Kama, M., Abo Omirah, M., Hussein, A., Saeed, H.: Assessment and characterisation of post-COVID-19 manifestations. *Wiley The Interational Journal of Clinical Practice*, IJCP 2021;75. doi.org/10.1111/ijcp.13746
- [11] Sandler, C. X., Wyller, V. B. B., Moss-Morris, R. et al.: Long COVID and Post-infective Fatigue Syndrome: A Review, *Open Forum Infect. Dis.*, 2021, 8(10): ofab440. Published online 2021 Sept. 9. DOI: 10.1093/ofid/ofab440
- [12] Garrigues, E., Janvier, P., Kherabi, Y. et al.: Post-discharge persistent symptoms and health-related quality of life after hospitalization for COVID-19, *Journal of Infection*, journal homepage: www.elsevier.com/locate/jinf, Letter to the Editor/ *Journal of Infection* 81 (2020) e4–e6
- [13] Taquet, M., Luciano, S., Geddes, J. R., Harrison P. J.: Bidirectional associations between COVID-19 and psychiatric disorder: retrospective cohort studies of 62 354 COVID-19 cases in the USA. *Lancet Psychiatry*, 2021, 8(2): 130-140. DOI: 10.1016/S2215-0366(20)30462-4. Epub 2020 Nov 9
- [14] Magyar Tüdőgyógyász Társaság: A COVID-19 vírusfertőzésen átesett – és visszamaradó károsodásokat szenvedő – POSZT-COVID SZINDRÓMÁS betegek gondozási protokollja. 2021, Készítette: Bogos K., Temesi G., Kerpel-Fronius A. et al., <https://tudogyogyasz.azurewebsites.net/Media/Download/30445>
- [15] Domján K.; Dunai P.; Vada G.: A repülésbiztonság növelésére kifejlesztett és alkal-

- mazott műszerek, valamint eljárások a post-covid kezelésének szolgálatában, Debrecen, Magyarország: MTA TABT Debreceni Területi Bizottság Titkársága, 2021 ISBN: 978-963-706-442-5 Könyv / Konferenciakötet (Könyv) / Tudományos, MŰSZAKI TUDOMÁNY az ÉSZAKKELET MAGYARORSZÁGI RÉGIÓBAN, 2021 Konferencia, KÖRNYEZET- ÉS FÖLDTUDOMÁNYOK, MŰSZAKI HIDROLÓGIA ÉS REPÜLÉSTUDOMÁNY szekció előadások kiadványa, Debrecen, 2021. június 24. pg 55–63.
- [16] Hornyik J., Vada G., Szabó S., Dunai, P.: „HRV in the air”: What data from top gun pilots tells us about physical and mental workload? 2019, Konferencia előadás pp. 1-20., 20 p. Firstbeat HRV world meeting 2019, 13-14th May 2019, Helsinki, Finnország
- [17] Szabó S. A.: „Öreg pilóta nem vén pilóta” élettani korlátozó tényezők és szellemi teljesítmény az életkor függvényében a pilóta és az U(C)AV operátor minősítése szempontjából. Repüléstudományi Közlemények, 2012, XXIV, Repüléstudományi Konferencia, 2012, Konferenciakiadvány pg 502. http://www.repulestudomany.hu/kulonsozamok/2012_cikkekek/39_Szabo_Sandor_Andras.pdf
- [18] Dawson, D., Reid, K.: Fatigue, alcohol and performance impairment. *Nature*, 1997, 388: 235.
- [19] Jaywant, A., Vanderlind, W. M., Alexopoulos, G. S. et al.: Frequency and profile of objective cognitive deficits in hospitalized patients recovering from COVID-19. *Neuropsychopharmacology*, 2021, 0:1–6; <https://doi.org/10.1038/s41386-021-00978-8>
- [20] Gemelli Against COVID-19 Post-Acute Care Study Group: Post COVID 19 global health strategies: The need for an interdisciplinary approach, 30 May 2020. Published online: 11 June 2020 ©Springer Nature Switzerland AG, 2020. *Aging Clinical and Experimental Research*, 2020, 32:1613–1620 <https://doi.org/10.1007/s40520-020-01616-x>
- [21] Hafiz, P., Miskowiak, K. W., Kessing, L. V. et al.: The internet-based cognitive assessment tool: system design and feasibility study. *JMIR*, 2019, formative. Res. 3, e13898.
- [22] Rosenkind et al.: The NASA NAP study, NASA Technical Memorandum 108839, July 1994
- [23] Szabó S. A.: Orvosbiológiai monitorizálás jelene és jövője a katonai repülésben (különös tekintettel a stressz okozta szívfrekvencia variabilitás és agyi vérátáramlás variancia jellemzésére) *Repüléstudományi Közlemények*, 2018, 30 (2): 145–162. http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-14-0457_Szabo_Sandor_Andras.pdf
- [24] Dudás Z.: Repülésbiztonság emberi hiba nélkül? *Repüléstudományi Közlemények* 2017, 29(1): 75-82. http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_1/2017-1-06-0389_Dudas_Zoltan.pdf
- [25] Covid severity definitions: World Health Organization. Clinical management of COVID-19. <https://www.who.int/publications/i/item/clinical-management-of-covid-19>. Date accessed: 12 August 2020.
- [26] COVID-19 severity scores: Revel, M. P., Parkar, A. P., Prosch, H. et al.: COVID-19 patients and the radiology department – advice from the European Society of Radiology (ESR) and the European Society of Thoracic Imaging (ESTI). *Eur. Radiol.*, 2020, 20: 1-7.
- [27] 6 minute walking test (6MWT)ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2002, 166(1): 111-7.
- [28] Telephone Interview of Cognitive Status (TICS) van den Berg, E., Ruis, C., Biessels, G. J. et al.: The Telephone Interview for Cognitive Status (Modified): relation with a comprehensive neuropsychological assessment. *J. Clin. Exp. Neuropsychol.*, 2012, 34(6): 598-605.
- [29] Nijmegen Clinical Screening Instrument (NCSI): Peters, J. B., Daudey, L., Heijdra, Y. F. et al.: Development of a battery of instruments for detailed measurement of health status in patients with COPD in routine care: the Nijmegen Clinical Screening Instrument. *Qual. Life Res.*, 2009, 18(7): 901-12. 23.
- [30] Oronsky, B., Larson, C., Hammond, T. C. et al.: A Review of Persistent Post-COVID Syndrome (PPCS). *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*, 2021, *Clinical Reviews in Allergy & Immunology* <https://doi.org/10.1007/s12016-021-08848-3>

- [31] Carfi, A., Bernabei, R., Landi, F. et al.: For the Gemelli Against COVID-19 Post-Acute Care Study Group: Persistent Symptoms in Patients After Acute COVID-19. *JAMA*, 2020, 324(6): 603–605.
DOI: 10.1001/jama.2020.12603
- [32] Arnold, D. T., Hamilton, F. W., Milne, A. et al.: Patient outcomes after hospitalisation with COVID-19 and implications for follow-up: results from a prospective UK cohort. *Thorax*, 2020 DOI: 10.1101/2020.08.12.20173526.
- [33] 20/2021. (X. 6.) HM Rendelet Az állami célú légiközlekedési személyzet repülőegészségi alkalmasságának feltételeiről, valamint a repülőegészségi alkalmassági vizsgálatot végző szerv kijelölésének és tevékenységének szabályairól. <http://www.kozlonyok.hu/nkonline/index.php?pageindex=kozltart&ev=2021&szam=184>
- [34] 14/2002 Közl.Min. és EüM Együttes rendelet a polgári légiközlekedési szakszolgálati engedélyek egészségügyi feltételeiről és kiadásuk rendjéről. https://hffa.hu/wp-content/uploads/2009/11/14_2002.pdf
- [35] 1178/2011EU szabályzó a polgári légi közlekedéshez kapcsolódó műszaki követelményeknek és igazgatási eljárásoknak a 216/2008/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet értelmében történő rögzítéséről (Magyarországon érvényben 2014. április 8. óta). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R1178-20160408>
- [36] ICAO Doc 9966 Manual for the Oversight of Fatigue Management Approaches, Second Edition, 2016. <https://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/FRMS%20Tools/Doc%209966.FRMS.2016%20Edition.en.pdf>
- [37] RECOVER program: Cohort study project (running) on post covid syndromes https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/clinical-care/post-covid-conditions.html?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fcoronavirus%2F2019-ncov%2Fhcp%2Fclinical-care%2Fplate-sequelae.html CDC centre for disease Control webpage
- [38] PharmaFlight Fáradság Menedzsment kutatás, eszközfejlesztés <https://pharmaflight.hu/faradtsag-menedzsment/>
- [39] Szabó S.A.: Repüléséletteni kihívások a hadműveleti tapasztalatok tükrében. Repülés-tudományi Szemelvények, 2017, ISBN: 978-615-5764-80-6, pr.176.

Maj. Á. J. Guth-Orji MDMC

The aviation safety aspects and significance of post-covid syndrome

The Covid-19 infection effects the aeromedical aptitude of pilots in multiple ways. The long-covid or post-covid symptoms of patients recovered from covid-19 infection is in the focus of national and international researches nowadays. Among these, a lot of post-covid symptom may pose a great threat to aviation safety by increasing the risk of incapacitating the pilot. This is especially true in terms of many subjectively reported physical, mental or psychological post-covid symptom, that may be triggered or exacerbated by the usual stress factors of aviation leading to aviation safety risk of incapacitation. The regular aeromedical aptitude examinations done in the HDF Medical Center Aerospace- and Military Aptitude Research and Treatment Institute gives an opportunity to study the post-covid symptoms and rehabilitation of pilots after covid-19 infection, evaluate the aviation risk of these post-covid symptoms and suggest aviation risk mitigation methods.

Key-words: *post-covid syndrome, aviation safety, human factors, aeromedical aptitude, chronic fatigue*

*Dr. Guth-Orji Ágnes o. őrgy.
6000 Kecskemét Balaton u. 17.*