

SZABÓ SÁNDOR ANDRÁS*

BAROKAMRA MINT TECHNIKAI LÉTESÍTMÉNY ÉS REPÜLÉSÉLETTANI KIKÉPZŐESZKÖZ

I. RÉSZ

1. ÁBRA. Avarsói
Repülőorvosi Intézet
(Wojaskowy Instytut
Medycyny Lotniczej –
WIML) barokamrája
felújítás után
(A szerző felvétele)

Összefoglalás: A barokamra (alacsony nyomású kamra) mint magasság-élettani kiképzőeszköz egy komplex létesítmény, amely a repüléssel együtt járó élettani kihívások (nyomásváltozás okozta barotraumák, oxigénhiány, magassági keszon) földi körülmények közötti standardizált és orvosi biológiai jól monitorizálható provokációját (szimulációját) biztosítja. Ezen túlmenően a fenti stresszor-tényezők elleni védekezés technikai és élettani módszereinek vizsgálatát is lehetővé teszi. Így alapvető eszköz a repülésbiztonság humán faktor oldalának kiképzésében, a hirtelen cselekvőképzetlenség elleni eljárások kidolgozásában. A cikk bemutatja a barokamra szükségességét megalapozó repüléstörténeti fejlődést, részletesen elemzi a technikai lehetőségek bővülését, illetve a modern repülésben alapvető kockázatcsökkentést a barokamrai vizsgálati eljárások fejlődésével.

Kulcsszavak: alacsony nyomású kamra (barokamra), Repülőorvosi Vizsgáló és Kutató Intézet („ROVKI”), magassági oxigénhiány (hypoxia), barotraumák, NATO barokamrai protokollok

Abstract: The barochamber (Low Pressure Chamber) as an altitude physiology training tool is a complex piece of equipment, which provides the provocation (simulation) of standardized exposure to altitude-related physiological challenges (like hypoxia, low-pressure-induced barotraumas, altitude decompression sickness) closely related to aviation.

Moreover, the barochamber itself offers unique settings for the evaluation and examination of technical protection and physiological preventive methods against the above-mentioned stressors. Thus, it is a fundamental asset for the training of human factors, improving flight safety and minimizing the risk of sudden incapacitation. The author gives a short overview of the historical steps in aviation that prompted the development of barochambers and goes into the details of technical opportunities and risk reduction methods using barochamber examination profiles.

Keywords: Low Pressure Chamber (barochamber), Aeromedical Evaluation and Research Institute, altitude induced hypoxia, barotraumas, NATO barochamber run profiles

BEVEZETÉS

„A repülés szédítő perspektívákat nyújt. Egyrészt eddig hihetetlennek hitt sebessége és hatástávolsága révén megszünteti a határokat, a természeti akadályokat és távolságokat, tehát közelebb hozza egymáshoz a nemzeteket, országokat, sőt kontinenseket is, másrészt beláthatatlan veszélyeket rejt magában a jövő háborúját illetően.” [1]
A fenti gondolatok jól kifejezik az egykori vezérkari őrnagy, tábori pilóta előrelátását 1933-ban, mely a „légjárás” (legyen az léghajózás, kormányozható léghajózás vagy „géprepülés”) szerepét, polgári békés célú kereskedelmi és utazási alkalmazását, illetve pusztító katonai felhasználását is körvonalazta. A magasság meghódítása – a vele járó fizikai veszélyek, a légköri jellemzők változása és az emberi szervezet sérülékenysége miatt – mindig kockázatokkal járt és jár ma is a repülésben. Az evolúciós szempontból a tengerszinti vagy ahhoz közeli légnyomáshoz adaptált emberi szervezet, a nagyobb magasságokon kifejezettebb (exponenciális jellegű) abszolút nyomáscsökkenés, a parciális oxigénnyomás csökkenése miatt fokozatosan súlyosbodó környezeti oxigénhiány (hypoxia), az alacsony nyo-

* Ezredes, PhD, MH repülő főszakorvos, Szegedi Tudományegyetem Repülő és űrorvosi Tanszék tanszékvezető docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem egyetemi magántanár. ORCID: 0000-0002-1362-4723

más miatt a testszövetekben kezdődő nitrogénbuborék kiválása (magassági keszonártalom) okán a pilóta cselekvőképtelensége akár másodpercek alatt bekövetkezhett (és vészhelyzetben, a többszörös technikai védelem ellenére akár napjainkban is bekövetkezhett!).

Ezeknek a veszélyes mértékű fizikai változásoknak a modellezésére, földi ("biztonságos" és standardizált körülmények közötti) szimulációjára szuverén módon a hypobárikus (alacsony nyomású) barokamra alkalmas, melyben a magasságfüggő légkörfizikai paraméterváltozások technikaileg pontosan lekövethetők, a benne ülő pilóták egészségi állapota, biológiai válaszreakciója monitorizálható. Ugyanakkor a barokamra – mint változtatható, alacsony nyomású, zárt kompartment (fülke) – jóval az emberes repülés előtt alkalmas volt a magasság függvényében bekövetkező fizikai változások értelmezésére, fizikai, kémiai, biológiai kutatások és anyagtechnikai kísérletek elvégzésére is. Tehát a barokamra ötlete sokkal régebbre nyúlik vissza, mint az emberi repülés kezdetei.

A BAROKAMRA MÚLTJA, TÖRTÉNETI FEJLŐDÉSE

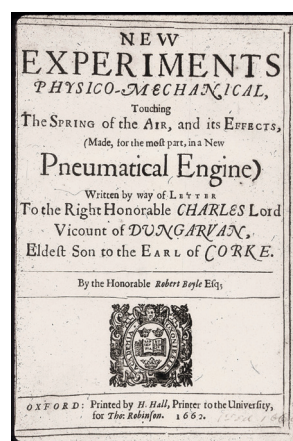
Robert Boyle (Írország, Lismore, 1627. január 25. – London, 1691. december 31.) angol-ír fizikus és kémikus 1660–70 között írta le először (a róla elnevezett gáztörvény fizikai kísérleteihez kapcsolódóan) a légnyomásváltozással kapcsolatos élettani folyamatokat, a Robert Hooke-kal együtt létrehozott, légszivattyú által működtetett, állatkísérletes barokamrában. (2. ábra)

Buborékokat vett észre egy kígyó szemében, amelyet csökkent atmoszférikus nyomásnak tett ki. A „The snake was tortured furiously by the formation of bubbles in the blood, juices and soft parts of the body”¹ mondat kifejezően leírja a fizikai diffúzió, a Boyle–Mariotte- és a Henry-törvény által irányított buborékképződést, vagyis a nitrogénbuborékok kiválását gázfázisban (a szem csarnokvizében és a légyszövetekben), csökkentett barometrikus nyomáson. [2]

Érdekes, hogy szinte ugyanabban az időben a túlnyomásos kamra orvosi alkalmazását is felvetették. Angliában a dr. Nathaniel Henshaw (1628–1673) által javasolt „Domicilium” leírása szerepel az *Aero-Chalinos* című 1664-ben, Dublinban megjelent művében, a „friss levegő” orvosi javallatával: „A levegő az egészség barátja az emésztésre, epeképződésre, a légzésre, a vérzéscsillapításra.” [3]

A 18. század végén elkezdődött a ballonos repülések korszaka. A Montgolfier testvérek nyilvános bemutatója Annonay-nál 1783. június 4-én, majd 1783. szeptember 19-én már kísérleti állatokkal (bárány, kakas, kacska) szállt fel a forrólevegős ballon a Versailles-i Királyi Palota előtt; nyolc perc alatt 3,2 km-t repült, 460 méteres magasságra emelkedve. [4] A lassan növekvő távolsági és magassági csúcskísérletek során sokáig a valós repülés közben szerzett szubjektív tapasztalatok leírása volt az elsődleges, élettani paraméterek részleges rögzítésével. 1803-ban Etienne Robertson, francia fizikus már 7000 méter (22 966 láb) magasságra emelkedett, megtapasztalva a mentális levertséget, szapora pulzust, lágyrészek duzzanatát a légköri nyomásváltozás és oxigénhiány tüneteként. 1862. szeptember 5-én Glashier és léggömbépítő mérnöke, Coxwell már a „magassági halál övének” megfelelő 8839 m (29 000 láb) magasságra emelkedett, ahol Glashier 7 percre az eszméletét is elvesztette. [5]

A valós repülések közben szerzett élettani tapasztalatok, illetve a cselekvőképtelenség kialakulásának lehetséges élettani modellezése és magyarázata vezette Paul Bert (1833–1886) francia tudóst az első, mai értelemben vett, közel-vákuum létrehozására alkalmas barokamra megépítésére. Bert 30 éves korában szerzett orvosi diplomát Claude Bernard (francia tudós, a milieu interieur, vagyis a belső környezet, a homeosztázis alapelveinek leírója) legjobb tanítványaként, de barátságban volt dr. Jacques Triger-vel is, aki először írta le a túlnyomásos keszonbetegség tüneteit, és ez a lég-

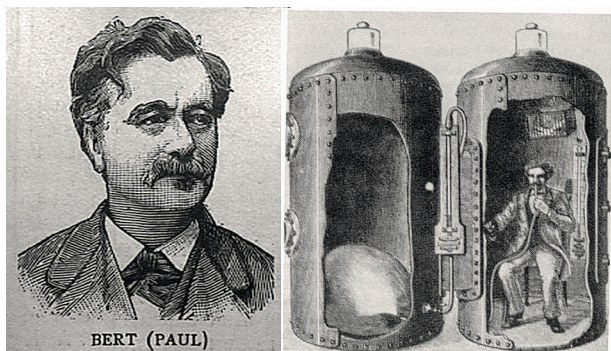


nyomásváltozások hatásainak tanulmányozására ösztönözte Bertet. Léggömbökkel kísérletezett, megépítette az első valódi barokamrát, állatkísérleteket, majd önkísérleteket végzett, illetve segítette az újabb ballonos csúcsmagasságra készülő Teodor Sivel és Joseph Croce Spinelli felkészülését. Barokamrai vizsgálatai által megismertette őket az oxigénhiány tüneteivel és az oxigén-légzőkészülék használatával. Neki is köszönhető, hogy 1874. március 22-én Sivel és Croce Spinelli közös repülése az Etoile Polaire (Sarkcsillag) nevű léghajóval sikeres volt. Balszerencse (Bert figyelmeztető levelét késve kézbesítették), hogy 1875. április 15-én az ismételt ballonrepülés során (melyre Gaston Tissandier meteorológust is meghívták) a Zenith nevű léggömbön 28 215 láb (8600 méter) magasságban az oxigén-légzőkészülék már nem adagolta megfelelően az oxigénben dúsított sűrített levegőt (az alacsony hőmérsékleten a kilélegzett levegő vízpárája megfagyott a „csutorában”, azaz a kilégzőszelepből). Ketten meghaltak, mert az oxigénhiány okozta magassági részegség miatt az önkontrollt elvesztve csak emelkedtek tovább; Tissandier megsüketülve, nagy nehezen tért csak vissza. A ballonkísérletek és saját barokamrai vizsgálatainak tapasztalatait Paul Bert 1878-ban 1178 oldal terjedelmű könyvében foglalta össze², ebből 522 oldal volt a barometrikus nyomásváltozások irodalmi áttekintése, 518 oldalt tettek ki az általa végzett kísérletek jegyző-

2. ÁBRA. Robert Boyle és Robert Hooke légszivattyús berendezése lég-ritkításra 1662-ben [2]

¹ A kígyót vadul kínozza a buborékok képződése a vérben, a nedvekben és a test lágy részein. (A szerző fordítása)

² „La pression barométrique: recherches de physiologie expérimentale.” (Paris, Mason et Clie, 1878.)



3. ÁBRA. Paul Bert és a kísérleti barokamra [7]

könyvei. 118 oldalon vonta le a következtetéseket, amelyek közül számos megállapítás ma is a repülőorvostan magasság-élettani posztulátuma. 670 kísérletet végzett növényeken, verebeken, patkányokon, tengerimalacokon, macskákon, kutyákon és embereken. Megállapította, hogy 35 Hgmm-es (vákuumközele) légköri nyomáson a kísérleti állatok elpusztulnak. Búvárorvostani és repülőorvostani szempontból is fontos megállapítása, hogy a dekompresziós betegség tüneteit a nitrogénbuborékok okozzák, amelyek a légköri nyomás gyors csökkentésekor keletkeznek. Azt is felfedezte, hogy az oxigén toxikus lehet, ha hosszabb ideig, nagyobb nyomáson lélegezzük be (2 atmoszféra, azaz 33 láb (kb. 10 méter) vízmélységnek megfelelő légsűrűség), amely görcsrohamokban nyilvánulhat meg. Ugyanakkor terápiás szempontból bizonyította a rekompreszió hatásosságát. (3. ábra) [6] [7]

A Paul Bert által lefektetett alapelvek a „levegőnél nehezebb repülőesz-

közök”, azaz a Wright testvérek forradalmi repülése (1903. december 17.) után is érvényesültek, mind a magassági keszonbetegség vonatkozásában, mind a magassági oxigénhiánnyal szembeni tűrőképesség repülőorvosi értékelése során. A polgári és katonai repülés is egyre nagyobb magasságokat hódított meg, viszont a pilótafülke és az utaskabin hermetizációja vagy a pilótára szabott magassági védőfelszerelés még megoldásra várt. Szükség volt a magasság-élettani problémák biztonságos tanulmányozására a földön, a technikai fejlesztések tesztelésére ellenőrzött körülmények között.

Az Egyesült Államokban Harry G. Armstrong (1899. február 17. – 1983 február 5.) tette a legtöbbet a barokamra technikai tökéletesítéséért és többcélú hasznosításáért: 1936-ban csatlakozott a Repülőorvosi Kutató Laboratórium akkori vezetőjéhez, J. W. Heim doktorhoz, és elkezdték az első repülőorvostan-tankönyv megírását. Armstrong kísérleti centrifugát épített a gyorsulások-túlterhelések vizsgálatához, tanulmányozta az oxigén különböző áramlási sebesség melletti hatásait és az oxigén-széndioxid mint légzőgáz keverék hatását 30 000 láb (9144 méter) fölötti repülési magasságon. Foglalkozott az oxigénmaszkok technikai fejlesztésével és a kabin, valamint a pilótafülke hermetizációjának technikai megoldásaival, a kritikus 19 200 méter (60 000 láb) fölötti magasságon jelentkező, a testfolyadékok testhőmérsékleten történő forrásának kritikus jelenségével, az ebullizmussal. Ezt az élettani határvonalat róla nevezték el Armstrong-vonalnak, amikor 19 200 méter fölött a testfolyadékok 37 °C-on (azaz testhőmérsékleten) felforrnak. Armstrong a második világháborúban a Nyugat-Európa fölött harcoló amerikai 8. légi hadsereg vezető repülőorvosa, utána pedig az Amerikai Légierő repülő főszakorvosa és egészségügyi főnöke lett, 1949-ben pedig megalapította az Amerikai Légierő Repülőorvosi Intézetét (USAF School of Aviation Medicine – USAFSAM). Ma a Wright-Patterson Légibázison (Ohio) a Légierő Repülőorvosi Kutatóintézete az ő nevét viseli. [8] [9]

Magyar szempontból is fontos lehet a Kanadai Repülőorvosi Intézet fejlődése, hiszen 2004-től Kanadában képezték a magyar vadászpilótákat a többnemzeti NATO harcászati kiképző program (NFTC – NATO Flight Training in Canada) során, valamint a Torontóban (Ontario) található DCIEM (Defence and Civil Institute of Environmental Medicine – Védelmi és Polgári Környezet-egészségügyi Intézet), 2000-től DRDC (Defence Research and Development Canada – Védelmi Kutatási és Fejlesztési Intézet) volt felelős a több évig tartó kiképzés (Moose Jaw-ban Harvard, majd Cold Lake-ben Hawk típusú gyakorló repülőgépeken) repülő-egészségügyi biztosításáért. Ez olyan tudományos és élenjáró technológiákat fejlesztő szervezet, amely a katonai repülés és búvárkodás, ill. a polgári repülés igényeinek megfelelő tudományos kutatásokat is végez a kezdetektől, nem véletlenül: 1939-ben a Repülőorvosi Kutató-sok Egyesített Bizottsága (Associate Committee on Aviation Medical Research) Sir Frederick Banting professzor vezetésével jött létre, aki az inzulin felfedezéséért és előállításáért kapott Nobel-díjat 1923-ban. Katonaorvosként („field surgeon”) laboratóriumi tanulmányait a nyomásélettan területén a Banting és Best Intézetben (Torontói Egyetem) kezdte, ahol az első humán célú dekompresziós kamrát is felépítették. Ez az egyetlen Repülőorvosi Intézet a NATO-n belül, ahol mind a mai napig a hypobáriás (magasságnak megfelelő alacsony nyomású) és a hyperbáriás (száraz és vízzel feltölthető, illetve túlnyomás alá helyezhető) kamrarendszereket is üzemeltetnek párhuzamosan, egymástól független parancsnoki irányítási rendszerben működő osztályokon (a személyzet egészsége szempontjából érthető, hiszen a pozitív és a negatív nyomásváltozások kedvezőtlen hatásai összeadódhatnak, és fokozzák a keszonbetegség [nitrogénbuborék-betegség] kockázatát). [10]

Az Amerikai Haditengerészet (US Navy) szintén a második világháború alatt hozta létre saját kutatási és minősítési célú hyperbáriás és dekompresziós kamra képességét, a New London

4. ÁBRA. Dr. Merényi Scholtz Gusztáv posztumusz altábornagy [12]





5. ÁBRA. A Honvéd Repülő Orvosi Intézet épülete Budapest, Karolina út 27-29. [13]

tengeralttjáró bázison, 1942-ben 2 fős kutatási részleg (Medical Research Section), majd 1944-től osztály (Department) kialakításával. 1946-ra 7 orvos-tiszt, 24 altiszt, 40 polgári alkalmazott dolgozott ott, Charles Schilling flotta-kapitány vezetése alatt. Ekkor már Haditengerészeti Tengeralttjáró Orvosi Kutatási Laboratórium (Naval Submarine Medical Research Laboratory – NSMRL) néven, speciális területeken (víz alatti hallás, periszkóp látóélesség) érve el új kutatási eredményeket. [11]

A BAROKAMRÁK ALKALMAZÁSA HAZÁNKBAN

Büszkéek lehetünk arra, hogy az első amerikai és német humán barokamra megépítése után csupán két évvel, 1938-ban már Magyarországon is működött a pilóták vizsgálatára alkalmas barokamra. Merényi Scholtz Gusztáv (4. ábra) orvos alezredes (később orvos vezérőrnagy), belgyógyász szakorvos (1895–1950), „a Légügyi Orvos” *A repülés és az orvosi tudomány* címmel már 1929-ben tanulmányt jelentetett meg, sürgetve az önálló repülőorvosi diszciplína kialakítását. A Műszaki Egyetem Aerodinamikai Tanszékének együttműködésével és a német légierő technikai segítségével szervezte meg egy új barokamra megépítését. Nevéhez fűződik az újjászerveződő magyar légierő pilótáinak harckészültségét elősegítő repülés-élettani minősítő vizsgálat protokolljának kidolgozása Budapesten, a Karolina úton létrehozott Repülőorvosi Vizsgáló Intézetben. (5. ábra)

Merényi tanulmányozta a nagy magasságokban bekövetkező dekompresszió (légnyomáscsökkenés) és hypoxia (oxigénhiány) jelenségeit, 1942-ben egyetemi magántaná-

ri címet kapott. A világháború alatt a Luftwaffe repülő főszakorvosával, von Hippke vezérezredessel tartott szakmai kapcsolatok alapján mindent megtett a kor színvonalának megfelelően és a repülőgépek technikai képességeinek ugrásszerű fejlődését követve a magasságfüggő hypoxia veszélyének tudatosítására a magyar pilótaállomány körében. Emellett mozgó tábori barokamrát rendszerezített a hypoxia-tudatosság fenntartására. (6. ábra)

Merényi a világháború után a honvédség egészségügyi szolgálatának főnöke (Honvéd Orvosi Kar vezetője) lett, és nevéhez fűződik a Véréllátó Szolgálat megszervezése is. Koholt vádák alapján lefolytatott koncepció perben (a „tábornokok perében”) 1950-ben ártatlanul halálra ítélték és kivégezték. A rendszerváltás után rendfokozatában is teljes mértékben rehabilitálták, a Gyáli úti Kórház felvette Merényi nevét. [14]

Az első magyar barokamra műszakilag megfelelő technikai karbantartás mellett még a Gyáli úti kórház területére történt áthelyezése után is



6. ÁBRA. Mozgó tábori barokamra [13]

7. ÁBRA. A Gyáli úti RHTEK barokamra orvosi és műszaki irányítópultja (a és b ábra), a barokamra belső tere és bejárata (c és d ábra)

(Forrás: archiv képek dr. Melles Imre főorvos, RHTEK igazgató szíves engedélyével, ill. Szilvási Zoltán oktatópilóta napjainkban készült fényképei)





8. ÁBRA. A Gyáli úti RHTEK barokamra műszaki háttere: légszivattyú és műszaki pult (eredeti német feliratozással 1938-ból)
(Fotók: Szilvási Zoltán oktatópilóta)



évtizedekig szolgálta a MALÉV mint nemzeti légitársaság pilótaállományának magasság-élettani képzését, a polgári repülésben az ENSZ Repülésügyi Világszervezet (International Civil Aviation Organization – ICAO) által is elvárt hypoxia-demonstrációk során. A Repülési, Hajózási és Tengerészeti Egészségügyi Központ (RHTEK) repülőorvosai, a központvezető dr. Melles Imre főorvos irányításával biztosították a „magassági részegség élményét”, megfelelő orvosbiológiai őrzés mellett, kommunikációval és repülési műszerezettséggel. (7., 8. ábra)

Napjainkban a polgári közforgalmi repülésben újra felmerült a civil pilóták időszakos repülés-élettani tréningje, a hypoxiaélmény demonstrációja barokamrában, amelyet a 2000-es években bekövetkező fatális légi balesetek (a Helios légitársaság charter járatának balesete 2005-ben az utasszállító gép kabinhermetizációjának elvesztésekor [15]) vagy szerencsés kimenetelű



incidensek (MALÉV moszkvai járat [16]) előfordulása indokol. Napjainkban az Európai Repülőorvosi Társaság (European Society of Aviation Medicine – ESAM) Tanácsadó Testület (Advisory Board) mellé rendelt szakértői kör (Circle of Experts, a szerző részvételével) aktívan dolgozik a repülőorvosi tréningek visszaállításán, hiszen veszélyhelyzetben (akár egy kapcsoló hibás

állása miatt) a hypoxia alattomosan, szinte észrevehetetlenül vezet a szellemi teljesítmény végzetes csökkenéséhez, a gép irányításának elvesztéséhez. A hypoxia-tudatosság fenntartása barokamrai felszállások során így életmentő lehet („addig gondold a hypoxiára, amíg egyáltalán tudsz gondolkodni!”).

(Folytatjuk)

HIVATKOZÁSOK

- [1] Vitéz Szentnémedy Ferenc. A Repülés 2. o. Budapest, 1933. Magyar Szemle Társaság. <https://mek.oszk.hu/01300/01343/01343.pdf> (Letöltve: 2024.5.3.);
- [2] Boyle, R. New Experiments Physico-Mechanicall, Touching the Spring of the Air and Its Effects. (1660) in <https://www.britannica.com/biography/Robert-Boyle> (Letöltve: 2024.5.9.);
- [3] Henshaw, N. Aero-Chalinos. https://en.wikipedia.org/wiki/Nathaniel_Henshaw (Letöltve: 2024.5.9.);
- [4] Gillispie, Charles. The Montgolfier brothers and the invention of aviation, 1783–1784..., Princeton, Princeton University Press, 1983. pp. 92–93. (Letöltve: 2024.5.9.);
- [5] Robson, D. The Victorians who flew as high as jumbo jets. 2016.04.20. <https://www.bbc.com/future/article/20160419-the-victorians-who-flew-as-high-as-jets> (Letöltve: 2024.5.9.);
- [6] Bert, P. La pression barometrique. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/292187#page/10/mode/1up> (Letöltve: 2024.5.9.);
- [7] Britannica: Paul Bert. <https://www.britannica.com/biography/Paul-Bert> (Letöltve: 2024.5.9.);
- [8] Official United States Air Force Website, Major General Harry George Armstrong. (Letöltve: 2024.5.9.);
- [9] Tarver, W. J., Volner, K., Cooper, J. S. Aerospace Pressure Effects. 2022 Oct 24. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan. PMID: 29262037;
- [10] DRDC Toronto Fact Sheet: Hypobaric Facility. <https://web.archive.org/web/20110706181705/http://www.toronto.drdd.gc.ca/about-apropos/fact/f03-eng.asp> (Letöltve: 2024.6.20.);
- [11] <https://www.med.navy.mil/Naval-Medical-Research-Command/R-D-Commands/Naval-Submarine-Medical-Research-Laboratory/History/> (Letöltve: 2024.6.20.);
- [12] Szepességi baráti kör: Dr. Merényi Scholtz Gusztáv. <https://szepesikor.hu/fontos/merenyi-scholtz-gusztav> (Letöltve: 2024.5.9.);
- [13] Remes, P. Adatok a Magyar Királyi Honvédség repülő-egészségügyi szolgálatának kialakulásához III. rész. *Honvédorvos*, 2014. (66) 3–4. szám, pp. 58., 64.;
- [14] Remes, P. In memoriam Dr. Merényi Scholtz Gusztáv orvos altábornagy. *Honvédorvos*, 2016. (68) 3–4. szám, pp. 72–83.;
- [15] Hellenic Republic Ministry Of Transport & Communications Air Accident Investigation & Aviation Safety Board (Aaiasb), Aircraft Accident Report Helios Airways Flight Hcy522 Boeing 737-31s, Grammatiko, Hellas, 14 August 2005. https://www.faa.gov/sites/aa.gov/files/2022-11/Helios737_AccidentReport.pdf (Letöltve: 2017.9.27.);
- [16] Zárójelentés. (2011-272-4P, Súlyos repülőesemény, Budapest. LHCC FIR, 2011. 11. 23. Boeing 737-800 HA-LOK Közlekedésbiztonsági Szervezet. www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2011-272.pdf) (Letöltve: 2024.6.20.);

9. ÁBRA. Kommunikációs eszköz a Gyáli úti RHTEK barokamrában
(Fotó: Szilvási Zoltán oktatópilóta)

