

Farkas Csaba Bence¹

Egyéni védőfelszerelés, valamint az infrastrukturális elemek biztosította légzésvédelem lehetőségei a patológiai munkavégzésben

Possibilities for Respiratory Protection in Autopsy Procedures, Utilising Personal Protective Equipment and Infrastructural Installations

A bonctermi munkavégzés speciális esetekben a megszokottól eltérő munkavédelmi kihívásokat rejthet magában. Ezen esetek közé tartozik, ha az elhunyt olyan fertőző betegségben szenvedett, vagy olyan vegyi, esetleg sugárzóanyaggal szennyeződött halálát megelőzően, amely a post mortem vizsgálati folyamat során egészségügyi kockázatot jelent a végrehajtó állománynak. A kockázatok minimalizálása, valamint a környezet épsége, a személyzet egészségének védelme érdekében ilyenkor mind a boncterem infrastrukturális elemeihez sorolható berendezések alkalmazásával, mind pedig egyéni védőfelszerelések használatával kell a szükséges post mortem eljárásokat kivitelezni. Jelen tanulmányban a légzésvédelem lehetőségeit mutatom be és tekintem át, a fontosabb bonctermi veszélyek tükrében.

Kulcsszavak: egészség és biztonság, boncolás, légzésvédelem, egyéni védőfelszerelés, ABVR

¹ Doktorandusz, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola; szakorvosjelölt, Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Patológiai és Kórszövettani Diagnosztikai Osztály, e-mail: farkascsababence92@gmail.com

During autopsy procedures, special work safety issues can arise in cases where the decedents were infected with dangerous pathogens or the bodies were contaminated with hazardous chemical, radiological or nuclear agents. These cases represent an increased health risk for post mortem operations done by the pathology staff. In order to minimise the risks and to protect the integrity of the environment and the safety of medical personnel, the necessary post-mortem procedures shall be carried out using personal protective equipment and infrastructural installations. In this study, the possibilities of respiratory protection are summarised and presented, in the light of autopsy procedures.

Keywords: health and safety, autopsy, respiratory protection, personal protective equipment, CBRN

1. Bevezetés

A természetes halálesetek kapcsán végzett kórboncolás, valamint a rendkívüli halálesetek felderítése érdekében végrehajtandó hatósági, illetve igazságügyi boncolás a hatályos jogi szabályozás értelmében továbbra is elengedhetetlen részét képezi a patológiai és igazságügyi orvostani hivatásnak.² Ezek végrehajtásától a jogszabályokban meghatározott körülmények fennállása esetén nem lehet eltekinteni. Amennyiben azonban a végrehajtási kötelezettség megkerülhetetlen, a végrehajtó állomány egészségének védelme is prioritást kell élvezzen.

Rutin körülmények között, amennyiben az adott elhunyt boncolása kapcsán nem várható valamely veszélyes ágens jelentette többletkockázat, az adott intézmény belső eljárásrendjében foglaltaknak, ideális esetben az illetékes foglalkozás-egészségügyi és kórházhigiénés szakemberek ajánlásainak, valamint a szakmai standardokban meghatározott minimumfeltételeknek megfelelően kivitelezhetőek post mortem eljárások. Azonban előfordulhatnak olyan esetek, amelyekben veszélyes biológiai, vegyi, radiológiai vagy nukleáris (CBRN-) ágens kontaminálta a holttestet, ami egészségügyi rizikót jelent a bonctermi munkavégzésben.³ Jelen tanulmány célkitűzése a légzésvédelem alapfogalmait, a levegőtisztaság infrastrukturális és egyéni védőfelszerelés segítségével való biztosításának lehetőségeit összefoglalni, egyúttal bemutatni a fő légzőszervi kockázatokat jelentő CBRN-ágenseket.

2. Post mortem eljárások kapcsán fellépő, CBRN-jellegű veszélyforrások

A kórboncolással kapcsolatos feladatok ellátása során általános esetekben is előfordulhatnak munkahelyi balesetek. Példaként említhető az éles, hegyes tárgyak használata közben tett ügyetlen mozdulat, vagy különböző tárgyak leborulása a boncasztról, amelyek mind okozhatnak fizikai sérülést. További balesetforrás lehet az elektromos

² 1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről; 351/2013. (X. 4.) Korm. rendelet a halottvizsgálatról és a halottakkal kapcsolatos eljárásról.

³ Julian L. Burton: Health and Safety at Necropsy. *Journal of Clinical Pathology*, 56. (2003), 4. 254–260.

eszközök (például fűrész) használata során fellépő malfunkció, de önmagában a repetitív állómunka is megterheli a munkavégzők szervezetét.⁴ Az ilyen kockázatok általában odafigyeléssel, a munkavégzők edukációjával, megfelelő munkakörülményeik biztosításával, az eszközök adekvát használatával minimalizálhatók.

Valódi CBRN-jellegű kockázat ritkán merül fel post mortem eljárásokban, ami egyúttal magával vonja ezen esetek sokszor ad hoc jellegű kezelését is. A nemzetközi szakirodalomban relatíve széles skáláját lelhetjük fel olyan publikációknak, amelyek javarészt esetismertetés formájában egy-egy veszélyes CBRN-ágenshez köthető bonctermi esetet mutatnak be.⁵ Fontos azonban hangsúlyozni, hogy az esettanulmányokban publikáltak nem mindig kivitelezhetők saját lehetőségeinkre, körülményeinkre vetítve, éppen emiatt érdemes általánosabb megközelítésben is áttekinteni a veszélyforrások elleni védekezés egy-egy aspektusát. Az alábbi alfejezetekben röviden számba veszem és ismertetem a különböző ágenseket.

2.1. Biológiai jellegű veszélyforrások

Fertőző betegségben elhunytak boncolására nap mint nap sor kerül. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy a kórokozók igen jelentős hányada megfelelő, tulajdonképpen minimális védőfelszerelés használata mellett nem jelent veszélyt a boncteremben. E mikrobák az anyagcsere folyamatait elvesztett holttestben nem maradnak életben, vagy elvesztik fertőzőképességüket, csíraszámuk a fertőzési küszöbérték alá csökken, a hűtési-tárolási folyamat során károsodik struktúrájuk stb. Tovább csökkenti az e csoportba sorolható kórokozók jelentette veszélyt, hogy sok esetben egészséges, jól működő immunrendszerrel szemben nem lennének képesek betegség okozására; a betegben alap- és társbetegségek talaján, annak immunszupprimált státuszát kihasználva járulnak hozzá a halálóli folyamathoz, de post mortem már nem reprezentálnak szignifikáns veszélyt.

Akadnak azonban olyan ágensek, amelyek bizonyítottan a beteg halálát követően is fertőzőképesek maradhatnak, és preferált szervezetbe jutási módjuktól függően képesek lehetnek a boncteremben dolgozók megbetegítésére. Több tanulmány tanúsága szerint a tbc-, HIV-, B és C típusú hepatitisvírus (HBV, HCV), egyes vírusos haemorrhagiás lázat okozó ágensek (például ebolavírus), *Bacillus anthracis*, valamint prionok képesek lehetnek patológiai munkavégzés, halottakkal való érintkezés kapcsán infekciót kialakítani.⁶ További potenciális veszélyforrás a *Neisseria meningitidis*, valamint post mortem perzisztáló képességéből fakadóan a SARS-CoV és SARS-CoV-2 vírus is.⁷ A felsorolt

⁴ Telma Abdalla de Oliveira Cardoso et al.: Biosafety in Autopsy Room: An Systematic Review. *Revista de Salud Pública*, 21. (2019). 1–5.

⁵ Burton (2003): i. m.

⁶ Burton (2003): i. m.; Kurt B. Nolte et al.: Design and Construction of a Biosafety Level 3 Autopsy Laboratory. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 145. (2020), 4. 407–414.

⁷ U.S. Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine: *Guidelines for Protecting Mortuary Affairs Personnel from Potentially Infectious Materials*. TG 195, (2001. október); Matteo Riccò et al.: Invasive Meningococcal Disease on the Workplaces: A Systematic Review. *Acta Biomedica: Atenei Parmensis*, 88. (2017), 3. 337–351.; Ling Li et al.: Biosafety Level 3 Laboratory for Autopsies of Patients with Severe Acute Respiratory Syndrome: Principles, Practices, and Prospects. *Clinical Infectious Diseases*, 41. (2005), 6. 815–821.; Stefanie Plenzig et al.: Infectivity of Deceased Covid-19 Patients. *International Journal of Legal Medicine*, 135. (2021), 2055–2060.

kórokozók egy része inkább vágott, szúrt sebbe kerülve, vérrel vagy egyéb testnedvvel való szennyeződés esetén képes fertőzést okozni (HIV, HBV, HCV), azonban másik részük aeroszol formájában légúti bejutás esetén jelent inkább kockázatot (tbc, N. meningitidis, SARS-CoV és SARS CoV-2). Utóbbi esetekben az adekvát légzésvédelem elengedhetetlen a megfelelő rizikócsökkentés érdekében.

2.2. Vegyi jellegű veszélyforrások

A veszélyes vegyi anyagok többféle halmazállapotban és toxicitással, döntően külső kontamináció formájában jelenhetnek meg a boncteremben. A szakirodalom alapján a nem perzisztáló toxikus vegyületek jelentette kockázat alapos szellőztetés mellett minimalizálható.⁸ Azonban a megfelelő szellőztetéshez infrastrukturális feltételeknek kell teljesülnie. Kegyeleti szempontok figyelembevételével nehezen elképzelhető, hogy „passzív” szellőztetés (ablaknyitás, már amennyiben a helyiség egyáltalán rendelkezik ablakkal) elegendő rizikócsökkenést eredményezne egy magas toxicitással jellemezhető ágens esetén. A következő lehetőség, hogy a légtechnika oldja meg az adekvát szellőztetés kérdését, amely mobil boncterem esetén, ha lakott területtől kívül esik a vizsgálati helyiség, az áramellátás logisztikai problematikáját veti fel. Telepített vagy mobil szellőztetés épületben való használata a vegyi anyag szóródását eredményezheti, amennyiben az áramoltatott levegő adekvát szűrése nem valósul meg. A fentiekből következik, hogy illékony vegyszerek okozta kontamináció is jelenthet a gyakorlatban nehézséget.

A perzisztáló vegyi anyagok különösen akkor fenyegethetik a halottkezelésben részt vevő személyi állományt, hogyha nem történt meg a tetem elsődleges, lehetőség szerint baleset helyszínén végrehajtott dekontaminációja. Reziduális toxikus maradványokkal, potenciális belső kontaminációval azonban ezekben az esetekben is érdemes számolni. Ugyanígy nehezen kivitelezhető előzetes mentesítés, ha a mérgezés eleve, például öngyilkossági szándékkal, belső kontamináció formájában történt meg.

Konkrét, szakirodalomban említett vegyületek közül a cianidok, alumínium-foszfid, triklór-etilén okozta mérgezések, halogénezett szénhidrogének, valamint szerves foszfátok jelenthetnek potenciális veszélyt a kórboncolásban részt vevőkre.⁹ Szintén megemlítendő a bhopali vegyi katasztrófa során nagy mennyiségben környezetbe került metil-izocianát, amely esetek kórboncolásáról alapos szakirodalmi összefoglaló is készült, bár sajnálatos módon az autopsziák során foganatosított biztonsági óvintézkedésekről kevés szó esik.¹⁰

⁸ Interpol: *Interpol Disaster Victim Identification Guide, part B, Annexure 16* (é. n.).

⁹ Burton (2003): i. m.; Adrienne Edkins – Virginia Murray: Management of Chemically Contaminated Bodies. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 98. (2005), 4. 141–145.

¹⁰ S. Sriramachari: The Bhopal Gas Tragedy: An Environmental Disaster. *Current Science*, 86. (2004), 7. 905–920.

2.3. Radiológiai és nukleáris veszélyforrások

Radioaktív anyagok szintén több forrásból juthatnak az elhunyt szervezetébe, vagy hozhatnak létre külső kontaminációt. Nukleáris fegyverek bevetésének vagy atomerőművekben bekövetkező baleseteknek a szigorú szabályozásnak hála relatíve kicsi a bekövetkezési esélye, de számolni ettől függetlenül érdemes potenciális létrejöttükkel.¹¹ Ezeknél reálisabb fenyegetést jelenthet terroristacselekmény kapcsán radiológiai fegyver („piszkos bomba”) felrobbanása, amely esetben sugárzó por és repeszek szennyezhetik be az áldozatokat. További és talán még valószínűbb lehetőség, hogy valamely terápiás beavatkozás miatt implantált, vagy képpalkotó eljáráshoz beadott izotóp marad az elhunyt szervezetében.¹²

Radioaktív anyagnál kiemelt jelentőségű, hogy milyen mennyiségben van jelen, milyen sugárzástípussal és felezési idővel jellemezhető az adott matéria. Amennyiben teljes körű dekontamináció nem valósítható meg, ezek együttese fogja megszabni a végrehajtható post mortem műveletek mibenlétét, és kiemelten annak időtartamát. Értelemszerűen ezen esetekben is az „ALARA”- (*as low as reasonably achievable*) elv figyelembevételével kell megszervezni a munkafolyamatokat, azaz annyira alacsonyan kell tartani a sugárzásnak való kitétséget szintjét a végrehajtott állományban, amennyire csak lehetséges.¹³

A gyógyászati területen akár diagnosztikus, akár terápiás felhasználást követően a holttestben potenciálisan jelenlévő izotópok a gamma sugárzó Tc-99m, In-111, I-123, a dominálónan béta sugárzó I-131, Y-90, P-32, Sm-153, Sr-89, továbbá a pozitron emisszióval jellemezhető F-18.¹⁴ Piszkos bombák esetében az adott sugárzóanyaghoz való hozzáférhetőség fontos tényező lehet, ezért az egészségügyi felhasználásuk, amelyek széleskörűen elterjedtek, ilyen formában is szóba jöhetnek, elsősorban a I-131. További lehetséges radionuklid a Cs-137, Sr-90, Co-60.¹⁵ A nukleáris fegyverek bevetése kapcsán képződő robbanásokban mintegy 400 különböző sugárzóanyag lehet jelen; az ezekből származó sugárzásra jellemző, hogy a robbanás pillanatában 100%-osnak tekinthető dózisirata 7 óra alatt tizedére, 49 óra alatt századára, 343 óra alatt ezredére csökken az eredeti értéknek, amely információ a post mortem beavatkozások munkatervezését befolyásolhatja.¹⁶

3. A légzésvédelem komplexitásának jelentősége

A fentiekben felsorolt CBRN-jellegű veszélyforrások, a légúti terjedési módot nem preferáló kórokozók kivételével, mind magukban hordják a légzőszervi bejutás, következményes megbetegítés lehetőségeit. Ennek a megállapításnak az adja az alapját,

¹¹ Charles M. Wood – Frank DePaolo – R. Dogget Whitaker: *Guidelines for Handling Decedents Contaminated with Radioactive Materials*. (h. n.), Centers for Disease Control and Prevention, (é. n.).

¹² Burton (2003): i. m.

¹³ Wood–DePaolo–Whitaker (é. n.): i. m.

¹⁴ Mark Singleton et al.: *The Radioactive Autopsy: Safe Working Practices. Histopathology*, 51. (2007), 3. 289–304.

¹⁵ Asaf Durakovic: *Medical Effects of a Transuranic "Dirty Bomb"*. *Military Medicine*, 182. (2017), 3–4. e1591–e1595.

¹⁶ Wood–DePaolo–Whitaker (é. n.): i. m.

hogy a kórbontani vizsgálat egy magas aeroszolképződési rátával jellemezhető folyamatsor.¹⁷ Az aeroszol kifejezés általánosságban olyan kétfázisú rendszerekre használatos fogalom, amelyekben gáz halmazállapotú anyag (leggyakrabban levegő) elegyedik szilárd vagy folyékony halmazállapotú egyéb anyaggal, diszperz rendszert képezve.¹⁸ Amennyiben végiggondoljuk a halottkezelés folyamatát, láthatjuk, hogy nem csupán az aeroszolgenerálás nézőpontjából „klasszikusnak” tekintendő beavatkozások (például rezgőfűrés használata) járhatnak aeroszolképződéssel.¹⁹ A holttest óvatlan kicsomagolása a zsákból, a különböző eszközök (kiemelten endotrachealis tubus) eltávolítása, a testüregek megnyitása, szervek felvágása, boncaszatra helyezése, folyóvízzel lemosása, a testnedvekkel szennyezett test mozgatása mind lehetséges veszélyforrásként jelenik meg, kisebb-nagyobb cseppek és szilárd partikulumok mobilizálásának formájában.

Amennyiben az aeroszolképződés bekövetkezett, a légzésvédelem első védvonalát a boncteremben telepített, beépített vagy mobil légtechnikai megoldások fogják képezni. Ezek a közvetlen végrehajtó személyi állomány védelmén túl a boncterem kívüli helyiségek biztonságát is hivatottak ellátni. Amennyiben ilyen berendezés nem áll rendelkezésre, és nem izolált, forgalomtól elzárt épületről van szó, fennáll a veszélye a post mortem folyamatok során felszabaduló, levegőbe juttatott veszélyes anyagok boncterem kívüli terjedésének.

A boncolást végzők légzésvédelmének második védvonalát az egyéni védőfelszerelések alkotják. A tetemmel közvetlenül érintkező, annak közelében ténykedő szakemberek biztonságát megfelelően kiválasztott egyéni légzésvédelem nélkül nehéz elképzelni. A különböző méretű, néhány mikrométertől néhány száz mikrométerig terjedő aeroszolak légutakba jutásának fizikai megakadályozása kiemelt prioritás. Általánosságban elmondható, hogy minél kisebb egy partikulum, annál mélyebbre képes a légutakban eljutni.²⁰ Az ezek elleni védekezés megfelelően kiválasztott egyéni védőfelszereléssel történhet, amely kiszűri az adott ágenst. További lehetőség izolációs jellegű, önállóan levegőt biztosító apparátus alkalmazása, amely esetén külön szűrés nélkül is elkerülhető a veszélyes anyagok, kórokozók belégzése.

3.1. Infrastrukturális levegőtisztaság-védelmet biztosító elemek

A levegő tisztaságát egy adott helyiségben épületgépészeti aspektusból a fűtésrendszer, a szellőzőrendszer és a légkondicionáló rendszer mérnöki megoldásainak összessége

¹⁷ Tanya Jackson et al.: Classification of Aerosol-Generating Procedures: A Rapid Systematic Review. *BMJ Open Respiratory Research*, 7. (2020), 1. e000730.

¹⁸ Dirk P. Yamamoto: An Overview of Respiratory Protection. In LeeAnn Racz – Dirk P. Yamamoto – Robert M. Eninger (szerk.): *Handbook of Respiratory Protection: Safeguarding against Current and Emerging Hazards*. Boca Raton, FL, CRC Press, 2017. 3–8.

¹⁹ Francis H. Y. Green – Ken Yoshida: Characteristics of Aerosols Generated During Autopsy Procedures and Their Potential Role as Carriers of Infectious Agents. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 5. (1990), 12. 853–858.

²⁰ American Conference of Governmental Industrial Hygienists: *TLVs and BEIs: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices*. Cincinnati, OH, ACGIH, 2019. 78–81.

fogja biztosítani.²¹ A veszélyes ágensek ellen többféle általános megközelítés összevonásával érhető el megfelelő hatékonyság. Ezen elemek közül az aeroszol formájában jelen lévő kórokozók vagy veszélyes anyagok koncentrációjának friss levegővel való csökkentése (dilúciója), a kontaminált levegő eltávolítása, illetve szűrése jöhet szóba. A levegőáramlás irányának előre tervezésével, egyirányúsításával elkerülhető, hogy a szennyezett levegő olyan helyiségekbe juthasson, amelyekben védőfelszerelést nem viselő személyek tartózkodnak. Amennyiben a helyiség levegője kisebb vagy nagyobb hányadban recirkulált, szűréssel fokozhatjuk a veszélyes ágensek eliminációját. A szellőzés hatékonyságának numerikus mérője az egy óra alatt megvalósuló teljes légcserék száma (*air changes per hour*, ACH).

Veszélyes ágensekkel folytatott munkavégzésnél további biztonságnövelő tényező lehet mind a környezet, mind a végrehajtó állomány szempontjából, hogyha a boncolás helyszínén negatív nyomást biztosító légtechnika üzemel.²² Negatív nyomással garantálható a légáramlás megfelelő iránya, aminek értelmében a tisztának tekinthető zónák felől a szennyezettebb zónák felé kell kialakítani egyre fokozódó negatív nyomáskülönbséget, így aeroszolban gazdag levegő nem juthat a tisztábbnak tekintett területekre. Az ajánlások alapján minimálisan 2,5 Pa különbség alakítandó ki, de ennél lényegesen nagyobb, lépcsőzetes megoldások is szükségesek lehetnek, amennyiben magasabb védelmi szintet kívánunk elérni.²³

A levegő szűrésének alapját a kiszűrendő anyagok, kórokozók fizikai mérete, illetve egyéb fizikai, kémiai tulajdonságai (például oldhatóság, reakciókészség) fogják meghatározni. A fizikai méret kiemelt fontosságú kórokozók, radioaktív porok esetén, amelyeket megfelelő részecskeszűrő alkalmazásával, mechanikus alapon eliminálhatunk a tisztítandó levegőből.²⁴ Ennek egyik lehetséges formája a boncteremben beépített, vagy mobil formában a helyszínen alkalmazott HEPA (*high-efficiency particulate air filtration*) szűrőrendszer.²⁵ A mechanikus alapú szűrésen kívül UV-sugárzással, vagy iongeneráláson alapuló technológiákkal fokozhatjuk a szűrés, kórokozó-eliminálás hatékonyságát. Mérgező gázok esetében aktívszenes szűrők adszorpciós képességének kiaknázása, illetve úgynevezett MOF (*metal-organic framework*) rendszerű szűrők használata segíthet a levegőtisztaság megőrzésében.²⁶ A szűrők élettartamának növelésében az olyan új, innovatív megoldások jelenthetnek megoldást, mint a fizikai adszorpció elvén működő önregeneráló szűrők.²⁷

²¹ Medical Advisory, Secretariat: Air Cleaning Technologies: An Evidence-Based Analysis. *Ontario Health Technology Assessment Series*, 5. (2005), 17. 1–52.

²² Nolte et al. (2020): i. m.; Li et al. (2005): i. m.

²³ Medical Advisory, Secretariat (2005): i. m.; Li et al. (2005): i. m.

²⁴ Medical Advisory, Secretariat (2005): i. m.

²⁵ David T. Liu et al.: Portable HEPA Purifiers to Eliminate Airborne SARS-CoV-2: A Systematic Review. *Otolaryngology – Head and Neck Surgery*, 166. (2021), 4. 615–622.

²⁶ George E. Strudgeon et al.: Safety Considerations in Handling Activated Carbon. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 52. (1980), 10. 2516–2522.; Elisa Barea – Carmen Montoro – Jorge A. R. Navarro: Toxic Gas Removal – Metal–Organic Frameworks for the Capture and Degradation of Toxic Gases and Vapours. *Chemical Society Reviews*, 43. (2014). 5419–5430.

²⁷ Padányi József – Halász László – Földi László: Harcjárművek ABVR védelmének javítása a klímaváltozás kihívására adott válaszként. *Haditechnika*, 47. (2013), 3. 21–26.

3.2. Légzésvédelem egyéni védőfelszereléssel

A halottakkal kapcsolatos eljárások során ritkán adódik olyan szituáció, hogy a 21%-os légköri oxigén ne legyen hozzáférhető. Ilyen eshetőségre leginkább baleset vagy katasztrófa helyszínén számíthatunk, ahol valamely mérgező vagy inert gáz csökkenti 19,5% alá az oxigén térfogatarányát. További lehetséges forgatókönyv, hogy ismeretlen CBRN-ágens, ismeretlen koncentrációban van jelen halottkezelés során. Ezen esetekben sűrített levegős légzőkészülék (*self contained breathing apparatus*, SCBA) mellett lehetséges biztonságos feladat-végrehajtás.²⁸

Amennyiben 19,5% feletti oxigénszint áll rendelkezésre, továbbá felderített, azonosított ágenssel van dolgunk, amely ismert (becsülhető) koncentrációban van jelen, alacsonyabb névleges védelmi tényezővel jellemezhető légzésvédelmi eszközöket is alkalmazhatunk. Természetesen ez esetben is a biztonság a legfontosabb, tehát az ágens ismeretében szükséges kiválasztani a védőfelszerelést, azonban költséghatékonysági, hozzáférhetőségi, kényelmi szempontok is figyelembe vehetők. Az SCBA-rendszerű védőfelszerelések után a következő védelmi szintet a motoros rásegítéssel légzésvédők (*powered air purifying respirator*, PAPR) képviselik.²⁹ Ezek kámsza, teljes álarc használata mellett, vagy a motoros rendszert arcvédőbe integrált módon képesek a légzési munka terhelése nélkül biztosítani a légszűrést. A kámszával kompatibilis levegőrásegítők további praktikus előnye, hogy alászívás nem lévén bármilyen arcszűrő, arcforma mellett biztonsággal alkalmazhatók. A PAPR-eszközök, akárcsak a rásegítéssel nem rendelkező teljes álarcok, szűrési képességét a foglalatukba helyezett szűrőbetét minősége határozza meg. Ezek között megkülönböztethetünk részecskeszűrő, gázsűrő és kombinált szűrőbetéteket. A szűrők többsége védelmi képességében, élettartamában is korlátozott, éppen ezért kiemelt körültekintéssel kell eljárni kiválasztásuk során, kalkulálva a tervezett munkafolyamatok időtartamával.

A rásegítést nélkülöző teljes álarcok védelmi képessége elmarad a PAPR-eszközökétől, azonban több munkafolyamatban kényelmesebben használhatók, beszerzési áruk legtöbb esetben töredéke a relatíve drága PAPR-rendszereknek.³⁰ További hátrányuk azonban a légzési munka terhelése révén hosszabb távon fárasztó viselésük, ami akár a végrehajtók precizitását, koncentrációs képességét is befolyásolhatja. Megfelelő illeszkedésüket, az alászívás minimalizálása érdekében, használat előtt mindenképpen ellenőrizni szükséges. A teljes alászívási tényező százalékban kifejezhető érték (*total inward leakage*, TIL), amely megmutatja, hogy a fél- vagy teljes álarc archoz illeszkedési pontjai mentén, a szelepeknél, szűrőbetéteknél összességében mekkora koncentrációban jutnak be a laboratóriumi körülmények között mért partikulumok a légzésvédő eszköz által meghatározott belső térbe a légtérben mérhető koncentrációhoz képest.³¹

²⁸ Larry Janssen et al.: *Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear (CBRN) Respiratory Protection Handbook*. Pittsburgh, PA, U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2018-166, 2018. 44–51.

²⁹ NATO Standard AMedP 7.1 Medical Management of CBRN Casualties (2018), 9.3.7; Janssen (2018): i. m. 51–58.

³⁰ Jan Schumacher: *Respiratory Protection for Medical First Responders and Receivers*. In Racz–Yamamoto–Eninger (szerk.) (2017): i. m. 416–425.

³¹ Craig E. Colton: *Respirator Classification*. Racz–Yamamoto–Eninger (szerk.) (2017): i. m. 40.

Még olcsóbb, könnyebben hozzáférhető lehetőség a részecskeszűrő félálarcok alkalmazása. Bár a felsorolt egyéni légzésvédők közül ezek esetében a legalacsonyabb a névleges védelmi tényező, amennyiben megfelelően illeszkednek a szórtelen arcra, megfelelő szinten választottuk meg részecskeszűrő képességüket (például FFP3/N99 félálarc), a boncteremben gyakran előforduló kórokozók ellen adekvát védelmet biztosíthatnak. Mivel önmagukban, ellentétben a kámszákkal, teljes álarcokkal, csak a légutakat védik, arcvédő pajzzsal kiegészített használatuk javasolt.

3.3. A megfelelő légzésvédelem biztosításának szempontjai, a tervezett műveletek kivitelezhetősége

Ahhoz, hogy meghatározzuk, milyen infrastrukturális elemekre és egyéni védőfelszerelésre lesz szükségünk CBRN-áldozattal kapcsolatos munkavégzéshez, először azt szükséges tisztáznunk, milyen ágenssel állunk szemben. Az adott CBRN-esemény körülményei, a felderítés eredményei alapján már a helyszíni halottkezeléshez is elsődleges kockázatelemzés kivitelezésére lesz szükség. Amennyiben a veszélyes ágens pontos mibenléte bármely okból nem meghatározható, vagy a post mortem folyamathoz nem biztosított 19,5%-ot meghaladó oxigéntartalmú levegő, az elvégzendő munkafolyamatokat e kockázati tényezőkhöz kell igazítani (például limitált, célirányos vizsgálatokat kivitelezni, amennyiben erre jogszabályi lehetőség van). A vizsgálati helyiségben, az ismeretlen veszélyes ágens szóródásának megakadályozása érdekében teljes izolációt kell megvalósítani, a végrehajtó állományt pedig sűrített levegős légzőkészülékkel ellátni. Az állomány kijelölésének értelemszerűen fontos kritériuma, hogy az említett rendszert képes legyen biztonságosan használni.

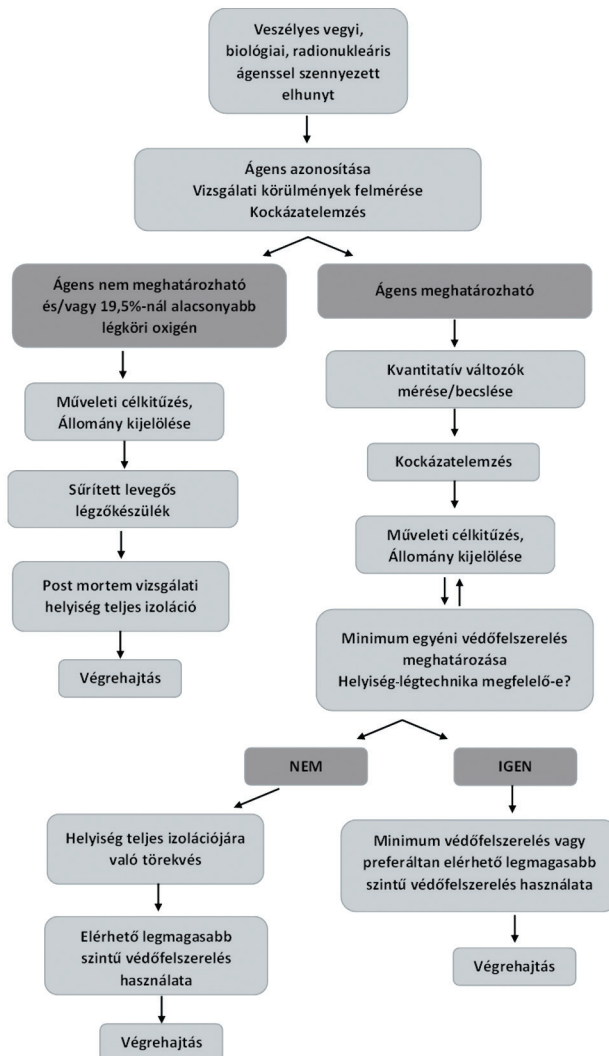
Amennyiben a veszélyes ágens pontosan meghatározható, úgy attól függően, hogy vegyi, biológiai vagy radionukleáris természetű, további mérésekre, vizsgálatokra lesz szükség a megfelelő kockázatelemzéshez, hiszen a kvalitatív tulajdonságok mellett a kvantitatív jellemzők is befolyásolják a szükséges védelmi szint meghatározását. Vegyi anyagoknál a levegőben mérhető koncentráció lesz kiemelt fontosságú légzésvédelem szempontjából, amelynek monitorozása, kiemelten potenciális belső kontamináció esetén, a post mortem folyamat teljes időtartamában elvégzendő. További figyelembe veendő szempont az adott vegyület stabilitása, reakciókészsége, míg sugárzóanyagok esetében a felezési idő mellett a műszeres módon mérhető radioaktivitás.

Biológiai ágensek esetében a kórokozó fertőzési képessége aeroszol formájában, a potenciálisan létrejövő tünetegyüttes súlyossága (a kórokozó biztonsági besorolása) mérvadó a légzésvédelem tervezésekor. Figyelembe vehetők még a kórokozó post mortem túlélőképességére, valamint a fertőzés létrehozásához szükséges csíraszámra vonatkozó szakirodalmi adatok, továbbá a rendelkezésre álló profilaktikus, illetve kuratív beavatkozások (például védőoltás, antibiotikum).

Amennyiben az ágensre vonatkozó kvalitatív és kvantitatív jellemzők tükrében megtörtént a rizikóbecslés, sor kerülhet az elvégzendő feladatok megfogalmazására, a célkitűzéseket végrehajtani képes állomány kijelölésére, egyúttal meghatározva a szükséges infrastrukturális és egyéni védőfelszerelésre vonatkozó kritériumokat. Amennyiben a vizsgálati helyiség nem rendelkezik megfelelő légtechnikával, úgy

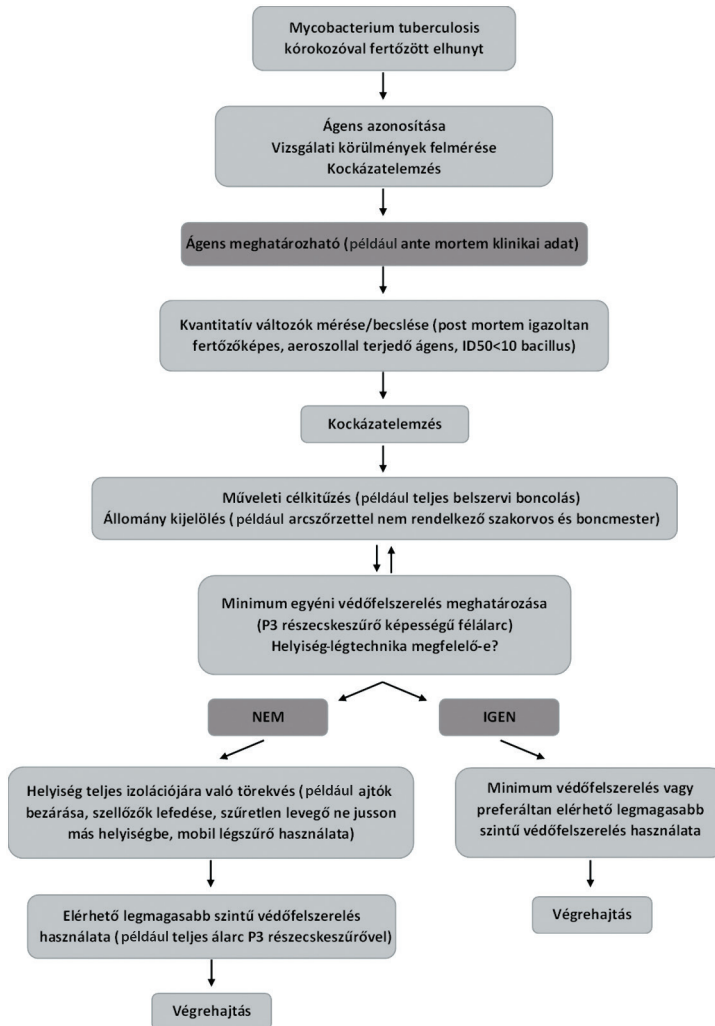
az elérhető legmagasabb szintű izolációra érdemes törekedni, egyúttal a minimálisként meghatározott egyéni légzésvédelemhez képest emelt szintű eszközöket alkalmazni. Ha van megfelelő védelmi képességű infrastrukturális, levegőtisztaságot biztosító technika, akkor a minimumként meghatározott egyéni légzésvédelem is elégséges lehet, bár ez esetben is, ha rendelkezésre áll, érdemes lehet a nagyobb biztonságot garantáló eszközök használata.

Az alábbi algoritmus (1. ábra és 2. ábra) általánosságban foglalja össze a fenti alapelveket, továbbá egy konkrét példát is bemutatunk.



1. ábra: Légzésvédelem tervezésének szempontrendszere

Forrás: a szerző szerkesztése



2. ábra: Mycobacterium tuberculosis fertőzés kapcsán alkalmazandó lépések

Forrás: a szerző szerkesztése

4. Összegzés

A bemutatott CBRN-veszélyek, legyen szó biológiai, vegyi, radiológiai vagy akár nukleáris ágensről, a balesetek, katasztrófák, járványok lehetséges előfordulásának tükrében bármikor a patológiai, igazságügyi orvostani munkavégzés folyamatában is megjelenhetnek. A potenciálisan felbukkanó veszélyes anyagok, kórokozók változottsága mindenképpen indokolja, hogy előre gondolkodva alakítsuk ki a végrehajtott állomány biztonságos munkavégzésének feltételrendszerét. Ennek csupán egyetlen,

de nem elhanyagolható lépése a légzésvédelem kérdéskörének halottkezelési munkafolyamatokra történő optimalizálása. A CBRN-áldozatok post mortem vizsgálata interdiszciplináris megközelítést, csapatmunkát igényel, amelyben a megfelelő védelmi intézkedések meghozatalán túl a védőfelszerelések, eszközök ismerete mellett ezek adekvát használata is elsajátítandó képesség. A tiszta levegő biztosítása infrastruktúráis elemekkel és egyéni védőfelszereléssel mind a post mortem folyamatokban érintett kollégák, mind a velük térben és időben együtt dolgozó társszakmák képviselői számára elemi fontosságú.

Felhasznált irodalom

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists: *TLVs and BEIs: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices*. Cincinnati, OH, ACGIH, 2019.
- Barea, Elisa – Carmen Montoro – Jorge A. R. Navarro: Toxic Gas Removal – Metal–Organic Frameworks for the Capture and Degradation of Toxic Gases and Vapours. *Chemical Society Reviews*, 43. (2014). 5419–5430. Online: <https://doi.org/10.1039/C3CS60475F>
- Burton, Julian L.: Health and Safety at Necropsy. *Journal of Clinical Pathology*, 56. (2003), 4. 254–260. Online: <https://doi.org/10.1136/jcp.56.4.254>
- De Oliveira Cardoso, Telma Abdalla – Francisco de Paula Bueno de Azevedo Neto – Simone Cynamon-Cohen – Deborah Chein Bueno de Azevedo: Biosafety in Autopsy Room: An Systematic Review. *Revista de Salud Pública*, 21. (2019), 6. 1–5. Online: <https://doi.org/10.15446/rsap.v21n6.81593>
- Durakovic, Asaf: Medical Effects of a Transuranic "Dirty Bomb". *Military Medicine*, 182. (2017), 3–4. e1591–e1595. Online: <https://doi.org/10.7205/MIL-MED-D-16-00256>
- Edkins, Adrienne – Virginia Murray: Management of Chemically Contaminated Bodies. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 98. (2005), 4. 141–145. Online: <https://doi.org/10.1177/014107680509800402>
- Green, Francis H. Y. – Ken Yoshida: Characteristics of Aerosols Generated During Autopsy Procedures and Their Potential Role as Carriers of Infectious Agents. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 5. (1990), 12. 853–858. Online: <https://doi.org/10.1080/1047322X.1990.10387806>
- Interpol: *Interpol Disaster Victim Identification Guide, part B, Annexure 16* (é. n.). Online: www.interpol.int/How-we-work/Forensics/Disaster-Victim-Identification-DVI
- Jackson, Tanya – Danika Deibert – Graeme Wyatt – Quentin Durand-Moreau – Anil Khunti – Kamlesh Adishes – Sachin Khunti – Simon Smith – Xin Hui S. Chan – Lawrence Ross – Nia Roberts – Elaine Toomey et al.: Classification of Aerosol-Generating Procedures: A Rapid Systematic Review. *BMJ Open Respiratory Research*, 7. (2020), 1. e000730. Online: <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2020-000730>
- Janssen, Larry – Arthur T. Johnson – James S. Johnson – S. Z. Mansdorf – Osvaldo R. Meici – Richard W. Metzler – Timothy R. Rehak – Jonathan V. Szalajda – Jordan Moore: *Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear (CBRN) Respiratory Protection*

- Handbook*. Pittsburgh, PA, U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2018-166, 2018.
- Li, Ling – Jiang Gu – Xicheng Shi – Encong Gong – Xingwang Li – Hongquan Shao – Xueying Shi – Huijun Jiang – Xiaoqiang Gao – Daiyun Cheng – Lizhu Guo – Hao Wang et al.: Biosafety Level 3 Laboratory for Autopsies of Patients with Severe Acute Respiratory Syndrome: Principles, Practices, and Prospects. *Clinical Infectious Diseases*, 41. (2005), 6. 815–821. Online: <https://doi.org/10.1086/432720>
- Liu, David T. – Katie M. Philips – Marlene M. Speth – Gerold Besser – Christian A. Mueller – Ahmad R. Sedaghat: Portable HEPA Purifiers to Eliminate Airborne SARS-CoV-2: A Systematic Review. *Otolaryngology – Head and Neck Surgery*, 166. (2021), 4. 615–622. Online: <https://doi.org/10.1177/01945998211022636>
- Medical Advisory, Secretariat: Air Cleaning Technologies: An Evidence-Based Analysis. *Ontario Health Technology Assessment Series*, 5. (2005), 17. 1–52. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23074468/>
- NATO: NATO Standard AMedP 7.1 *Medical Management of CBRN Casualties* (2018). Online: www.coemed.org/files/stanags/03_AMEDP/AMedP-7.1_EDA_V1_E_2461.pdf
- Nolte, Kurt B. – Timothy B. Muller – Adam M. Denmark – Ron Burstein – Yvonne A. Villalobos: Design and Construction of a Biosafety Level 3 Autopsy Laboratory. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 145. (2020), 4. 407–414. Online: <https://doi.org/10.5858/arpa.2020-0644-SA>
- Padányi József – Halász László – Földi László: Harcjárművek ABVR védelmének javítása a klímaváltozás kihívására adott válaszként. *Haditechnika*, 47. (2013), 3. 21–26.
- Plenzig, Stefanie – D. Bojkova – H. Held – A. Berger – F. Holz – J. Cinatl – E. Gradhand – M. Kettner – A. Pfeiffer – M. A. Verhoff: Infectivity of Deceased Covid-19 Patients. *International Journal of Legal Medicine*, 135. (2021). 2055–2060. Online: <https://doi.org/10.1007/s00414-021-02546-7>
- Racz, LeeAnn – Dirk P. Yamamoto – Robert M. Eninger (szerk.): *Handbook of Respiratory Protection: Safeguarding against Current and Emerging Hazards*. Boca Raton, FL, CRC Press, 2017. Online: <https://doi.org/10.1201/9781351109079>
- Riccò, Matteo – Luigi Vezzosi – Anna Odone – Carlo Signorelli: Invasive Meningococcal Disease on the Workplaces: A Systematic Review. *Acta Biomedica: Atenei Parmensis*, 88. (2017), 3. 337–351. Online: <https://doi.org/10.23750/abm.v88i3.6726>
- Singleton, Mark – R. D. Start – W. Tindale – C. Richardson – M. Conway: The Radioactive Autopsy: Safe Working Practices. *Histopathology*, 51. (2007), 3. 289–304. Online: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2559.2007.02768.x>
- Sriramachari, S.: The Bhopal Gas Tragedy: An Environmental Disaster. *Current Science*, 86. (2004), 7. 905–920. Online: www.jstor.org/stable/24109273
- Strudgeon, George E. – Brian J. Lewis – W. W. Albury – R. C. Clinger: Safety Considerations in Handling Activated Carbon. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 52. (1980), 10. 2516–2522. Online: <https://doi.org/10.2307/25040915>
- U.S. Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine: *Guidelines for Protecting Mortuary Affairs Personnel from Potentially Infectious Materials*. TC 195, (2001. október). Online: www.hsdl.org/?abstract&did=780538

- Yamamoto, Dirk P.: An Overview of Respiratory Protection. In LeeAnn Racz – Dirk P. Yamamoto – Robert M. Eninger (szerk.): *Handbook of Respiratory Protection: Safeguarding against Current and Emerging Hazards*. Boca Raton, FL, CRC Press, 2017. 3–8. Online: <https://doi.org/10.1201/9781351109079-1>
- Wood, Charles M. – Frank DePaolo – R. Dogget Whitaker: *Guidelines for Handling Decedents Contaminated with Radioactive Materials*. (h. n.), Centers for Disease Control and Prevention, (é. n.). Online: <https://emergency.cdc.gov/radiation/pdf/radiation-decedent-guidelines.pdf>

Jogi források

1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről
351/2013. (X. 4.) Korm. rendelet a halottvizsgálatról és a halottakkal kapcsolatos eljárásról