

Szimulációs oktatás és az aneszteziológia - intenzív terápia kölcsönhatásai szélsőséges körülmények között

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Dr. Rendeki Szilárd



Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar

Aneszteziológiai és Intenzív Terápiás Intézet

Műveleti Medicina Tanszék

Szimulációs Oktatási Központ

Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola

Doktori Iskola vezető: Prof. Dr. Bogár Lajos

Programvezető: Prof. Dr. Molnár F. Tamás

Témavezetők

Dr. Nagy Bálint

Dr. Maróti Péter

2021

1 Bevezetés

Az orvostudomány graduális és posztgraduális képzési és továbbképzési szintjein egyaránt a szimulációs oktatás szerepe alapvetésnek számít. Az elméleti tantárgyak oktatásánál a laboratóriumi munka, a manuális készségek gyakorlása megkérdőjelezhetetlen jelentőségű. A klinikai tárgyak gyakorlati oktatásában a beteg bemutatás és a betegvizsgálat az orvoslás történelmi gyökereiből és hagyományaiból fakad, azonban napjainkban a képzések igényeit követve nem támaszkodhatunk csak a közvetlen betegkapcsolati oktatási formákra.

Hazánkban a 2010-es évek elején megkezdődött az a szakmai tevékenység, mely a szimulációs eszközök alkalmazásra építve országos hálózattá nőtte ki magát. Az egyetemek aktív szakmai vezetésével és az országos egészségügyi ellátást biztosító intézmények szakfelügyeleti szerveivel történő hatékony munka eredménye napjainkban az a hálózat, mely az orvosképző egyetemeket és az egyetemi oktató kórházakat foglalja magában. A szimulációs központok létrehozása hiánypótló Magyarországon, mert az orvostudományi és egészségtudományi képzések gyakorlati oktatásának rendszerszintű demonstrációs bázishálózata standardizált tudáselemek átadására képes, megnyitva az online, valós idejű („real-time”) távolsági kommunikáció lehetőségét is. A szakmai konzorcium összesen közel húsz telephelyén (3 egyetemi, 16 megyei szintű oktatókórházi) azonos szakmai irányelvek mentén, közös beszerzésű, így országosan standardizált felszereltségű képzési egységekben történhet a graduális és postgraduális képzés. A szakmai munka az orvostudományi egyetemek klinikai kimeneti követelményeire épül, míg az általunk létrehozott Magyar Egészségügyi Szimulációs Társaság a képzések jövőjének biztosításával, országos és nemzetközi együttműködések kiépítésével foglalkozik.

Fontos azonban hangsúlyozni azt, hogy az egészségügyi szimulációs oktatás nem helyettesítheti a betegágy melletti klinikai oktatást. A beavatkozást lehetővé tevő eszközei ugyan a betegellátásával azonosak, de a demonstrációs lehetőségek sohasem lesznek a valóság pontos és teljesen hiteles tükörképei, így a képzés csak áthidaló szerepet játszhat

az elméleti és az alkalmazott tudás megszerzése között. A manuális „skill”-ek elsajátítása mellett az egészségügyi környezetben előforduló kommunikációs szituációk, lehetőségek és kihívások megismertetése és azok megoldásai esszenciális jelentőségűek, melyekre kiváló és biztonságos lehetőséget teremt a szimulációs oktatás.

Az anesztézia és a szimulációs oktatás kapcsolatában egészen nyilvánvaló a kölcsönös függés és egymásra hatás. Az aneszteziológiai technika változásának háttere a más típusú narkózis igénye, így éppen a klinikai igény fogalmaz meg olyan új utakat, melyek megfelelő teszteléséhez a szimulációs oktatási lehetőségek adják a standardizált hátteret. Minden szokatlan helyzet, mely azonnali újítást igényel, szélsőséges helyzetet teremt, melyben egyrészt a humán erőforrások tapasztalatlan volta, másrészt a rendelkezésre álló eszközök minőségi vagy mennyiségi elégtelensége, akár mindkettő egyszerre késlelteti a hatékony reagálást. Jelen esetünkben a járványügyi helyzet fejtörőinek felismerése és megoldási lehetőségek egyszerűsége készítetett bennünket a dolgozat alapját képező tanulmányok megírására.

A COVID-19 (Corona Virus Disease-19) világjárvány kihívásaira reagálva valóságos szakmai verseny indult a különböző egészségügyi eszközök és berendezések improvizált fejlesztéseinek tekintetében, ide értve az improvizált lélegeztetőgépeket valamint egyéb oxigén terápiai eszközöket is. Az anesztézia és intenzív terápia speciális problémáinak megoldásához számos esetben egy nem közvetlenül egészségügyi vonal teremtette meg a hátteret. A 3D technológia fejlődése az orvostudományokra is jelentős hatást gyakorolt. Az új eljárásoknak azonnali eredményeket kellett hozniuk, a lehető legjobbnak és leggazdaságosabbnak kellett lenniük. Az eszközök, illetve azok különböző fejlesztési fázisban lévő prototípusainak kipróbálására a szimulációs központok megfelelő hátteret biztosítanak. Az egyéni védőeszközök és védőfelszerelések teljes rendszerét a tényleges betegellátási környezetből csak korlátozottan tudtuk kivonni. Felmerült bennünk az igény, hogy az eredeti gyári minőségű és nemzetközi szabványos vagy más egyéb biztonsági fokozatú személyi védőeszközök helyett az oktatásban azokhoz hasonló, de jóval költséghatékonyabb eljárásokkal gyártott mintadarabokat próbáljunk ki. Célként a fertőzés átvitele szempontjából kiemelt jelentőségű légúti és arc védelmet biztosító eszközöket jelöltük meg.

Napjaink egészségügyi ellátásának legnagyobb kihívása a COVID-19 járványügyi helyzetben végzendő, ismert vagy ismeretlen vírus státuszú betegek légútbiztosítása, oxigén terápiaja. Az elmúlt néhány évtized videótechnikai és száloptikás fejlesztéseinek eredményeképpen a korábban csak nehéz légútbiztosítás esetén alkalmazott videólarinoszkópiás (VL) eljárások egyes szakmai ajánlásokban -American Society of Anesthesiologists (ASA), Difficult Airway Society (DSA)-, már elsőként választandó eszközök a COVID-19 légútbiztosítási protokollokban.

Az új eljárások bizonytalansága teszi szükségessé a komplex betegellátási folyamatok teljes és rendszeres gyakorlását, lehetőség szerint valóság-hű szimulációs környezetben. A jelentkező problémák azonosítása, megismerése és javítása feltétlen szükséges azelőtt, hogy a beavatkozásokat sürgősségi betegellátási helyzetekben alkalmazzunk. Az additív gyártástechnológiával (AM) technológiával készített egészségügyi ellátásra tervezett tárgyak, modellek, kritikus és tudományos szintű vizsgálata minden esetben szükségszerű, az alkalmazásuk csak megfelelő etikai és hatósági engedélyek birtokában lehetséges.

2 Célkitűzések

2.1 A videólaringoszkópia alkalmazásának felmérése Magyarországon

Felmérésünkben a VL eszközök magyarországi elérhetőségét, hozzáférhetőségét vizsgáltuk, mindezt a kérdőívet kitöltő kollégák szakmai státuszának és munkahelyük betegellátási progresszivitásának tükrében is elemeztük. A VL hazai tapasztalatainak összegyűjtése után adatainkat összevetettük a nemzetközi szakirodalomban talált eredményekkel, az általános vélemények mellett rögzítettük az egyes típusok népszerűségét is. A gyakorlatba történő bevezetés információinak megismerése mellett rákérdeztünk az oktatási lehetőségek, gyakorlatok végrehajtására, azok gyakoriságára és szükségességére. Az eddig elérhető felhasználási gyakorlat és a jövőbeli fejlesztési irányvonalak felmérése után meghatároztuk a kívánatos szakmai jövőképet, a magyarországi szakmai igények figyelembe vétele mellett.

A hipotéziseink a következők voltak.

- Magyarországon a légútbiztosítást végző kollégák ismerik a VL eszközök különböző típusait.
- A VL eszközök a mindennapi gyakorlatban kevésbé használtak, inkább, mint légútbiztosítási alternatívaként ismertek.
- A VL eszközök használatának oktatási igénye a kollégák között jelen van.

2.2 Kezdő felhasználók által szimulátoron végrehajtott normál légútbiztosítás a VividTrac®, az Airtraq®, a King Vision®, a Macintosh laringoszkóp és az egyedi gyártású videólaringoszkóp alkalmazásának összehasonlításával

Tanulmányunkban légútbiztosításban gyakorlatlan, önkéntes résztvevők bevonásával vizsgáltuk a hagyományos direkt laringoszkópia (DL) és egyes VL eszközök hatékonyságát, normál légútbiztosítás esetén, szimulációs környezetben. A légútbiztosítások különböző típusainak végrehajtása során elemeztük azok technikai megvalósítását, eredményességük mértékét, szövödményeik objektív megítélése mellett. A vizsgálat során felmértük a szimulációs légútbiztosítás általános körülményeit, meg kívántuk határozni a kutatási, fejlesztési és oktatási irányvonalakat. A szimulátoros

oktatási környezet és a légútbiztosítási eszközök elemzésével a szélsőséges körülmények közötti eredményes eljárások elsajátításához kerestünk irányvonalakat.

A hipotéziseink a következők voltak.

- A különböző VL eszközök kezdők által végrehajtott normál légútbiztosítási manővereinek vizsgálata során a hagyományos direkt laringoszkópia kevésbé eredményes manőver, mint az indirekt laringoszkópia (ID) végrehajtása.
- Ez a jobb légútbiztosítási eredmény a VL eszközök esetében a gyakorlatlan hallgatók bevonása során már rövid oktatási idő után is elérhető.

2.3 Az additív gyártási technológiával készített személyi védőeszközök vizsgálata

Az AM technológiák rövid ismertetése után áttekinteni kívántuk a pandémiás helyzetben elkészíthető egyéni védőfelszerelések (PPE) gyártásának és fejlesztésének jelenlegi nemzetközi és hazai helyzetét, lehetőségeit, melyek potenciálisan alkalmasak az intubációt végző szakemberek vírus elleni védekezésének fokozására. Meghatároztuk a gyártástechnológiai elérhetőséget és a lehetséges veszélyeket, objektív paraméterek feltárásával kockázat elemzéseket végeztünk. Az open source (OS) modellek, arcvédő pajzs, arcmaszka és védőszemüveg előállítását után felhasználói és minőség vizsgálati ellenőrzéseket végeztünk, fejlesztési ötleteinket prototípusok gyártásával teszteltük. A szélsőséges körülmények között 3D nyomtatással elkészíthető PPE gyártásával és felhasználásával kapcsolatban, fejlesztési és kutatási távlatokat tűztünk ki célul.

A hipotéziseink a következők voltak.

- A 3D nyomtatással előállítható OS, szabadon elérhető arcmaszkok, arcpajzsok és védőszemüvegek továbbfejlesztése gyakorlati aspektusok mentén lehetséges.
- Az AM technológiák közül az szálhúzásos (FFF) és lézer szintereléses SLS technológiák jól alkalmazhatók a PPE fejlesztésében és vész helyzetben történő kis szériás gyártásban.
- A protokoll szerinti fertőtlenítési eljárás nem befolyásolja negatívan a mechanikai és optikai tulajdonságokat, így a 3D nyomtatott védőfelszerelések több alkalommal is használhatók.

3 Anyagok és módszerek

3.1 A videólaringoszkópia alkalmazásának felmérése Magyarországon

A VL technika hazai helyzetének felméréséhez a kutatást megelőzően az Egészségügyi Tudományos Tanács Tudományos és Kutatásetikai Bizottságának (Emberi Erőforrások Minisztériuma, Állami Egészségügyi Ellátó Központ 28230-2//2018/EKU) engedélyét kértük és kaptuk meg.

A VL technika magyarországi felméréséhez szükséges kérdőívet Google (Mountain View, Kalifornia, Egyesült Államok) űrlapként terveztük és szerkesztettük meg. A felmérést 2018.01.01 és 2018.12.31 közötti időszakban végeztük és célul tűztük ki a magyarországi aneszteziológus és intenzív terápiás orvos kollégák (n=1567) minél nagyobb számának bevonását a vizsgálatba. Az elektronikusan terjesztett, online kérdőív tartalmazta az adatok későbbi, tudományos célú közzétételével és a vizsgálatban való részvétel önkéntességével kapcsolatos legfontosabb információkat. A felmérés anonim és önkéntes volt. Tanulmányunkban a légútbiztosítást végző kolléga személyes véleményére voltunk kíváncsiak, így kizártuk a válaszadásból az egészségügyi szolgáltatót, mint intézményt. A felmérésben aneszteziológus és intenzív terápiás szakorvosok és szakorvosjelöltek véleményét vizsgáltuk. A vizsgálat összetettsége és a klasszifikáció árnyaltsága miatt hangsúlyozzuk, hogy néhány általunk megadott eszköz nem mindegyike klasszikus VL.

A VL alkalmazásának magyarországi felmérésében az adatokat először Microsoft Excel 2013 szoftverben (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) táblázatként összesítettük, majd a Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Statistics software, 25.0-ás verziószámú változatát (IBM Corporation, Armonk, NY, USA) használtuk a további elemzéshez. Az adatokat átlagként és szórásként (SD) vagy nyers számként (n), illetve százalékban (%) mutatjuk be.

3.2 Kezdő felhasználók által szimulátoron végrehajtott normál légútbiztosítás a VividTrac®, Airtraq®, King Vision®, Macintosh laringoszkóp valamint egyedi gyártású laringoszkóp alkalmazásának összehasonlításával kapcsolatban végzett vizsgálat

Tanulmányunkat a Pécsi Tudományegyetem Intézményi Tudományos és Humán Kutatási Etikai Bizottsága engedélyezte (5825/2016).

A vizsgálatba a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar önként jelentkező, általános orvos szakos hallgatóit vontuk be. Beválogatási kritériumként megszabtuk, hogy a hallgató ne rendelkezzen előzetes emelt szintű légútbiztosítási gyakorlattal. Mintaméret becsléseket követően, összesen ötven fő hallgató bevonásával végeztük el a vizsgálatot, kis csoportos (n=5) bontásban, a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Szimulációs Oktatási Központjában. A vizsgálatba bevont eszközeink az alábbiak voltak: direkt laringoszkóp, VividTrac®, egyedi gyártású improvizált laringoszkóp, King Vision®, Airtraq®.

Az egyedi gyártású indirekt laringoszkóp és a VL eszközök valós idejű képi megjelenítéséhez HP (Palo Alto, Kalifornia, Egyesült Államok) Probook laptopokat használtunk. Az Airtraq® csatlakoztatásához az eredeti, univerzális smartphone adaptert használtuk (Prodol, Vizcaya, Spain) és egy okostelefonhoz kapcsoltuk (Xiaomi Note 9 Pro). A VividTrack-hez (VT) és az AirTrack-hez (AT) a VividVision® és az Airtraq Mobile® szoftvereket telepítettük. A légútbiztosítást minden esetben standard, 7,5 mm belső átmérőjű, mandzsettás műanyag endotracheális tubussal végeztük (Mallinckrodt®, Covidien, Dublin, Írország).

A tanulmány méréseinek megkezdése előtt a hallgatók szóbeli oktatásban részesültek, mely során megismerték és megértették a mérési paramétereket és a mérési módszertant valamint a légúti feltárás értékelésének lehetőségeit. A hallgatók részére a tanulmányba bevont minden eszközzel bemutattuk az úgynevezett normál légútbiztosítási manővert, a fej hátra szegésével történő légúti feltárás módszerét. Az egyes munkaállomásokon lehetőség nyílt a megfelelő manőverek elsajátítására. A résztvevők minden munkaállomáson szigorúan 15 percig tartózkodva az adott eszköz használatában jártas aneszteziológus szakorvos egyéni irányításával gyakorolták a különböző eszközök használatát. A hallgatók megismerték a fogak sérülését jelző, a szimulátor által adott

figyelmeztető hangot és megértették ennek jelentőségét, lehetőségük volt az oktatás közben kérdéseket feltenni, minden bevont eszközzel, a tanulmány szerint meghatározott ideig gyakorolni.

A tanulmány résztvevői véletlenszerű sorrendben végezték el az endotracheális intubációkat az összes eszközzel, minden munkaállomáson. A vizsgálat elsődleges célja a sikeres endotracheális intubáció volt, míg a másodlagos célok között szerepeltek a következő paraméterek: sikeres endotracheális intubációig eltelt idő (IT), a legjobb gége feltárásiig eltelt idő (LT), a tubus bevezetési idő (TIT), az elért legjobb gége feltárási (Percentage of Glottis Opening (POGO)), az intubációs kísérletek száma, az esetleges nyelvcső intubáció előfordulása, az esetleges fogsérülés és a különböző vezetőnyársak használatának gyakorisága. Az alsó és felső fogsorok síkján az eszköz lapocával való áthaladástól a legjobb POGO érték eléréséig eltelt időt tekintettük a feltárási időnek (LT). A legjobb POGO érték elérését pedig az endotracheális tubussal végzett manipuláció kezdete jelölte. A sikeres tracheális intubációig eltelt időt intubációs időként (IT) jegyeztük fel, az IT és LT különbségét pedig tubus bevezetési időként (TIT) regisztráltuk. A következő kísérleteket tekintettük sikertelennek: (i) az intubációs kísérlet több mint 120 másodpercet igényelt, (ii) a hallgató felismerte, hogy a légcső helyett a nyelvcsőbe intubált, (iii) a kísérlet során az eszközt eltávolításra került a szájüregből. Az alábbi végrehajtásokat pedig teljes mértékben sikertelennek tekintettük: (i) több mint 3 sikertelen kísérlet az adott eszközzel, (ii) a hallgató a nyelvcsőbe intubált, melyet nem ismert fel, (iii) a résztvevő további kísérleteket hiábavalónak tart és feladta a további intubációs kísérleteket az adott eszközzel. Amennyiben az intubációhoz lágy vagy merev vezető használatára volt szükség, úgy azt a vizsgálatot vezető aneszteziológusok rögzítették. A POGO értékeket részben a résztvevők (DL), részben pedig a vizsgálatot vezetőket (VL) jelentették. Az adott eszközzel történt végrehajtást követően a hallgatók az alábbi rendszer szerint egy öt fokozatú Likert skálán osztályozták az eszközt: a technikai használat egyszerűsége (1 = könnyű és 5 = nehéz), a végrehajtáshoz szükséges fizikai erő mértéke (1 = könnyű és 5 = nehéz), az ismételt használat hajlandósága (1 = soha többé nem használná és 5 = szeretné használni).

Adataink elemzését a Social Package for Social Sciences (SPSS) Statistics szoftver 25.0-s verziójával (IBM Corporation, Armonk, NY, USA) végeztük. A folytonos és az ordinális adatokat medián és interkvartilis tartomány (IQR), míg a kategorikus adatokat nyers szám (n) és frekvencia (%) formájában mutatjuk be. Nem parametrikus tesztek

alkalmaztunk, tekintettel arra, hogy az adataink az elvégzett Kolmogorov-Smirnov és Shapiro-Wilk tesztek alapján nem mutattak normális eloszlást. Az egyes eszközök közötti különbségek kimutatására Kruskal-Wallis féle varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztuk post-hoc Dunn teszttel az alábbi változókat illetően: feltárási idő (LT), tubusbevezetési idő (TIT), intubációs idő (IT), POGO, technikai használat, végrehajtáshoz szükséges erő és az újra felhasználási hajlandóság. Khi-négyzet próbákat alkalmaztunk az eszközök közötti különbségek értékelésére az intubáció sikerességét, az esetleges nyelőcső intubációk számát, a fogsérülés gyakoriságát, valamint a lágy és a merev vezetők használatát illetően. A $P < 0,05$ értéket tekintettük szignifikánsnak.

3.3 Az additív gyártási technológiával készített egyéni személyi védőeszközök vizsgálata

A tanulmány megvalósításához etikai engedély nem volt szükséges.

A különböző 3D nyomtatási technológiák alkalmazhatóságának vizsgálatához, értékeléséhez mintákat és modelleket nyomtattunk ki. Az egyéni személyi védőeszközöket szálhúzásos (FFF) 3D nyomtatással (Craftunique Craftbot 2 3D nyomtató és Craftware™ szeletelő szoftver) és polilaktonsav (PLA) alapanyag felhasználásával (PLA, forgalmazó és gyártó: Herz Hungária Ltd., Üllő, Magyarország) készítettük el. Az eszközöket és a PLA tesztmintákat 0,6 mm-es fűvókaátmérővel és 400 μm rétegmagassággal nyomtattuk az arcvédő pajzsok elkészítéséhez, valamint 0,4 mm-es fűvókaátmérővel és 200 μm -es rétegmagassággal minden más esetben. A nyomtatási sebességet 60 mm/s-ra állítottuk, és a kitöltési sűrűséget 100%-ban adtuk meg. A poliamidból (PA) készült tesztrudak gyártásához (PA2200 alapanyag - Varinex Ltd., Budapest, Magyarország) EOS Formiga P110-et (Electro Optical Systems, RobertStirling-Ring 1,82152 Krailling / Munich Germany) használtunk. A rétegvastagságot, 100 μm felbontásra állítottuk be. A nyomtatási sebesség 5 sec/réteg volt. A szoba hőmérséklete 24 $^{\circ}\text{C}$ volt a nyomtatás során. A nemzetközi szabványok szerint minden teszthez 5 darab tesztrudat nyomtattunk. Az összes mintatestet „X” nyomtatási irányban készítettük el és mértük le. Az arcmaszkok fejlesztési folyamatában egy ZA-22A „THIXO BODY” (Alvin Kft., Budakeszi, Magyarország) kétvegyületű szilikon keveréket használtunk. A védőszemüveg és az arcvédő üveg átlátszó részeire 0,3 mm vastag poli metil-metakrilát (PMMA) lapokat alkalmaztunk (forgalmazó: Aka-Dekor Ltd., Pécs, Magyarország). A tárgyak mechanikai tulajdonságainak felmérése érdekében

a nemzetközi szabványok alapján az összes anyagvizsgálatot először fertőtlenítés nélküli vizsgálati mintákon végeztük el, majd 5, illetve 10 fertőtlenítési ciklus után méréseinket megismételtük. Fertőtlenítőszerként a tetra-acetil-etilén-diamin (TAED) és a nátriumperborát oldat (kereskedelmi forgalomban kapható Sekusept™ - EcoLab Hungary Ltd., Budapest, Magyarország) 2 m/m% -os oldatát alkalmaztuk.

A helyi és nemzetközi orvosi protokoll alapján egy órán át egy fertőtlenítési ciklust állítottunk be, és az összes vizsgálati mintát szobahőmérsékleten (24 C°) belemerítettük a fertőtlenítő szerbe. A PLA és a PA mechanikai és szerkezeti összehasonlítására dinamikus mechanikai tesztként Charpy vizsgálatot (ISO 179-1) alkalmaztunk a bemetszetlen, 80×10×4 mm méretű mintákon. A statikus mechanikai elemzéshez 3 pontos hajlítási vizsgálatot (ISO-178) és szakítószilárdsági tesztet (ISO527-2) hajtottunk végre. A hárompontos hajlítási tesztet a 80×10×4 mm méretű próbadarabokon hajtottuk végre, míg a szakítószilárdsági vizsgálatokat a vonatkozó szabvány B1 tesztje alapján végeztük el. A ZA-22 szilikon anyagok gyűrődési ellenállási tesztjét az ISO 32 100 szabványnak megfelelően, Zwick/Roell (Senselektro Kft., Budapest, Magyarország) e/m eszközzel hajtottuk végre. Ebben az esetben az összes fertőtlenített és nem fertőtlenített minta esetében a próbatestek mérete egységesen 70×45×1 mm, a ciklusok száma 1000, 2000, 3000, 4000 és 5000 volt. A szilikon próbatestek Shore A keménységmérését is elvégeztük. Az összes minta a nyomtató tálcán úgy került kinyomtatásra, hogy a legnagyobb felület lefelé nézzen (X nyomtatási irány). Ebben az esetben a szobahőmérséklet 22,6 C° volt, míg a relatív páratartalom 49,5%. A nemzetközi szabványok szerint minden vizsgálathoz 5 darab próbatestet mértünk le. A próbatestek törött felületeit pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM-JSM-6300, Jeol, Japán) 10X és 60X nagyítással megvizsgáltuk. A mintákra aranyréteget vittünk fel. Gyűrődés vizsgálat után a szilikon minták felületét König digitális mikroszkóppal vizsgáltuk meg, 60X nagyítással. A fertőtlenítési eljárás PMMA lapok átlátszóságára gyakorolt hatásának meghatározásához spektrofotometriás méréseket hajtottunk végre 0,3 mm vastag és 50×30 mm méretű mintákon Secoman Anthelie Advanced 2 spektrofotometriás eszköz segítségével (Secomam, Ales, Franciaország). Az intenzitás változását 300 és 900 nm közötti hullámhosszon mértük nem fertőtlenített és fertőtlenített próbatesteken. Az összes mérést ötször megismételtük.

A nyílt forráskódú (OS) modellek vizsgálata során, a nyilvánosan hozzáférhető anyagok és források alapján a 3D nyomtató közösségek – kiemelten a COVID-19

pandémia ideje alatt - eddig leginkább három különböző típusú PPE-t gyártottak, főként az FFF technológiával, úgymint védőszemüveg, arcvédő pajzs és a maszk. A fent említett PPE-k három modelljét vizsgáltuk, figyelembe véve a gyártási időt, a költségeket és a gyakorlati szempontokat. A forráskódok az alábbi linken elérhetők: <https://data.mendeley.com/datasets/pvs6hfhpph/1>. A következő nyílt forráskódú (OS – Open Source) modelleket vizsgáltuk: egy maszkot (forráskód: OS Half Mask), egy arcvédő pajzsot (forráskód: OS Shield) és védőszemüveget (forráskód: OS Safety Goggles)

Az OS modelleket különböző CAD szoftverekkel fejlesztettük tovább (Autodesk Inventor 2020™, San Rafael, Amerikai Egyesült Államok; Rhino 6™ (Rhino McNeel, Barcelona, Spanyolország); Fusion 360™, Autodesk, San Rafael, USA). Az új modellekre V.2.0 néven hivatkozunk.

A statisztikai analízist az OriginPro 2018 (OriginLab Corporation, One Roundhouse Plaza, Suite 303, Northampton, MA, USA) szoftverrel végeztük. Az elemzés során két mintás t-próbát használtunk az egyes mérési adatok összehasonlítására. A szignifikancia szintet $p < 0,05$ értéken határoztuk meg.

4 Eredmények

4.1 A videólaringoszkópia alkalmazásának felmérése Magyarországon

A VL alkalmazásának magyarországi felmérésében a duplikátumok eltávolítása után összesen 324 maradéktalanul kitöltött űrlapot találtunk elemzésre alkalmasnak, így a válaszadási arány 21 %-nak bizonyult.

A válaszadók 58%-a férfi, a számolt átlagéletkoruk 43 év, 80%-a szakorvos és főként az állami egészségügyben dolgoznak az aneszteziológia területén (68%). A válaszadók a betegellátás különböző progresszivitású szintjeit képviselték kivéve a magán egészségügyi ellátást, ami messze alul reprezentált ebben a vizsgálatban. Továbbá, mintegy 78% jelezte, hogy legalább havonta egyszer foglalkozik a gyakornokok oktatásával.

A kérdőívet kitöltők közül 210 (65%) jelezte, hogy munkahelyének valamely aneszteziológiai munkaállomásán elérhető legalább egy VL. További 19 fő (6%) a VL munkahelyi elérhetőségéről számolt be, azzal, hogy a pontos munkaállomást nem tudja megnevezni. Az azonnali rendelkezésre állás tekintetében elsősorban a sebészeti munkaállomások (n=115, 36%), az intenzív osztályok (n=98, 30%), valamint a traumatológiai munkaállomások (n=90, 28%) kapcsán számoltak be.

A legalacsonyabb hozzáférhetőséget a Gyermekgyógyászatról (n=21, 7%), a Sürgősségi Betegellátó Osztályokról (n=23, 7%) valamint a Fül-Orr-Gégészetről (n=34, 11%) jelentették. Az azonnali rendelkezésre állás teljes aránya 18% volt. A rendelkezésre állás időablakának megnövelésével (azonnaliról tíz percre belüli emelve az értéket), azonban az arány 5%-ról 23%-ra emelkedett. Az időablak növelésével a legjobban biztosított klinikai területek változatlanok maradtak, bár a sorrend megváltozott: Intenzív Osztály (n=143, 44%), Sebészet (n=116, 36%) és Traumatológia (n=98, 30%).

A válaszadók egyike sem számolt be arról, hogy a munkahelyén rendelkezésre állna az alábbi VL eszközök közül bármelyik: AP Venner®, Bullard®, Coopdech®, C-Trach®, Levitan®, Shikani®, Upsherscope® és Wuscope®.

Negyvenöt válaszadó (14%) egyik a felmérésben szereplő eszközt sem ismerte név alapján. Vizsgálatunk azt mutatta, hogy Magyarországon mindössze három eszköz volt igazán ismert. A KingVision volt a klinikai gyakorlatban a legelérhetőbb VL 24%os elérhetőséggel (n=79), melyet a McGrath Mac® (n=36, 11%) majd az Airtraq® (n=28, 9%) típusok követték a sorban. Ötvenhárom válaszadó (16%) arról számolt be, hogy munkahelyén rendelkezésre áll VL, azonban annak típusát pontosan nem ismeri.

Száznégyszáz válaszadó (32%) soha nem használt még VL eszközt klinikai körülmények között. Mintegy 39% (n=126) legalább egyszer alkalmazott VL-t a vizsgálatot megelőző egy hónapban. A KingVision®, az Airtraq® és a MacGrath Mac® voltak a legnépszerűbb videólaringoszkópok a legalább egyszer a beteg ellátásban VL eszközt használó választ adó magyar aneszteziológusok körében. A Coopdech®, Shikani®, Upsherscope® és Wuscope® eszközöket a válaszadók közül még senki nem használta a betegellátásban.

A felhasználók túlnyomó többsége a VL-t „előre látható” (n=151, 47%) vagy „váratlan” (n=119, 37%) nehéz légút helyzetekben használja. A VL leggyakoribb indikációi a válaszadás gyakorisága alapján a következők voltak: „nehézségek a hangszalagok megfelelő vizualizálásában” (n=303, 94%), „feltételezett vagy bizonyított nyaki gerinc sérülés” (n=252, 78%) vagy „nehézségek az endotracheális tubus bevezetésénél annak ellenére, hogy a hangszalagok jól láthatóak” (n=153, 47%). Mindössze 11% (n=37) alkalmazza a VL-t „rutinszerűen” a légútbiztosításban, míg további 28% (n=90) az, aki oktatási célokra használja ezen eszközöket.

A fiberoszkópia a VL legnépszerűbb (n=281, 87%) klinikai alternatívája, melyet a direkt laringoszkópia (n = 142, 44%) majd a laringeális maszk követ (n=115, 36%). A VL eszköz kiválasztásának leggyakoribb módszerei sorrendben a következők voltak: rövid klinikai kipróbálás (n=67), az osztályvezető egyéni döntése (n=65) és az eszköz ára (n=54). A felhasználók többsége (n=218, 67%) részesült a VL eszköz első klinikai használatát megelőzően valamilyen típusú oktatásban, ezek azonban inkább önkéntes (n=187) mint kötelező (n=31) jellegűek voltak.

Negyvenegy (13%) aneszteziológus azonban mindenfajta előzetes képzés nélkül használt először VL-t. A válaszadók általános attitűdje pozitív volt a VL-el kapcsolatban. Néhányan tapasztalathányról számoltak be (n=74, 23%), azonban 98% (n=246) összességében hasznosnak tekinti a VL-t. A vizsgált csoport túlnyomó többsége (n=210,

65%) mindezek ellenére a VL-ot csak „különleges körülmények között” találta hasznosnak.

4.2 Kezdő felhasználók által szimulátoron végrehajtott normál légútbiztosítás a VividTrac®, az Airtraq®, a King Vision®, a Macintosh laringoszkóp valamint az egyedi gyártású laringoszkóp alkalmazásának összehasonlítása

Normál légútbiztosítási helyzetben nem volt szignifikáns különbség az általunk összehasonlított eszközök között az intubáció sikerességét illetően. A leghosszabb intubációs időt az improvizált VL (ID) használatánál mértük, melyet sorrendben a direkt laringoszkóp követett. A vizsgálatba bevont VL eszközök mindegyike esetében szignifikánsan rövidebb volt az intubációs idő, mint a direkt laringoszkóp esetében. A feltárási idő tekintetében a leggyorsabb a VT volt, míg a tubusbevezetési idő vonatkozásában az AT bizonyult a legjobbnak. A résztvevők az improvizált eszköz kivételével minden bevont VL eszköz esetében szignifikánsan jobb POGO értékeket jeleztek a direkt laringoszkópnál tapasztaltakhoz képest. A VT esetében rögzítettük a legmagasabb POGO értékeket a vizsgálat során. Mind a kifejtett erő, mind pedig a technikai használhatóság tekintetében szignifikánsan jobbnak bizonyultak a gyári VL eszközök a direkt laringoszkóphoz és az improvizált VL-hez képest. Az eszközök újra alkalmazásának tekintetében a KingVision® KV és a VT értékei szignifikánsan jobbak voltak, mint a DL-é.

4.3 Az additív gyártási technológiával készített egyéni személyi védőeszközök vizsgálata.

Mechanikai és szerkezeti elemzések eredményei fertőtlenítés előtt és után az alábbiak szerint foglalhatók össze. A vizsgálatunk alapján a PLA-nak szignifikánsan kisebb az ellenállása a dinamikus erővel szemben, mint a PA-nak

A fertőtlenítés előtt az ütőmunka átlagértéke az SLS tesztrudaknál $57,95 \text{ kJ/m}^2 \pm 10,55 \text{ kJ/m}^2$, a PLA tesztmintáknál pedig $19,44 \text{ kJ/m}^2 \pm 1,52 \text{ kJ/m}^2$ volt. A statikus mechanikai vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy a szakítószilárdságban nincs szignifikáns különbség: a PLA átlagértéke $57,60 \text{ MPa} \pm 1,22 \text{ MPa}$, míg a PA tesztrudak átlagértékét $46,40 \text{ MPa} \pm 1,04 \text{ MPa}$ -nak határoztuk meg.

A hárompontos hajlítási és szakítóvizsgálat szignifikánsan magasabb értékeket mutatott az FFF technológia esetében, figyelemre méltó rugalmassági modulusával: $3,06 \text{ GPa} \pm 0,12 \text{ GPa}$ hárompontos hajlításkor és $3,34 \text{ GPa} \pm 0,03 \text{ GPa}$ szakítópróbával, míg az SLS technológia átlagértékekkel $1,3 \text{ GPa} \pm 0,05 \text{ GPa}$ hárompontos hajlításkor és $1,68 \text{ GPa} \pm 0,05 \text{ GPa}$ húzóvizsgálaton. Ezeket az eredményeket az ISO-178-1 nemzetközi szabvány magyarázhatja, ahol a mérés 10% -os lehajlásnál ér véget. Sem a PA, sem a PLA teszttrudak nem törtek el, ami magasabb rugalmasságot jelent.

Miután a tesztmintákat 5 és 10 fertőtlenítési ciklus alatt a Sekusept oldatba merítettük, az adatok szerint a mechanikai paraméterekben nem tapasztaltunk szignifikáns változást. Meglepő, hogy a poliamid esetében a rugalmassági modulus kismértékű emelkedését figyeltük meg $1,32 \text{ GPa} \pm 0,05 \text{ GPa}$ átlagértékkel, valamint a PLA esetében $3,06 \text{ GPa} \pm 0,04 \text{ GPa}$ átlagértékkel.

A PA megnyúlása szintén enyhe növekedést mutatott, a maximális érték $14\% \pm 0,45\%$ volt. A ZA-22 szilikon szigetelő és az arcra való illeszkedés segítő alkatrészként való felhasználhatóságának meghatározásához gyűrődésvizsgálati tesztek és Shore A keménységi tesztek végeztünk. Érdekes eredményként a minták felületi elemzése minden esetben standart szerinti 0 (változás nélkül) változás mértékét mutatta, a fertőtlenítési eljárás előtt és után is.

A fertőtlenítési eljárással és a nélkül végzett mintákon a Shore A keménységi tesztben nem történt szignifikáns változás, az értékek $18,92 \pm 0,18$ és $20,4 \pm 0,58$ között változtak. Számos rétegalapú vizsgálat ismerteti az FFF 3D nyomtatási technológia szerkezeti jellemzőit, és a PA alapú SLS technológia szemcsevizsgálatára és a gyártás közbeni olvadásra vonatkozó adatait.

Az SLS technológiával készített egyéni védőeszközök $15\text{-}150 \mu\text{m}$ -es pórusai a klinikailag alkalmazott fertőtlenítési eljárás, egyéb felületkezelő bevonó eljárás, impregnálás, laminálás nélkül alkalmasak lehetnek a SARS-CoV-2 túlélésére, mely potenciális fertőzési forrás lehet.

A virulens SARS-CoV-2 titer azonban óránként jelentősen csökken, emellett a szokásos fertőtlenítési technikákkal, például nátrium-hipoklorittal vagy detergensszel végzett fertőtlenítés tovább csökkenti a vírus terjedésének lehetőségét. A szokványos fertőtlenítési eljárás tehát megfelelő megoldás lehet a PPE általi tovább fertőzés megelőzésére.

A PPE-k átláthatósága, átlátszósága elengedhetetlen feltétel a megfelelő alkalmazásukhoz. Megvizsgáltuk a PMMA lapokon áthaladó fény intenzitását az arcvédő pajzs és a védőszemüveg tulajdonságainak felméréséhez. A spektrofotometriás mérésekből kiderült, hogy öt vagy akár 10 fertőtlenítési ciklus sem csökkentette jelentősen a fényintenzitást; érdekes módon kismértékű növekedés (1-2%) is megfigyelhető.

A gyakorlati aspektusokat megvizsgálva, módosításokat hajtottunk végre az egyes OS modellek kapcsán (továbbiakban V.2.0-val jelölt modellek), növelve funkcionalitásukat és optimalizálva a gyártási folyamataikat.

Open Source pajzs: A kezdeti kialakításnak három fő hátránya van: nem védi a fej tetejét, viszonylag magas nyomtatási idővel rendelkezik (100 perc FFF-vel és 51 perc SLS/darab) és magas az anyagfelhasználása, valamint a pajzs része nem elég hosszú, hogy megvédje az egész arcot.

Open Source félmaszk: A rendelkezésre álló nyílt forráskódú modellnek súlyos illesztési problémái vannak, ha PLA-val vagy más viszonylag merev thermoplasztikus polimerrel készül. Belülre egy speciális méretű szűrőt lehet felszerelni, ám ennek méretbeli eltérései csökkentik a más termékekkel való kompatibilitást. Ebben a formában a kialakításnak több légszivárgási lehetősége van a szűrőtartó körül. Bizonyos konstrukciós módosításokkal egy kompaktabb konfiguráció jobb biztonsági funkciókat nyújthat. Továbbá az SLS technológia használat lehetővé teszi az anyag össztömegének (egy darab) 59,09% -ra, a költségek pedig az eredeti értékek 78,73% -ára való csökkentését.

Open Source védőszemüveg: A kezdeti modell ígéretes, de az arcvédő maszk alkalmazása meglehetősen nehézkes az eszköz mellett. A védőszemüvegek csökkentik a perifériás látószöveget, ami veszélyes lehet klinikai környezetben. Továbbá a PMMA vagy PETG lap hozzáadása, illesztése nem praktikus, nehézkes, ami csökkenti a felületfertőtlenítő szerek hatását és lehetőséget ad a szivárgásra.

Fenti eredmények után a kutatócsoport módosította az eredeti modelleket és a potenciális fejlesztési szempontjait figyelembe véve, a mérések és a gyakorlati szempontok alapján költséghatékony, könnyen nyomtatható és összerakható, speciális vagy egyedi igényekhez is alkalmazkodó modelleket hozott létre (V.2.0 modellek).

Arcvédő pajzs V.2.0: A modellnek az a része, ahová az átlátszó polimer (PMMA) pajzs felszerelhető, hosszúkás, hogy eltakarja és megvédje az arc nagyobb részét. A modell teljes mérete csökkent a korábbi modellhez képest, ami az FFF technológia esetében

100-ról 38 percre csökkenti a nyomtatási időt egy darabra vonatkoztatva. Az SLS technológiával a termelékenység jelentősen megnő az új modellel, mivel egy teljes kamrában 41 darab nyomtatható ki. Fontos volt egy olyan burkolat kialakítása is, amely megakadályozza a fej tetejének szennyeződését. Ez a burkolat ugyanabból az anyagból készül, amelyet a pajzs részéhez használtunk .

Az anyag az átláthatóság, átlátszóság elvesztése nélkül ellenáll a TAED (Sekusept™ - EcoLab Hungary Kft., Budapest, Magyarország) szokásos, protokoll szerinti fertőtlenítési folyamatának. A 3D-nyomtattott részek újra felhasználhatók, akár 10 fertőtlenítési ciklus után is.

Arcmaszk V.2.0: A V.2.0 modellben az arc illesztésének javítása érdekében egy szilikon réteget terveztünk a légszivárgás csökkentésére és az arcra illeszkedés fokozására, amelyet egy FFF 3D nyomtatású öntőeszközzel könnyedén előállítottunk. Amint a gyűrődésvizsgálati tesztből kiderült, az alkalmazott szilikon tartós és megfelelő megoldás, amelynek a mechanikai stabilitása nem változik a fertőtlenítési eljárások után. Mivel a megfelelő és könnyen cserélhető szűrőtartó a maszk kulcsfontosságú biztonsági jellemzője, erre a részre is módosított megoldást kellett alkotni. A légszivárgás további megakadályozása és a biztonság növelése érdekében O-gyűrű helyezhető az új csatlakozó részbe. Egy darab anyagtömege az FFF nyomtatási technológiával 120-ról 70 g-ra, az ár pedig 0,73-ról 0,43 Euróra csökken. Az SLS modellek esetében szilikon réteg szintén használható.

Védőszemüveg V.2.0: Két fő módosítást alkalmaztunk az új modellnél. A szélesebb látószög biztosítása érdekében a szemüvegre két oldalsó nyílást terveztünk, amelyeket átlátszó polimer lapokkal borítottunk be. Az átlátszó lapok cseréje egyszerű és gyors, amely gyorsítja a fertőtlenítési folyamatot. Az orrszerelvényt is átalakítottuk úgy, hogy kényelmes legyen az arcmaszkkal való párhuzamos alkalmazás. A termelékenység szempontjából az SLS 3D nyomtatási technológia használata ajánlott.

A spektrofotometriás mérések megerősítették, hogy a PMMA lapok alkalmazása megfelelő megoldás lehet, mivel a szemüveg átlátszó részén a fertőtlenítési ciklusok nincsenek hatással az átláthatóságra vagy a mechanikai tulajdonságokra.

5 Megbeszélés

5.1 A videólaringoszkópia alkalmazásának felmérése Magyarországon

Vizsgálatunk során a VL eszközök magyarországi alkalmazási gyakorlatára voltunk kíváncsiak, az elérhetőség, az oktatottság, a jártasság és felhasználási eloszlás paramétereit tekintve. Tudomásunk szerint tanulmányunk az első ilyen célú értékelés hazánkat illetően. Eredményeink hasznosak lehetnek annak ellenére is, hogy a tanulmánynak számos limitációja van, melyet az alábbiakban részletesen bemutatunk az eredményeink pontosabb értékelésének elősegítéséhez. A COVID-19 járványügyi helyzetből adódó kihívások a VL eszközökre irányították a figyelmet, így felmérésünk aktuális és fontos támpontokat nyújthat a további képzések és ilyen irányú fejlesztések szempontjából. Ebben a tanulmányban aneszteziológus és intenzív terápiás kollégák válaszát vártuk, szemben más hasonló felmérésekkel, amelyekben egészségügyi ellátó intézmények, osztályok véleményét kérdezték. Egyik fontos eredménye vizsgálatunknak, hogy a válaszadók 65%-a nyilatkozott pozitívan arról, hogy elérhető a munkahelye valamelyik munkaállomásán VL eszköz. A felmérésekben az egyéni, személyes válaszokat nem lehet közvetlenül összehasonlítani a kórházi adatokkal, ennek ellenére a fent említett adatok alapján a magyarországi kórházakban a VL eszközök klinikai elérhetőségének aránya az Egyesült Királyság 2010 és 2017 közötti arányaival tekinthető azonosnak. Érdekes adat továbbá, hogy a magyarországi vezető VL technika a KingVision®, melyet az Egyesült Királyság aneszteziológusai szinte sohasem használnak. Jól látható, hogy a VL technikát illetően egyre több eszköz áll rendelkezésre ám ezek egy részét csak elvétve használják. A választást hazánkban elsősorban az osztályvezető döntése és/vagy a piaci beszerzési ár szabja meg. Hangsúlyozzuk, hogy a VL eszközök rendelkezésre állása nem jelenti annak a képességét, hogy az eszközt megfelelően is tudjuk használni, ezért kiemelten fontos egységes szakmai oktatási koncepció kidolgozása és alkalmazása azért, hogy a VL eszközökben rejlő potenciális betegelőnyöket maximálisan ki tudjuk használni.

5.2 Kezdő felhasználók által szimulátoron végrehajtott normál légútbiztosítás a VividTrac®, az Airtraq®, a KingVision®, a Macintosh laringoszkóp valamint egyedi gyártású laringoszkóp alkalmazásának összehasonlításával

Eredményeink értelmezése és elfogulatlan értékelése előtt le kell szögeznünk, hogy vizsgálatunk során orvostanhallgatók egy légút biztosítási szimulátoron hajtották végre az intubációkat, valamint az önálló légútbiztosítási kísérleteik előtt is csak rövid,

mindösszesen 15 perces oktatást kaptak. A vizsgálatunk eredményeinek és következtetéseinek közvetlen klinikai átültetése ezért megkérdőjelezhető. A fogsérülések bekövetkezését is csak igennel vagy nemmel jelöltük, miközben azok számát vagy éppen az erőbehatás mértékét pontosan nem rögzítettük. Kiemeljük az első sikeres légútbiztosítási kísérletek magas számát (90%) és a rövid IT-eket melyek kimagaslóan jók, 25 másodperccel rövidebbek a korábban más Európai tanulmányokban rögzített értékeknél. Ezek különösen figyelemre méltó eredmények különös tekintettel arra a tényre, hogy az orvostanhallgatók eszközönként mindössze egy rövid (15 perc) oktatásban részesültek. Ismert, hogy még a jól megszerzett és beépült manuális készségek is romlanak az idő múlásával, ezért észrevételeink érdekesek és ígéretesek lehetnek az orvostanhallgatók és a pályakezdő kollégák légútbiztosítási oktatási programjai során.

A méréseink szerint a kereskedelmi forgalomban kapható videóloaringoszkópok esetében az LT és az IT rövidebb volt, mint a DL használatánál és így a DL alulteljesített. Adataink összhangban állnak a korábbi szimulátorokon és betegellátásban végzett beszámolók eredményeivel. A kereskedelmi forgalomban kapható VL-k használata szignifikánsan javította a POGO pontszámokat a DL-al összevetve, azonban ez az ID-re már nem volt igaz. A VL előbbi előnyeit számos más korábbi publikáció is taglalja, melyek összhangban állnak saját vizsgálatunk vonatkozó eredményeit.

Az egymáshoz hasonló intubációs eszközök közötti választást a klinikai gyakorlatban sok tényező befolyásolja, mint a beavatkozó szakmai tapasztalata és egyéb más szubjektív faktorok. A tanulmányunkba bevont orvostanhallgatók, a tapasztalataik alapján a VL technikát egyszerűbbnek találták, mint a DL-t. Az általuk leginkább kedvelt eszközök a KV és a VT voltak, mely eszközöket szívesen használnák újra. Ezek az eredmények is egyeznek számos korábbi tanulmány ezirányú következtetéseivel. Vizsgálatunk során a kezdők által szimulátoron végrehajtott normál légútbiztosítás esetén elsőként állapítottuk meg, hogy a VT és a KV minden elemzett paraméterben felülmúlta a DL technikáját és az egyedi gyártású laringoszkóp hatékonyságát is. A VL eszközök összehasonlítása során elsőként vizsgáltuk a VT eredményességét szimulációs környezetben. Megállapítottuk az ID eszközök különböző típusainak összevetésénél, hogy az általunk a vizsgálatba bevont önkéntes, légútbiztosításban tapasztalatlan hallgatók, normál légútbiztosítási helyzetben a VT használatával minden vizsgált paraméterben jobbnak bizonyultak más eszközzel szemben.

5.3 Az additív gyártási technológiával készített egyéni személyi védőeszközök vizsgálata

Az AM technológiák világszerte komoly hatással voltak az egyéni védőeszközök fejlesztésére és gyártására. Mind az FFF, mind az SLS nyomtatók fontos szerepet játszanak ezen a területen, jellemzőik és a rendelkezésre álló nyomtatható anyagok alapján. A PLA alkalmas az arcvédő pajzs gyártására az eszközök költséghatékonysága és széleskörű elérhetősége miatt. Ellátási hiány esetén, amint az a COVID-19 pandémiában előfordulhat, az FFF technológia átmeneti megoldást kínálhat a PPE-k gyártására, különösen a funkcionális 3D-nyomtatott alkatrészek előállításra vonatkozó korábban leírt módszerekkel. A 3D nyomtatott PPE-k klinikai használatában a SARS-CoV-2 vírus átvitelének esélyének csökkentése érdekében fontos tényező a szakmailag leírt fertőtlenítési protokoll alkalmazásának hatása az eszköz felületi jellemzőire. A széles körben elterjedt alkohol alapú felület fertőtlenítő szerek és az etilén oxid megfelelő és költséghatékony eljárás lehet.

Vizsgálatunkban igazoltuk, hogy a SARS-CoV-2 ellen hatékony tetra-acetil-etiléndiamin (TAED) és a nátrium-perborát széles körben elérhető, költséghatékony oldata (Sekusept™ - EcoLab Hungary Ltd., Budapest, Magyarország), használható poliamid PLA és ZA-22 szilikon anyagok fertőtlenítőjeként anélkül, hogy befolyásolná a 3D-vel nyomtatott és öntött alkatrészek mechanikai és szerkezeti épségét. Az átlátszó PMMA lapok fertőtlenítés utáni spektrofotometriás vizsgálata során megállapítottuk, hogy a többszöri áztatás nem befolyásolta az átlátszóságát. A 3D nyomtatott PPE a megfelelő fertőtlenítési protokollok alkalmazása mellett alkalmas a többszöri felhasználásra, illetve fontos szerepet játszhatnak az SARS-CoV-2 ellátás során, az intubálást végző szakszemélyzet védelmében. Hangsúlyozzuk, hogy ezen eszközök többségének használatát az Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hatóság (FDA) vagy az Európai Közösség (CE) nem hagyta jóvá, ezért a potenciális felhasználóknak tisztában kell lenniük azzal, hogy engedély és ellenőrzés nélküli eszközök alkalmazása milyen veszélyekkel járhat.

Az általunk kidolgozott vizsgálati tesztek jó útmutatást nyújthatnak a személyi védőeszközök költséghatékony előállítása és minőségi ellenőrzése során. Hangsúlyozzuk, hogy az AM technológiával gyártott személyi védőeszközöket további preklinikai és klinikai vizsgálatoknak kell alávetni. Emellett a kutatás rávilágított, az AM technológiák

kiválóan alkalmazhatók sükséghelyzetben vagy ellátási problémák esetén PPE-k fejlesztésére és kis szériás előállítására, de az ipari méretű, nagyszériás gyártástechnológiákkal termelékenységben és költséghatékonyágban egyelőre nem vehetik fel a versenyt.

Az eddigiekben bemutatottak igazolják a szimulációs oktatás és az aneszteziológia és intenzív terápia kölcsönhatásait, szinte végtelen együttműködési lehetőségeit, melyek közül kiemeltük a légútbiztosítás speciális eljárásait és az additív gyártástechnológiák jelentőségét a személyi védőeszközök gyártásában, mint a járványügyi helyzet által létrehozott szélsőséges körülményekre adott megfelelő válaszokat.

6 Tézisek

- A VL alkalmazásának felmérése során megállapítottuk, hogy a magyar aneszteziológusok körülbelül kétharmada számára elérhető légútbiztosítási lehetőség a VL. Igazoltuk, hogy a kollégák többsége ismeri a VL által nyújtott szakmai lehetőségeket, de azokat csak a nehéz légút megoldásának alternatív eszközeként alkalmazza.
- A VL magyarországi használatát elemezve igazoltuk, hogy a kollégák zöme előzetes gyakorlati oktatás nélkül használja az eszközöket, ezért szükséges oktatási programok létrehozása.
- A különböző VL eszközök kezdők által végrehajtott normál légútbiztosítási manővereinek vizsgálata megállapítottuk, hogy VL eszközök gyakorlatlan beavatkozók esetében jobb légútbiztosítási eredményt adtak, mint a DL. A VL eszközök új, ígéretes és megfizethető légútbiztosítási alternatívák, vagy akár a jövő elsőként választható biztonságos módszerei.
- A VL eszközök a hallgatók oktatásában kiválóan alkalmazhatóak, rövid oktatási idő után minden általunk vizsgált paraméterben hatékonyabb manőverek, mint a DL. Az ID hatékonysága nem haladja meg a direkt laringoszkópiáét, klinikai használata további részletes elemzések nélkül nem ajánlott.
- Az AT és az irodalomban elsőként általunk vizsgált VT eszközök a tanulmányunkban, számos szempontban jobbnak bizonyultak a hagyományos légútbiztosítási eszközöknél, a kezdők által végrehajtott normál légútbiztosítási manőver során.
- Az AM technológiák vizsgálata során feltételezésünket igazoltuk, miszerint COVID-19 járvány idején a 3D nyomtatási technológiák segíthetnek a megelőző intézkedésekben, mint hatékony módjai a PPE fejlesztésének és a kis sorozatú gyártásának. Más gyártási módszerekhez, például fröccsöntéshez képest a fejlesztési és gyártási idő csökkenthető, mivel nincs szükség szerszám tervezésére. Ez a tény csökkenti az előállítási költségeket is, kis szériás gyártás esetén.
- Igazoltuk, hogy a bemutatott és megosztott tervek potenciálisan növelhetik a személyi védelem hatékonyságát, alkalmazásuk során tapasztalati úton további módosításokkal a végtermékeket könnyen lehet az elvárásoknak megfelelően átalakítani, tervezni és gyártani.

- Elsőként írtuk le, hogy szabványos fertőtlenítési protokollok elvégezhetőek a bemutatott anyagokon anélkül, hogy ez befolyásolná az alapanyagok mechanikai tulajdonságait illetve a használhatóságot, következésképpen a 3D-nyomtatott PPE környezetbarát, ésszerű megoldás az újra felhasználhatóság lehetőségét kínálva.
- Leírtuk, hogy az FFF és SLS AM technológiák megbízhatóak, de csak ideiglenes, rövid távú megoldásként szolgálhatnak az egyéni védőeszközök gyártásához, hangsúlyozottan az ellátás nehézsége vagy bármely egyéb módú gyártási technológia hiányában, szélsőséges helyzetekben, minősített egészségügyi ellátás keretében.

7 Köszönetnyilvánítás

Elsőként a köszönet azokat a hozzám közel állókat illeti, akik elviselték a dolgozat megírása közben tanúsított viselkedésem. Köszönöm édesanyám és felnőtt gyermekeim biztatását. A számtalan egyéb feladat mellett, párom támogatása és türelme nélkül ez a munka már nem lett volna megvalósítható.

Köszönet illeti témavezetőimet Dr. Nagy Bálint Jánost (PTE KK AITI) és Dr. Maróti Péter Dezsőt (PTE ÁOK Szimulációs Oktatási Központ), akik fiatalos lendülettel és elszánt kutatói elhatározással együtt dolgoztak velem az elmúlt években, az orvostudomány határterületeit is feszegető munkáinkban. Külön büszkeség számomra, hogy azok a kiváló kollégáim, akiknek az első szakmai lépéseit segíthettem, kellő mélységű iniciatívát nyújtottak nekem ahhoz, hogy jelen értekezésem elkészüljön, így már ők lettek az én segítőim. Köszönöm példaértékű támogatásukat, idejüket, figyelmüket, megbecsülésüket, barátságukat.

Tisztelettel köszönöm Prof. Dr. Bogár Lajos (PTE KK AITI) intézetigazgató egyetemi tanárnak, hogy támogatta szerteágazó tevékenységeimet, bátorított, mint munkahelyi vezetőm és befogadott, mint a Doktori Iskola Vezetője. Prof. Dr. Molnár F. Tamás (PTE ÁOK Művelési Medicina Tanszék) egyetemi tanár személye nem csak mint Programvezetőm fontos számomra. Köszönöm tudományos útmutatásait, tanácsait, feddéseit, beszélgetéseinket, közös elményeinket és végtelen barátságát. Több évtizednyi közös munka, számtalan ötletelés és tudományos eredmény ellenére sem azt az utat jártam végig, melyet vele és Dr. Szántó Zalán (PTE KK Sebészeti Klinika) egyetemi docens úrral megálmodtunk a tompa tüdő sérülések kérdésköre kapcsán. Ez a feladat még vár ránk.

Prof. Dr. Tekeres Miklós emeritus egyetemi tanár úrnak kiemelten köszönöm, hogy távolról támogatott, kedélyesen-szigorúan, számon kért és az elvárásait bevasalta tőlem, még akkor is, ha nem voltam közvetlenül az ő tanítványa.

Külön köszönet illeti Prof. Dr. Csontos Csaba (PTE KK AITI) egyetemi tanár urat, akit már az 1980-as évek közepe - vége óta valamilyen módon kísértek és kísérek. Megtanultam mellette tanulni és fejlődni. Szorgalma, tudása, eltökéltsége számomra követendő. Hálával tartozom Prof. Dr. Mühl Diána (PTE KK AITI) egyetemi tanárnőnek az irányomban tanúsított türelméért, szakmai támogatásáért és Dr. Batai István (PTE KK AITI) tanár úrnak a számtalan segítségéért, aneszteziológiai irányutatásaiért.

Hálásan köszönöm Dr. Török Zoltán orvos alezredes és Dr. Bakonyi József (M.H. 3. számú Honvéd Kórház Égési Osztály, Pécs) orvos alezredes, főorvos uraknak, első mentoraimnak, a medikus éveimet meghatározó pártfogásukat. Orvostanhallgatóként bevezetettek a súlyos égett betegek ellátásába, személyiségük, szakmaiságuk és következetességük alapvetően meghatározta a jövőmet. Tisztelettel köszönöm Dr. Varga József (M.H.3. számú Honvéd Kórház Központi Aneszteziológiai és Intenzív Terápiás Osztály) orvos alezredes, főorvos úrnak, az első igazi szakmai főnökömnek azt a mélységes biztonságot, melyet nekem, mint kezdő orvosnak adott. Felkészültsége, elkötelezettsége, kreativitása, messze előre mutató gondolkodása mind a mai napig követendő példa számomra. Dr. Radnai Imre (M.H. 3. számú Honvéd Kórház KAIBO és PTE KK AITI) orvos alezredes, főorvos úr adott először laringoszkópot a kezembe. Sosem felejttem el a nyugalmit, kedvességét, optimizmusát és szerénységét. Köszönet illeti az egykori Magyar Honvédség 3. számú Honvéd Kórház orvosait és szakdolgozóit, akik orvostanhallgató és fiatal orvos koromban segítséget nyújtottak a pályakezdés bizonytalanságában.

Köszönöm a PTE KK AITI, a PTE ÁOK Szimulációs Oktatási Központ és a PTE 3D Nyomtatási és Vizualizációs Központ számos orvosának, kutatójának, szakdolgozójának és adminisztratív munkatársának a segítségét, akik nap, mint nap támogatják a kutató, gyógyító és oktató munkámat.

Tisztelettel köszönöm Prof. Dr. Miseta Attila Rektor Úrnak és Prof. Dr. Nyitrai Miklós Dékán Úrnak a mindenkori támogatását és azt, hogy készséggel hallgatták meg minden ötletünket, melyek megvalósulása számunkra is hihetetlen.

A doktori értekezés elkészítéséhez hozzájárultak a GINOP-2.3.2-000022 és a Tématerületi Kiválósági Program 2020—Nemzeti Kiválósági Alprogram; Biomedical Engineering Projekt (“2020-4.1.1-TKP2020”) kódjelű pályázatok.

8 Szerzői publikációk

A szerző értekezéssel kapcsolatos publikációi

Nagy B, **Rendeki S.** A national survey of videólaryngoscopes and alternative intubation devices in Hungary. PLoS One. 2019 Oct 10;14(10):e0223645. doi: 10.1371/journal.pone.0223645.

IF:2,74

Rendeki S., Keresztes D, Woth G, Mérei Á, Rozanovic M, Rendeki M, Farkas J, Mühl D, Nagy B. Comparison of VividTrac®, Airtraq®, King Vision®, Macintosh Laryngoscope and a Custom-Made Videólaryngoscope for difficult and normal airways in mannequins by novices. BMC Anesthesiol. 2017 May 26;17(1):68. doi: 10.1186/s12871-017-0362-y.

Teljes IF: 1,788 a szerzők döntése alapján megosztva: **IF: 0,894**

Rendeki S., Nagy B, Bene M, Pentek A, Toth L, Szanto Z, Told R, Maroti P. An Overview on Personal Protective Equipment (PPE) Fabricated with Additive Manufacturing Technologies in the Era of COVID-19-19 Pandemic. Polymers (Basel). 2020 Nov 16;12(11):2703. doi: 10.3390/polym12112703.

IF: 3,426

Az értekezésben felhasznált közlemények impakt faktora: 7,06

Maróti Péter, **Rendeki Szilárd**, Schlégl Ádám, Varga Péter. Készségfejlesztés az egészségügyi felsőoktatásban-innovatív megoldások a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Karán. Magyar Sebészet 68 : 3 pp. 129-130. , 2 p. (2015)

Koppan, A ; Eklicsne, Lepenye K ; Halasz, R ; Sebok, J ; Szeman, E ; Nemeth, Z ; **Rendeki, S.** A színész, mint szimulált páciens az oktatásban a Pécsi Tudományegyetemen. Orvosi Hetilap 158 : 26 pp. 1022-1027. , 6 p. (2017)

IF:0,322

Maróti, Péter ; Varga, Péter ; Ábrahám, Hajnalka ; Falk, György ; Zsebe, Tamás ; Meiszterics, Zoltán ; Manó, Sándor ; Csernátony, Zoltán ; **Rendeki, Szilárd** ; Nyitrai, Miklos. Printing Orientation Defines Anisotropic Mechanical Properties in Additive Manufacturing of Upper Limb Prosthetics. Materials Research Express 6 : 3 Paper: 035403 , 9 p. (2019)

IF:1,929

Bogár, Péter Zoltán ; Tóth, Luca ; **Rendeki, Szilárd** ; Mátyus, László ; Németh, Norbert ; Boros, Mihály ; Nagy, Bálint ; Nyitrai, Miklós ; Maróti, Péter. Az egészségügyi szimulációs oktatás jelene és jövője Magyarországon Orvosi Hetilap 161 : 26 pp. 1078-1087. , 10 p. (2020)

IF:0,497

Zsolt Pintér, Dániel Kardos, Péter Varga, Eszter Kopjár, Anna Kovács, Péter Than, **Szilárd Rendeki**, László Czopf, Zsuzsanna Füzesi , Ádám Tibor Schlégl. Effectivity of near-peer teaching in training of basic surgical skills – a randomized controlled trial. BMC Med Educ 21, 156 (2021).

IF: 1.831

Egyéb közlemények

Molnar, TF ; **Rendeki, S** ; Lukacs, L ; Horvath, OP. Improvement of air tightness of stapled lung parenchyma using fascia lata. Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery 2 : 4 pp. 503-505. , 3 p. (2003)

Molnar, TF ; Hasse, J ; Jeyasingham, K ; **Rendeki, MS.** Changing dogmas: history of development in treatment modalities of traumatic pneumothorax, hemothorax, and posttraumatic empyema thoracis. Annals of Thoracic Surgery 77 : 1 pp. 372-378. , 7p. (2004)

IF:2.244

Szanto, Z ; Benkő, I ; Kalmar, Nagy K ; Horvath, ÖP ; **Rendeki, Sz** ; Molnár, TF. Diaphragm: a barrier or a gate? The transphrenic approach. Magyar Sebészet 60 p. 148 (2007)

Tánczos, K ; Fischer, P ; Lima, N ; **Rendeki, S** ; Szántó, Z ; Bogár, L ; Csontos, C. Traumás rekeszruptura és tenziós pneumothorax esete. Aneszteziológia és Intenzív Terápia 41 pp. 35-39. , 5 p. (2011)

Vilmos, László ; **Rendeki, Szilárd** ; Molnár, F. Tamás. Archeogenetika: az athéni pestis esete Polomerase Chain Reaction (PCR) kontra Thuküdidész. Magyar Epidemiológia 9 : 1 pp. 67-74. , 8 p. (2012)

Loibl, Cs ; Bognár, Zs ; **Rendeki, Sz** ; Wiegand, N ; Csontos, Cs. Designer droghasználat talaján kialakuló compartment syndroma multidiszciplináris ellátása (esetismertetés) Aneszteziológia és Intenzív Terápia 42 : S1 p. 22 (2012)

Tóth, Imre ; Rami-Porta, Ramon ; **Rendeki, Szilárd** ; Molnár, F Tamás. The first steps in the management of pericardial effusion: Who Was First to Relieve the Pericardial Sac—Larrey or Romero? World Journal of Surgery 37 : 9 pp. 2242-2245. , 4 p. (2013)

IF:2.348

Szélig, L ; **Rendeki, Sz** ; Földi, V ; Lantos, J ; Bogár, L ; Csontos, Cs. Leukocita felszíni CD markerek prognosztikus értékének vizsgálata égett betegekben. Aneszteziológia és Intenzív Terápia 43 : Suppl. 1 pp. 9-9. Paper: EA05 , 1 p. (2013)

Lantos, J ; Mühl, D ; Woth, G ; Földi, V ; **Rendeki, Sz** ; Szelig, L ; Csontos, Cs. Fehérvérsejt-felszíni CD-markerek kórjelző értékének vizsgálata septicus és égett betegekben. Magyar Sebészet 66 : 2 pp. 96-96. , 1 p. (2013)

Szélig, L ; **Rendeki, Sz** ; Földi, V ; Lantos, J ; Bogár, L ; Rézmán, B ; Csontos, Cs. Leukocita felszíni CD markerek prognosztikus értékének vizsgálata égett betegekben. Aneszteziológia és Intenzív Terápia 44 : 2 pp. 71-78. , 8 p. (2014)

Szelig, L ; **Rendeki, S** ; Foldi, V ; Lantos, J ; Bogar, L ; Csontos, C. Time course of CD marker expression in patients with burns and its prognostic value. Burns 40 : 4 pp. 575-582. , 8 p. (2014)

IF:1,880

Nagy, B ; Szelig, L* ; **Rendeki, S** ; Loibl, C ; Rezman, B ; Lantos, J ; Bogar, L ; Csontos, C. Dynamic changes of matrix metalloproteinase 9 and tissue inhibitor of metalloproteinase 1 after burn injury. Journal of Critical Care 30 : 1 pp. 162-166. , 5 p. (2015)

IF:2,445

Molnár, F Tamás ; Fazekas, L ; **Rendeki, Szilárd.** Do They Need Each Other: Mars, Vulcanus, Aesculapius? Medical Corps International Forum 4 : 1 pp. 40-43. , 4 p. (2015)

Miseta, Attila ; **Rendeki, Szilárd** ; Molnár, F Tamás. Potential Role of University Medical Schools in Civil-Military Cooperation (CiMiC): The Pécs University (Hungary) Experience. Medical Corps International Forum 2 : 2 pp. 22-24. , 3 p. (2015)

Loibl, Cs ; Bocskai, T ; Bogár, L ; Matancic, M ; **Rendeki, Sz** ; Szélig, L ; Csontos, Cs. A leukocytá antiszedimentációs ráta (LAR) vizsgálata politraumatizált és égett betegekben. Aneszteziológia és Intenzív Terápia 45 : Suppl. 1 pp. 8-8. Paper: EA02 , 1 p. (2015)

Loibl, C ; Bogar, L ; Szelig, L ; **Rendeki, Sz** ; Bocskai, T ; Csontos, Cs. Leukocyte antisedimentation rate predicts early nosocomial infections in trauma patients. Érbetegségek / Hungarian Journal of Vascular Disease 22 : Suppl. pp. 53-53. Paper: T B5 , 1 p. (2015)

Keresztes, Dóra ; Woth, Gábor ; Nagy, Bálint János ; Farkas, József ; Németh, Zsuzsanna ; Maróti, Péter ; Rendeki, Mátyás ; **Rendeki, Szilárd.** Kárhelyszíni elsősegélynyújtás - a Disaster Medic képzés első tapasztalatai tűzoltók körében. Védelem Tudomány : Katasztrófavédelmi online tudományos folyóirat 2 : 1 pp. 204-216. , 13 p. (2017)

Rendeki, Szilárd ; Molnar, Tamas F. Pulmonary contusion. Journal of Thoracic Disease 11 pp. S141-S151. , 11 p. (2019)

IF:2,046

Idézhető előadás kivonatok

Loibl Cs, **Rendeki Sz.** 1982 - 2012: A Falkland-szigetekért vívott hadjárat egészségügyi ellátásának bemutatása brit oldalról (emlékezés a 30 éve történt eseményekre). Honvédervos 2013; 65 (3-4): 99.

Rendeki Sz., Loibl Cs. Triage: a panacea? Honvédervos 2013; 65 (3-4): 104.

Loibl Cs, **Rendeki Sz.** A brit katonai orvoslás tevékenységének összehasonlítása a Falkland-szigetekért vívott harcok, és az 1991-es Öböl háború során. Honvédervos 2014; 66 (3-4): 90.

Loibl C, Bogar L, Szelig L, **Rendeki Sz.**, Bocskai T, Csontos C. Leukocyte antisedimentation rate predicts early nosocomial infections in trauma patients. The Hungarian Journal of Vascular Diseases 2015;S: 43.

Bogar L, Szelig L, Loibl C, **Rendeki S**, Bocskai T, Csontos C. Leukocyte antisedimentation rate predicts life-threatening conditions of polytrauma victims earlier than other conventional inflammatory markers. *Biorheology* 2015;52(1-2):45.

IF: 0,981

Rendeki, Szilárd. A Műveleti Medicina praehospitális ellátó rendszere. In: Betlehem, József; Radnai, Balázs; Deutsch, Krisztina; Bánfai, Bálint; Pandur, Attila; Schiszler, Bence (szerk.) XII. Pécsi Sürgősségi Napok: XII. Critical Care Days in Pécs : előadáskivonatok, absztraktok_Pécs, Magyarország : Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Kar (PTE ETK), (2017) p. 31 , 1 p.

A szerző publikációinak kumulatív impakt faktora: 24.477

Poszterek

Loibl Cs, Bognár Zs, **Rendeki Sz**, Wiegand N, Csontos Cs. Designer droghasználat talaján kialakuló compartment syndroma multidiszciplináris ellátása (Esetismertetés). MAITT 40. Nemzeti Kongresszusa. Siófok, 2012.05.03 – 05.

Lengl Orsolya, **Rendeki Szilárd**, Zacher Gábor, Csontos Csaba. Dr Google és a szürke eminenciás (Esetismertetés.). 2012.02.25. MAITTDD Szekció XII. tudományos Ülése, Harkány

Loibl Cs, Fischer T, Matancic M, **Rendeki Sz**, Szélig L, Csontos Cs. Lyell szindrómával kezelt beteg multidiszciplináris ellátása (Esetismertetés). MAITT 42. Nemzeti Kongresszusa. Siófok,2014.05.22 –24.

Sz Rendeki, Cs Loibl, B Nagy, L Szelig, Z Szántó, TF Molnár. It Happened a Century Ago: The Birth of Thoracic Surgical Anaesthesia. 3rd Pan European-Congress of Military Medicine. Belgrade, Republic of Serbia, 02 – 06. 06.2014.

Cs Loibl, M Matancic, B Nagy, **Sz Rendeki**. Casualty evacuation during the battle for The Falklands 1982. Force Health Protection NATO Conference. Budapest, 23 – 26.06.2014.

Cs Loibl, M Matancic, B Nagy, **Sz Rendeki**. The compare of the British military medical care during Operation Corporate (1982) and Operation Granby (1991). Force Health Protection NATO Conference. Budapest, 23 – 26.06.2014.

Rendeki Szilárd, Keresztes Dóra, Csontos Csaba. Scoliosis műtét váratlan posztoperatív szövődménye. MAITT 43.Kongresszusa. Siófok. 2015.05.28-30.

Cs Loibl, **Sz Rendeki**, E Ezer, M Rozanovic, A Pankaczi, P Kovács, M Matancic, L Bogár, L Szélig, T Németh, A Tamás, A Miseta, T Molnár, Cs Csontos. Increase of platelet cellular density can predict infectious complication after severe burn injury. European Society of Intensive Care Medicine LIVES 2019. Berlin, Germany, 01.10.2019.

Könyvrészletek

Csontos, Csaba ; **Rendeki, Szilárd**. Súlyos agy és koponyasérülés. In: Gál, János Sürgősségi orvostan, Intenzív terápia, Anesztézia. Budapest, Magyarország: Semmelweis Orvostudományi Egyetem, (2012) Paper: 3.19.03, 2 p.

Csontos, Csaba ; **Rendeki, Szilárd**. A politraumatizált beteg. In: Gál, János Sürgősségi orvostan, Intenzív terápia, Anesztézia Budapest, Magyarország: Semmelweis Orvostudományi Egyetem, (2012) Paper: 3.19.02, 1 p.

Csontos, Csaba ; **Rendeki, Szilárd**. Trauma pontrendszerek, osztályozások. In: Gál, János Sürgősségi orvostan, Intenzív terápia, Anesztézia. Budapest, Magyarország: Semmelweis Orvostudományi Egyetem, (2012) Paper: 3.19.01, 2 p.

Csontos, Csaba ; **Rendeki, Szilárd**. A hasi trauma. In: Gál, János Sürgősségi orvostan, Intenzív terápia, Anesztézia. Budapest, Magyarország: Semmelweis Orvostudományi Egyetem, (2012) Paper: 3.19.07, 2 p.

Csontos, Csaba ; **Rendeki, Szilárd**. Égéssebészeti anesztézia. In: Gál, János Sürgősségi orvostan, Intenzív terápia, Anesztézia. Budapest, Magyarország: Semmelweis Orvostudományi Egyetem, (2012) Paper: 4.07.07, 1 p.

Csontos, Csaba ; **Rendeki, Szilárd**. Lőtt és robbanásos sérülések. In: Gál, János Sürgősségi orvostan, Intenzív terápia, Anesztézia. Budapest, Magyarország: Semmelweis Orvostudományi Egyetem, (2012) Paper: 3.19.11., 2 p.

Csontos, Csaba ; **Rendeki, Szilárd.** A kardiovaszkuláris rendszer érintettsége trauma során. In: Gál, János Sürgősségi orvostan, Intenzív terápia, Anesztézia. Budapest, Magyarország: Semmelweis Orvostudományi Egyetem, (2012) Paper: 3.19.10, 1 p.

Csontos, Csaba ; **Rendeki, Szilárd.** A kismedence és az alsó végtagok sérülései. In: Gál, János Sürgősségi orvostan, Intenzív terápia, Anesztézia. Budapest, Magyarország: Semmelweis Orvostudományi Egyetem, (2012) Paper: 3.19.09, 2 p.

Csontos, Csaba ; **Rendeki, Szilárd.** Égési sérülés. In: Gál, János Sürgősségi orvostan, Intenzív terápia, Anesztézia. Budapest, Magyarország: Semmelweis Orvostudományi Egyetem, (2012) Paper: 3.19.08, 2 p.

Csontos, Csaba ; **Rendeki, Szilárd.** Mellkasi trauma. In: Gál, János Sürgősségi orvostan, Intenzív terápia, Anesztézia. Budapest, Magyarország: Semmelweis Orvostudományi Egyetem, (2012) Paper: 3.19.0, 2 p.

Csontos, Csaba ; **Rendeki, Szilárd.** Felső légúti és maxillofaciális sérülések. In: Gál, János Sürgősségi orvostan, Intenzív terápia, Anesztézia. Budapest, Magyarország: Semmelweis Orvostudományi Egyetem, (2012) Paper: 3.19.05, 3 p.

Csontos, Csaba ; **Rendeki, Szilárd.** Gerincvelő sérülés. In: Gál, János Sürgősségi orvostan, Intenzív terápia, Anesztézia. Budapest, Magyarország: Semmelweis Orvostudományi Egyetem, (2012) Paper: 3.19.04, 1 p.

Molnár, F Tamás ; Fazekas, László ; **Rendeki, Szilárd.** A sebesült és a beteg orosz katona az 1904-5-ös orosz-japán háborúban. Amerikai, brit orvos-tisztek és egy ukrán orosz hercegnő. In: Máté, Zsolt (szerk.) Háborúk és békekötések a 18-20. századi orosz-szovjet történelemben: Konferenciakötet. Pécs, Magyarország: PTE-MOSZT, (2014) pp. 147-170. , 24 p.

Molnár, F Tamás ; **Rendeki, Szilárd.** Management of Flail Chest. In: Mark, K Ferguson (szerk.) Difficult decisions in thoracic surgery: An Evidence-Based Approach. London, Egyesült Királyság / Anglia: Springer-Verlag London Ltd, (2014) pp. 755-766., 12 p.

Molnár, F Tamás ; **Rendeki, Sz.** A sebesült orosz katona az orosz-japán háborúban. In: Bene, Krisztián (szerk.) Európa periferiáján: Jubileumi kötet. Pécs, Magyarország: PTE BTK TTI MOSZT Kutatócsoport, (2015) pp. 161-178., 18 p.

Kongresszusi előadások

Loibl Cs, Pankaczi Zs, Bognár Zs, Kiss Z, **Rendeki Sz**, Csontos Cs, Wiegand N. Szokatlan etiológiájú compartement („rekesz”) szindróma multidiszciplináris ellátása”. PTE Orvostudományi és Egészségtudományi Szakosztály, Tanulságos Esetek Fóruma. Pécs, 2012.11.05.

Loibl Cs, **Rendeki Sz**. Az „Egyetértés” - Hadművelet („Operation Corporate”) egészségügyi ellátásának bemutatása – a brit oldalról (emlékezés az 1982-es Falkland-szigetekért vívott hadjáratra). Magyar Katonai Katasztrófa Orvostani Társaság XV. Tudományos Konferenciája. Budapest, 2012.11.28.

Rendeki Sz, Loibl Cs. Triage: a panacea? Magyar Katonai Katasztrófa Orvostani Társaság XV. Tudományos Konferenciája. Budapest, 2012.11.28.

Rendeki Szilárd Remimazolam. MAITT 41. Nemzeti Kongresszusa. Siófok, 2013.05.23 – 25.

Lantos, J ; Mühl, D ; Woth, G ; Földi, V ; **Rendeki, Sz**; Szelig, L ; Csontos, Cs. Fehérvérsejt felszíni CD markerek kórjelző értékének vizsgálata szeptikus és égett betegekben (2013). Magyar Sebész Társaság Kísérletes Sebészeti Szekció XXIV. Kongresszusa Debrecen, 2013. június 13-15.

Molnár, F Tamás ; **Rendeki, Szilárd**. Beirut 2006 revisited: lesson to learn of Syria 2013 (2013) 1st Conference on Tackling Health Inequalities Through Human Resource Capacity Building in Europe (2013)

Rendeki Szilárd. Háborús sérülések, lőtt sérülések. Országos Légimentő Vándorgyűlés. Budaörs. 2013.09.13-14.

Rendeki Szilárd. Traumatológiai anesztézia. Mediterrán Intenzív Randevű. Pécs. 2013.09.26-28.

Loibl Cs, **Rendeki Sz**. A brit katonai orvoslás tevékenységének összehasonlítása a Falkland-szigetekért vívott harcok, és az 1991-es Öböl háború során. Magyar Katonai Katasztrófa Orvostani Társaság XVI. Tudományos Konferenciája, Budapest, 2013.11.27.

Rendeki Sz. Loibl Cs. A műveleti medicina koncepció. Magyar Katonai Katasztrófa Orvostani Társaság XVI. Tudományos Konferenciája, Budapest, 2013.11.27.

Rendeki Sz. Loibl Cs, Tamás A, Kovács K, Smuk G, Reglődi D, Lantos J, Szántó Z. Tüdőcontusió állatkísérletes modelljével végzett vizsgálataink első eredményei. MAITT 42. Nemzeti Kongresszusa. Siófok, 2014.05.22 – 24.

Rendeki Szilárd. Surgical Apgar. MAITT 42. Nemzeti Kongresszusa. Siófok, 2014.05.22 – 24.

Sz Rendeki, Cs Loibl, L Szelig, B Nagy, K Kovács, G Smuk, J Lantos, G Jancso, TF Molnar, Z Szanto. Initial results of investigations of lung contusion with animal models. 3rd Pan European-Congress of Military Medicine. Belgrade, Republic of Serbia, 02 – 06.06.2014.

Cs Loibl, B Nagy, **Sz Rendeki**. Educational aspects of the operational medicine concept among the medical schools in Hungary. 3rd Pan European-Congress of Military Medicine. Belgrade, Republic of Serbia, 02 – 06.06.2014.

Nagy, Bálint János ; Loibl, Csaba ; **Rendeki, Szilárd.** The present and the near future of simulation in undergraduate medical education at Medical School of Pécs, Hungary (2014). Erasmus Intensive Programme IP SimClip 2014: Simulation in Clinical Practice: Virtual Medicine

Rendeki, Szilárd ; Vajda, Márk. Police Medic Training System (2014). NATO MILMED First Responder Trainers Symposium,

Rendeki, Szilárd ; Vajda, Márk. Police Medic Concept (2014). European Medical and Psychological Experts Network for Law Enforcement seminar (CEPOL 57/2014 - “EMPEN”),

Rendeki, Szilárd ; Vajda, Márk. The new educational model for operational medicine training system (2014). Force Health Protection NATO Conference 23-26.06.2014.

Rendeki Szilárd. A MediSkillsLab oktatási koncepció. VI.Légimentő Vándorgyűlés, Pécs, 2014. 09.12-13.

Rendeki Szilárd. A küszöbön túl: a baleseti és égési sérült első intézeti ellátása VI.Légimentő Vándorgyűlés, Pécs, 2014. 09.12-13.

Vajda, Márk ; **Rendeki, Szilárd.** New Education Model of Law Enforcement – Tactical Medical Training System (2014). 4th ICMC PAN ARAB Regional Working Group Congress on Military Medicine

Rendeki Szilárd,Vajda Márk, Molnár F. Tamás. Áthatoló testüregi sérülések szélsőséges helyzetekben. IV. Szent Sebestyén Napok. Áthatoló és tompa testüregi sérülések modern sebészete. Pécs. 2014. 10.02-04.

Molnár F. Tamás, **Rendeki Szilárd.** Tompa mellkasi sérülések. IV. Szent Sebestyén Napok. Áthatoló és tompa testüregi sérülések modern sebészete. Pécs. 2014. 10.02-04.

Rendeki Szilárd. A Police Medic koncepció megvalósítása a Rendőrségen. A Hon és Rendvédelmi Egészségügyi Dolgozók IV. Tudományos –szakmai Konferenciája.Budapest. 2014.11.19-20.

Loibl Cs, Bocskai T, Bogár L, **Rendeki Sz,** Szélig L, Csontos Cs. A leukocita antiszedimentációs ráta a hagyományos gyulladási markereknél korábban jelzi az életveszélyes állapotot traumás sérültekben. Magyar Hemoreológiai Társaság XXII. Kongresszusa. Pécs, 2015.02.27 – 28.

Rendeki Szilárd. Perseus A500 altatógép munkaállomás- „Design that works”. SIASTOK Budapest. 2015. 03.26-28.

L Bogar, L Szelig, Cs Loibl, **Sz Rendeki,** T Bocskai, Cs Csontos. Leukocyte antisedimentation rate predicts life-threatening conditions of poly-trauma victims earlier than other conventional inflammatory markers. 15th International Congress of Biorheology and 8th International Conference on Clinical Hemorheology. Seoul, Republic of Korea, 05. 24 – 28. 2015.

Loibl Cs, Bocskai T, Bogár L, Matancic M, **Rendeki Sz,** Szélig L, Csontos Cs. A leukocita antiszedimentációs ráta (LAR) vizsgálata politraumatizált, és égett betegekben. MAITT 43. Nemzeti Kongresszusa. Siófok, 2015.05.28 – 30.

Cs Loibl, L Bogar, L Szelig, **Sz Rendeki**, T Bocskai, Cs Csontos. Leukocyte antisedimentation rate predicts early nosocomial infections in trauma patients. XXII European Congress of the International Union of Angiology. Budapest, 6 – 9. 09. 2015.

Rendeki Szilárd, Vajda Márk. A Rendőrség és a Pécsi Tudományegyetem Police Medicine koncepciójának elmúlt évi eredményei. A Hon és Rendvédelmi Egészségügyi Dolgozók V. Tudományos –szakmai Konferenciája. Budapest. 2015.11.11-12.

Rendeki Szilárd. A Műveleti Medicina koncepció. Duna- Dráva árvízi tapasztalatai, villámárvizek Baranya megyében-védelem és tudomány egymás szolgálatában konferencia. Pécs. 2015.11.30.

Rendeki Szilárd. A Műveleti Medicina, mint átfogó szemlélet. A Hon és Rendvédelmi Egészségügyi Dolgozók VI. Tudományos –szakmai Konferenciája. Budapest. 2016.11.23-24.

Rendeki Szilárd. Műveleti Medicina oktatás a PTE ÁOK-n. A Magyar Traumatológus Társaság 51. Kongresszusa. 2017.09.14-16. Pécs

Rendeki Szilárd. A traumás sérültek ellátásának szimulációs oktatási lehetőségei. A Magyar Traumatológus Társaság 51. Kongresszusa. 2017.09.14-16. Pécs

Rendeki Szilárd. A Műveleti Medicina preahospitális ellátó rendszere. XII. Pécsi Sürgősségi Napok. Pécs. 2017-09.22-23.

Rendeki Szilárd. Burns of the airways. ESTS Course on Terrorism and Disaster Management. Council of Europe, Strasbourg , France. 16-17.11.2017.

Rendeki Szilárd. Prehospitális ellátás műveleti környezetben. PTE Orvostudományi és Egészségtudományi Szakosztály Ülése. Pécs. 2018. 10.29.

Rendeki Szilárd. Szimuláció és virtuális valóság. MAITT Nemzeti Kongresszusa. Siófok, 2019.05.23– 25.

