

Az egészségügyi szimulációs oktatás jelene és jövője Magyarországon

Bogár Péter Zoltán dr.^{1, 2} ■ Tóth Luca dr.^{2, 3, 4} ■ Rendeki Szilárd dr.^{5, 6}
 Mátyus László dr.⁷ ■ Németh Norbert dr.^{8, 9} ■ Boros Mihály dr.¹⁰
 Nagy Bálint dr.⁶ ■ Nyitrai Miklós dr.^{1, 2} ■ Maróti Péter dr.^{1, 2, 5}

¹Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Biofizikai Intézet, Pécs

²Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, 3D Nyomatási és Vizualizációs Központ, Pécs

³Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Klinikai Központ, Idegsebészeti Klinika, Pécs

⁴Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Transzlációs Medicina Intézet, Pécs

⁵Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Szimulációs Oktatási Központ, Pécs

⁶Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Aneszteziológiai és Intenzív Terápiás Intézet, Pécs

⁷Debreceni Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Biofizikai és Sejtbiológiai Intézet,

Biomatematikai Tanszék, Debrecen

⁸Debreceni Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Sebészeti Intézet, Sebészeti Műtéttani Tanszék, Debrecen

⁹Debreceni Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Interaktív Orvosi Gyakorlati Központ, Debrecen

¹⁰Szegedi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Sebészeti Műtéttani Intézet, Szeged

Az egészségügyi, orvosi szimulációs oktatás alapja, hogy klinikai szituációkat, gyakorlati feladatokat modellez szimulátorok, számítástechnikai megoldások, esetleg humán szereplők segítségével. Így az oktatott a legvalóságosabb környezetben sajátíthatja el a készségeket. A közleményben bemutatjuk a szimulációs oktatás múltját, technológiai hátterét, valamint a szimulációs oktatás jelenlegi helyzetét Magyarországon, melynek megkérdőjelezhetetlen szerepe van az egészségügyi felsőoktatásban. Számos pozitív hatása van hallgatók és oktatók számára, továbbá az intézetek számára is számtalan előnyt tartogat. Az egységek feladata, hogy hidat teremtsen az elméleti és a gyakorlati képzés között, felkészítve a hallgatókat a valódi orvosegészségügyi életpályára kihívásaira. Bár a terület több évszázada ismert módszertan az orvos- és egészségtudományi képzésben, csak a XXI. században indult jelentős fejlődésnek a technológia robbanásszerű előrehaladásának köszönhetően. Az innovatív megoldások révén egyre élethűbben lehet modellezni bonyolultabb orvosi feladatokat is. Már hazánkban is használják az oktatás során a 3D nyomtatott segédeszközöket, virtuális- és kiterjesztettvalóság-megoldásokat. A magyarországi „Skill Labor Hálózat” fejlesztése mellett a szimulációs oktatás hazai módszertanának kialakítása is megkezdődött, ennek sikerességét jelzi több, oktatást segítő kézikönyv megjelenése is. A hálózat négy egyetemi skillközpontot és 16 oktató kórházat foglal magában. A skill-laborok eddig hiányzó láncszemek voltak az elméleti és a klinikai oktatás között, melyekben magas szakmai színvonalú gyakorlati készségeket sajátíthatnak el a hallgatók mind a graduális, mind a posztgraduális képzés során. A kezdeti fejlesztések sikeresnek tekinthetők, ezt tükrözi a nagy érdeklődés, a résztvevők száma és a hallgatók pozitív visszajelzései is. Közleményünk átfogó jelleggel betekintést ad a magyarországi egészségügyi szimulációs oktatás jelenlegi helyzetébe, illetve felveti a potenciális fejlesztési irányokat, gyakorlati példákkal szemlélítve. Orv Hetil. 2020; 161(26): 1078–1087.

Kulcsszavak: szimulációs képzés, virtuális valóság, egészségügyi felsőoktatás, szimulátor, innováció

The present and the future of medical simulation education in Hungary

Simulation-based medical education aims to model clinical situations and tasks using simulators, computers or even human beings. By using this system, the students are able to learn and master technical, also non-technical skills in lifelike situations. This publication contains a historical review of simulation-based education system, and its actualities in Hungary. Simulation has an unquestionable role in medical education. It is beneficial for the students, for the teachers, and for the teaching hospitals as well, since it saves clinical equipment and reduces the human burden. Its main purpose is to establish connection between theoretical and practical competencies, preparing the students for real medical challenges. Simulation has been a known teaching method for centuries, but only the 21st century brought real breakthrough due to the sudden development of technology. As a result of the recent years' innovative

development and accepted innovative solutions, the modeling of complex medical procedures turned into more realistic. In Hungary, 3D-printed tools, virtual reality and augmented reality approaches are already adopted for education purposes. The national simulation network contains 3 universities and 16 hospitals. The initial developments are shown to be successful, as simulation-based training is progressively involved in undergraduate and post-graduate education, and the overall feedback is positive from the involved students. The evolvement of comprehensive national methodology for education has started also, by publishing reference books. This review is about the state of the national simulation education and offers development possibilities.

Keywords: simulation training, virtual reality, medical education, simulator, innovation

Bogár PZ, Tóth L, Rendeki Sz, Mátyus L, Németh N, Boros M, Nagy B, Nyitrai M, Maróti P. [The present and the future of medical simulation education in Hungary]. *Orv Hetil.* 2020; 161(26): 1078–1087.

(Beérkezett: 2020. február 14.; elfogadva: 2020. március 21.)

Rövidítések

3D = háromdimenziós; ÁEEK = Állami Egészségügyi Ellátó Központ; ALS = (advanced life support) emelt szintű újraélesztés; ÁOK = Általános Orvostudományi Kar; AR = (augmented reality) kiterjesztett valóság; BLS = (basic life support) alapszintű újraélesztés; CASE = (comprehensive anesthesia simulation environment) átfogó érzéstelenítési szimulációs környezet; DICOM = (digital imaging and communications in medicine) digitális képalkotás és kommunikáció az orvoslásban; EFOP = Emberi Erőforrás Fejlesztési Operatív Program; EKG = elektrokardiográfia; GAS = (Gainesville anesthesia simulator) Gainesville érzéstelenítésszimulátor; HEFOP = Humán erőforrás-fejlesztési Operatív Program; ILKA = Ilias Képzés Adminisztráció; KMOP = Közép-magyarországi Operatív Program; LCMS = (learning and content management system) tanulási és tartalomkezelő rendszer; ROP = Regionális Operatív Programok; SMI = Sebészeti Műtéttani Intézet; SZOTA = Szimulációs Oktatást Támogató Audiovizuális Rendszer; SZTE = Szegedi Tudományegyetem; TÁMOP = Társadalmi Megújulás Operatív Program; VR = (virtual reality) virtuális valóság

A szimulációs egészségügyi, orvosi oktatás alapja, hogy valós klinikai helyzeteket, szituációkat vagy megoldandó gyakorlati feladatokat modellez szimulátorok, oktatási eszközök, számítástechnikai megoldások, egyes esetekben pedig humán szereplők bevonásával, annak érdekében, hogy az oktatott a lehető legvalóságosabb környezetben és módon sajátíthassa el az egyes technikai vagy nem technikai készségeket [1]. Az egészségügyi felsőoktatásban napjainkban megkérdőjelezhetetlen fontosságú a szimulációs képzési forma. Számos előnyét nemzetközi tanulmányok egész sora támasztja alá [2–10]. Mind a hallgatók, mind az oktatók számára pozitív hatásokkal bír, oktatásmódszertani és -technikai szempontból egyaránt. Növeli a hallgatók biztonságérzetét, fejleszti motoros és szenzoros készségeiket, javítja térlátásukat, fejleszti kommunikációs képességeiket. Az oktatók számára lehetőséget ad az érdekes esetek megismétlésére és a standard ellátási protokollok egységes demonstrálására, moduláris oktatást tesz lehetővé, illetve az oktatási kör-

nyezet is komfortosabb a klinikai lehetőségekkel összevetve. A képzéseket megtartó intézmények számára szintén komoly potenciált tartogat, végeredményben egyes tartalmi elemek költséghatékonyabbak, biztonságosabbak – hiszen nincs szükség például steril környezetre, nem terheli a kórházi ellátási rendszer személyi és eszközállományát, valamint a páciensek biztonsága is javul a szimulációs képzésnek köszönhetően. Hazánkban is felismerték ennek fontosságát, és a 2010-es évek elején megkezdődött a szimulációs oktatási központok (skill-laborok) szervezett kialakítása, melyek központjai – több kórház és más felsőoktatási intézmény mellett – az orvosképző egyetemeken (Budapest, Debrecen, Pécs, Szeged) alakultak ki (1. táblázat).

Az egészségügyi szimulációs oktatás célja nem az, hogy helyettesítse a betegágy melletti, klinikai oktatást, hanem az, hogy hidat teremtsen az elméleti és a gyakorlati képzés között, felkészítve a hallgatókat a valódi orvosegészségügyi életpályára kihívásaira. Emellett másik alapvető feladata, hogy valódi csapatmunkára oktassa a

1. táblázat | A szimulációs oktatási forma előnyei a tradicionális oktatással szemben

Előnyök a hallgatók számára	Előnyök az oktatók számára	Előnyök az intézmények számára
A rizikómentes gyakorlás lehetősége	Ismételhető esetek	Költséghatékonyság
Ritka és magas kockázatú betegségek, esetek megismé- rése	Modularitás: graduális, posztgr- aduális szintek oktatása	Oktatásszervezési előnyök a klinikai oktatásban
Önbizalom-növelés, a stressz-szint csökkentése	Lehetőséget ad az objektív értékelésre, standardizálásra	Jelentős marketingt- ervező és hallgatóiel- gedettség-növelő hatás
Nem technikai skillek, készségek elsajátítása (kommu- nikáció, csapatmun- ka, empátia stb.)	Kényelmi szempon- tok (eszközök, kontrollált környezet stb.)	Minőségbiztosítás

résztvevőket, hiszen a betegellátás során a szakdolgozóknak és az orvosoknak közösen kell elvégezniük a mindennapi feladataikat. A szimulációs oktatási forma ezt a folyamatot már a graduális képzés során nagyban előkészíti, elősegíti. Jelentősége a posztgraduális (rezidensi, központi gyakornoki) képzésben és a szakorvos-továbbképzésben egyaránt meghatározó.

Az egészségügyi szimulációs oktatás rövid története

Az egészségügyi képzésben a szimuláció, mint módszer, több évszázados múltra tekint vissza. Amikor ez a tudományterület szóba kerül, a leginkább az alapszintű, illetve emelt szintű újraélesztés (BLS és ALS) demonstrálása merül fel bennünk. Az újraélesztés, mint folyamat, már a Bibliában is megjelenik, és a történelem során több irodalmi, művészeti alkotásban is feltűnik [11, 12]. Anatómiai modelleket, szemléltető eszközöket jóval a ma ismert oktatási eszközök megjelenése előtt készített az emberiség szerte a világon, például a XVII. században már komplett szülészeti és nőgyógyászati modelleket alkottak meg [13]. Az egészségügyi szimuláció lendületes fejlődésnek a XXI. században indulhatott, a tudomány – elsősorban a műanyagipar és a számítástechnika – rohamos fejlődésének köszönhetően [14]. Ennek eredményeképpen az egészségügyi szimulációs oktatás ma már messze túlmutat a BLS-technikák elsajátításán.

Az egészségügyi szimuláció történetének leghíresebb, újraélesztést oktató modelljét 1958-ban alkották meg [4]. A „*Resusci Anne*” tette lehetővé első ízben a költséghatékony és széles körű oktatást a cardiopulmonalis resuscitatio területén – 1960-tól rendszeresen szerveztek kurzusokat a segítségével. A modell – melynek első változata a „*Szajna Ismeretlen Asszonya*” (*L’Inconnue de la Seine*) halotti maszkja alapján készült – anatómiai pontossága, valósághűsége az évtizedek alatt sokat fejlődött [15].

Az 1960-as években megjelent az első, számítógéppel összekötött, komplex páciensszimulátor, a Sim One, mely technikai igényei és ára miatt nem tudott széleskörűen elterjedni [16]. Ez a modell már képes volt a légzés és a vérkeringés imitálására, működött a pupillája, négy különböző gyógyszert be lehetett adni neki virtuálisan, emellett két orvosi gáz (oxigén, nitrogén-oxid) érzékelésére is alkalmas volt [4].

Az akadémiai szférában is jelentős fejlesztések történtek, mint a CASE- (comprehensive anesthesia simulation environment) és a GAS- (Gainesville anesthesia simulator) rendszer [17, 18]. Mindkét fejlesztés alapvető fontosságú volt a szimulátoroknak a technológiai, valamint a szimulációs oktatásnak a metodikai fejlődésében [19]. A CASE a későbbiek során MedSim néven került piacra, míg a GAS a METI cég (Medical Education Technologies, Inc.) alapjait teremtette meg. Később ezzel mint



1. ábra

CAE METIman prehospitalis HIFI-szimulátoron intubálás, lélegeztetés demonstrálása

Forrás: Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Szimulációs Oktatási Központ, Verébi Dávid, 2016. március 1.

HIFI = magas hűségű

CAE- (Canadian Aviation Electronics, Inc.) termék találkozhattunk (1. ábra).

Az első ismert kísérletek az egészségügyi oktatás és informatika ötvözésére 1961-ben már megkezdődtek, lyukkártyás technológiával és ma kezdetlegesnek tekinthető programnyelvekkel [20]. Az 1980-as években az infokommunikációs technológia, a háromdimenziós (3D) megjelenítés rohamléptékben kezdett fejlődni. A terület fontosságát korán, már az 1990-es évek végén felismerték, főleg az invazív beavatkozások oktatása és a műtéti tervezés területén [21]. A szimulációs oktatás szorosan összefügg a „játékosítással” („gamification”), éppen ezért nem is meglepő, hogy az első ilyen „játékok” már az 1980-as években megjelentek – ezek lehetőséget adtak sebészeti beavatkozások (aortaaneurizma-műtét, vesekő-eltávolítás, vakbélgyulladás ellátása) játékos szemléletű oktatására, vizualizációjára [22, 23].

E területek fejlődésével alakult ki az egészségügyi szimulációs felsőoktatás napjainkban leginkább elfogadott nomenklatúrája, módszertana és eszközös háttere. A jelen közlemény a nemzetközi szakirodalom alapján tesz kísérletet a legfontosabb eszközök, eszközcsoportok bemutatására, a jövőben potenciálisan használható technológiák ismertetésére, összhangban a magyarországi szimulációs oktatási hálózat bemutatásával és a már rendelkezésre álló jó gyakorlatokkal. Bemutatjuk a hazai „Szimulációs Oktatási Hálózat” fejlesztési terveit, szakmai célkitűzéseit, valamint ismertetjük a szimulációs oktatást érintő, technológiai szempontú fejlesztési irányvonalakat is. Célkitűzésünk, hogy a területen hazánkban is megszilárduljon az összefogott, tudományos alapokon nyugvó, szakmailag koherens együttműködés a szimulációs oktatásban érdekelt szereplők között.

A szimulációs oktatás eszközös háttere

A szimulációs eszközök, demonstrációs megoldások technológiai szempontú csoportosítására jelenleg nincs egységes, nemzetközi klasszifikáció. A legtöbbször hivatkozott, *David Gaba* által javasolt felosztás az eszközök, technológiák csoportosítására a következő [24]:

1) *Szóbeli szerepjáték*: szituációk eljátszása kötetlen formában.

2) *Standardizált beteg*: színészek, akik meghatározott lépések szerint szimulálnak egy tünetegyüttest.

3) *Részfeladat-szimulátor*: feladat, intervenció, diagnosztikus lépés elvégzésére szolgáló eszköz (például reális digitális vizsgálat szimulátora).

4) *Digitalizált beteg*: a páciens kezdeti paraméterei, kórtörténete, a diagnosztikai és intervenciók lépések szoftver segítségével adhatók meg. Kiegészülhet fizikai szimulátorokkal, virtuális valóságon (VR) és kiterjesztett valóságon (AR) alapuló eszközökkel.

5) *Elektronikus páciens*: hardveres és szoftveres elemeket is tartalmazó szimulátor. Lehet VR- és AR-alapú is.

Guillaume Alinier egy másik csoportosítást javasolt [25], ezt a 2. táblázat foglalja össze.

A magyar nyelvű szakirodalomban jelenleg viszonylag kevés publikáció áll rendelkezésre, ezért a tudományterület hazai népszerűsítése graduális és posztgraduális szinten is elengedhetetlen – ez egyben a közelmúltban megalakult Magyar Egészségügyi Szimulációs Társaság egyik alapvető célkitűzése [26–29].

2. táblázat | Az egészségügyi szimulátorok, technológiák *Guillaume Alinier* által javasolt, technológiai szempontú felosztása. Átvéve, fordítva: [25, 29]

A szimuláció technológiai szintje	0. szint	1. szint	2. szint	3. szint	4. szint	5. szint
Szimulációs technika, technológia	Írásbeli szimuláció (toll-papír), páciensmenedzsment-probléma, képek	3D modell, szemléltetőeszköz, alacsony hűségű szimulátorok, részfeladat-szimulátor	„Képernyőalapú” szimulátorok: szimulációs szoftverek, videók, digitális adathordozók, VR-megoldások	Standardizált páciensszimuláció: valós páciens vagy „betegszínészek”, szerepjáték	Emelt szintű páciensszimulátorok: számítógépezérelt, programozható eszközök, általában teljes testtel	Interaktív páciensszimulátorok: számítógépezérelt, teljes alakos, interaktív szimulátorok („HIFI-” – magas hűségű – szimulátorok)
A kivitelezés módja szerint	Hallgatóközpontú	Hallgató- vagy oktatóközpontú	Hallgató- vagy oktatóközpontú	Hallgató- vagy oktatóközpontú	A leginkább oktatóközpontú	A leginkább hallgatóközpontú
Fejlesztendő készségek	Passzív, kognitív	Pszichomotoros	Interaktív, kognitív	Pszichomotoros, kognitív, interperszonális	Pszichomotoros, kognitív, interperszonális	Pszichomotoros, kognitív, interperszonális
Szükséges infrastruktúra	Tanterem	Tanterem vagy klinikai oktatóterem	Tanterem vagy multimédiás/számítógép terem	Szenáriótól függő	Skill-labor vagy szimulált kórházi körülmények	Szimulációs központ valós berendezésekkel, audiovizuális rendszerrel
A leggyakoribb oktatási cél	Páciensmenedzsment-oktatás, diagnosztika	Demonstráció, gyakorlati készségek	Kognitív készségek, páciensmenedzsment, interperszonális készségek	A 2. szint kiegészítve: fizikális vizsgálat, diagnosztika	A 3. szint kiegészítve: intervenciók lépések, teljes egészségügyi ellátás	A 4. szinttel azonos
Hátrányok	Nem valóság-hű, nincs közvetlen visszacsatolás	Limitált számú oktatható, kevés az interaktivitás hiánya	Nem valóság-hű környezet, szoftverek ismeretének hiánya, számítógépes igények	Csak kis létszámú hallgató, nem lehet intervenciót végezni (kivéve, ha kiegészül fizikai trénerrel), felkészült páciensek	Programozás szükségessége, eszközök, szoftverek ismerete, szükséges lehet páciensmonitor alkalmazása	Költség (főleg a környezet és a szimulátor), több eszköz szükséges, eszközök ismerete, általában nem mobilizálható
Előnyök	Költséghatékony, kevesebb oktatóval is megvalósítható	Mobil eszközök elérhetők, kevés oktató szükséges, csökkenti a páciens diszkomfortját	Viszonylag költséghatékony, kis létszámú oktató is elég, az öntanulás, önképzés lehetősége, azonnali visszacsatolás szoftver által	Nagyon magas valóság-hűség, alapvető fontosságú a kommunikációs készségekhez, multiprofessionális gyakorlatok	Magas valóság-hűség, a készségek széles köre oktatható, a hallgatók teljesítménye rögzíthető, multiprofessionális gyakorlatok	Valóság-hű élmény, a készségek széles köre oktatható, a hallgatók teljesítménye rögzíthető, multiprofessionális gyakorlatok, valós klinikai eszközökkel kiegészíthető

3D = háromdimenziós; HIFI = magas hűségű; VR = virtuális valóság

Innovatív megoldások az egészségügyi szimulációban

Az oktatásmódszertani és -technikai fejlesztések számos új megoldást kínálnak, melyek az egészségügyi szimulációs oktatásban is megjelennek. A széleskörűen vizsgált és jelentős oktatásmódszertani eredményeket ígérő technológiák közé tartozik a 3D nyomtatás, a VR-, valamint az AR-alapú megoldások, melyekkel szinte minden nagyobb szimulációs oktatási központban találkozhatunk.

A VR és az AR a köztudatban szinonimaként szerepelnek, de a két fogalom nem ekvivalens. Míg a VR-technológiák célja a valóság megváltoztatása, a felhasználó új valóságba helyezése, addig az AR-technológiák hozzáadnak különböző tartalmakat a felhasználó által észlelt valósághoz.

A 3D nyomtatási és más, additív gyártástechnológiák ma már az élet szinte minden területén jelen vannak, legyen szó háztartási vagy ipari felhasználásról, de egyre gyakrabban találkozhatunk velük az egészségügyi ellátásban és felsőoktatásban is [30].

A hazai egyetemeken már rendelkezésre álló 3D nyomtatási és vizualizációs kapacitások is nagyban segíthetik a szimulációs központok működését. Oktatási célú, virtuális 3D modellek készítésével digitális oktatási tartalmak (melyek akár hagyományos, akár AR/VR eszközökön megjeleníthetők) és fizikai modellek egyaránt fejleszthetők. Ezek jellemzően 'open-source', szabad hozzáférésű modellekből származnak, de képzőművészeti eszközök DICOM-állományából is szegmentálhatók. A 3D nyomtatási technológiák emellett sok esetben kiválóan alkalmazhatók a szimulátorok cserélhető és fogyó alkatrészeinek pótlására is. Jól használhatók az anatómiai ok-

tatásban, májsebészeti oktató- és tervezőeszközök készítésében, de akár magas hőmérsékletű szívsebészeti modellek készítésében [31–34]. Hazánkban is sikeresen alkottak meg modelleket ezen eljárás segítségével, többek között az intraossealis folyadékpótlás oktatására. E lehetőségek szélesebb körű elterjedésének elengedhetetlen feltétele a megfelelő interdiszciplináris kutató- és fejlesztőcsoportok jelenléte, elsősorban az orvostudományi és műszaki területekről. Fontos tényező emellett a fejlesztést végző egységek (a 3D központok és skillközpontok) közötti szoros szakmai együttműködés.

A VR az ember-gép kapcsolatoknak olyan típusa, amely lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy a valós teret és érzékelést kiegészítse és/vagy helyettesítse a számítógép által generált vizuális, audiovizuális vagy taktilis információkkal [35, 36]. Ez korunk egyik legdinamikusabban fejlődő műszaki irányvonala. Az ellátás területén a leginkább a rehabilitációban és a pszichológia, pszichiátria területén terjedt el. Az egészségügyi szakdolgozók és orvosok képzésében több aspektusával is találkozhatunk. Az egyszerűbb megoldások videójátékhoz hasonló szoftverek, amikor a felhasználó egy számítógép segítségével kerül a virtuális térbe, és ott 3D modellek segítségével tanul. Ennek egyik példája az anatómiai oktatás vagy orvosi eszközök (például altatógépek, ultrahang) kezelésének oktatása virtuális környezetben [37]. A VR-környezet kiegészíthető haptikus (erő-visszacsatolásos) eszközökkel, ekkor a taktilis visszajelzés is megvalósul [38]. Ezt általában komplexebb szimulátorok esetében, például laparoszkópos, endoszkópos trénerknél alkalmazzák, ahol a modellezett műtét során a tanuló a valóságnak megfelelően „érzi” az egyes struktúrákat (2. ábra) [39, 40]. Más felhasználási területen haptikus kesztyűket



2. ábra

VR-alapú laparoszkópos és UH-szimulátoron májultrahang és az epehólyag eltávolításának szimulációja

Forrás: Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Szimulációs Oktatási Központ, 2020. január 16.

UH = ultrahang; VR = virtuális valóság

alkalmaznak, melyek a fizikális vizsgálatok oktatását teszik valóságosabbá [38].

Az AR-alapú technológiai megoldások leglényegesebb jellemzője, hogy a valós fizikai teret módosítják számítógép által generált elemekkel, így segítve egyes folyamatok, struktúrák bemutatását [41]. A fő különbség a VR-rel szemben, hogy az AR-technológiák önmagukban képesek valós videók, 3D modellek és képek megjelenítésére, akár szerkesztetlen, akár annotált (jelölt) formában [42]. A megjelenítési oldalon AR-szemüvegekkel találkozhatunk, mely a felhasználó számára „odavetíti” az adott 3D tartalmat, de léteznek okostelefont is alkalmazó szoftverek. Az AR-t egyre szélesebb körben használják az egészségügyi szimulációs oktatásban, és egyre több prototípusról és fejlesztésről beszélhetünk [43, 44]. Leginkább a sebészeti és az anatómiai oktatás, illetve a képalkotási módszerek elsajátítása során találkozhatunk velük [45, 46].

Az oktatást segítő rendszerek a szimulációs oktatási központokban

A szimulációs oktatási központok jelentős hányada rendelkezik az oktatást támogató informatikai rendszerrel. Az egyszerűbb esetekben ezek a belső informatikai hálózat kialakítását jelentik, sok helyen találkozhatunk azonban komplett audiovizuális rendszerrel és 'e-learning' tananyagot kezelő rendszerrel.

Az LCMS-ek (learning and content management system) az oktatási tevékenységet támogatják azáltal, hogy lehetőséget adnak tananyagok kezelésére, szerkesztésére, emellett teljes oktatási tematikák átadására és ezek számonkérésére is alkalmasak lehetnek. Egyes szoftverek az oktatói munka véleményezésére is alkalmas (feedback), minőségbiztosítási funkciót is tartalmaznak. Az országos Skill Labor Hálózatban ezt a feladatot az Ilias Képzés Adminisztráció (ILKA – egyedi, az ÁEEK által fejlesztett rendszer) látja el, a kórházi rendszerekkel összhangban.

Az audiovizuális rendszer egy skill-labor esetében telepített vagy áthelyezhető kamerából, illetve az ezeket kezelő szoftverből és szerverből áll. A rendszer alkalmas a szimulációk rögzítésére, az elkészült videók szerkesztésére, visszajátzására; az esetmegbeszélések során és a kommunikációs skillek oktatásakor alapvető fontossággal bír. A rendszerek a kiindulópontjai lehetnek a digitális tananyagfejlesztésnek és tartalomgyártásnak is. A hazai szimulációs oktatási rendszerben ezt a SZOTA (Szimulációs Oktatást Támogató Audiovizuális Rendszer) támogatja (az országos Skill Labor Hálózatban: CAE Learning Space™).

Magyarország szimulációs oktatási hálózata

Az országos szintű EFOP-4.2.1. (EFOP-4.2.1-16-2017-00008. számú) és EFOP-4.2.2. (EFOP-4.2.2.-16-2017-00001. számú, „Skill laborok fejlesztése” című)

pályázati konstrukciónak köszönhetően a magyarországi egészségügyi szimulációs oktatás soha nem látott mértékű fejlesztésen eshetett át. Az infrastrukturális, a személyi és az eszközállományt tekintve jelentős beruházások történtek, melyek megalapozták egy országos, átfogó szakmai, oktatási hálózat kialakítását. Célkitűzés volt az egészségügyi felsőoktatásban tanulók, illetve az ellátórendszerben dolgozók hosszú távú és folyamatos készségfejlesztésének biztosítása, ezáltal pedig a megbízhatóság, valamint a népességszintű egészségnyeresség növelése.

Az országos szimulációs hálózat alapkonceptiója az orvosképző egyetemeken létrehozott skillközpontok köré szerveződő, megyei oktató kórházi skill-laborok megalapítása volt. A budapesti képzési helyeket – tekintettel arra, hogy nem konvergenciaregióba tartoznak – ez a fejlesztés nem érintette ebben a ciklusban. Az egyetemi központokban mind a graduális, mind a posztgraduális készségek teljes körű oktatása, illetve egyetemenként úgynevezett speciális képzési portfólió létrehozása is a szakmai program tartalmát képezte. Ezzel szemben az oktató kórházakban domináns az alapvető orvosi ismeretek, illetve szakdolgozói készségek oktatása. Ez a bontás az eszközök és a képzések kapcsán egyaránt nyomon követhető (3. táblázat).

A hazai szimulációs oktatást biztosító intézményekben az oktatói háttérrel elsősorban az egyetemek alkalmazásában álló, betegellátást végző klinikai szakemberek biztosítják, míg a kisebb kórházi centrumok esetében az ellátóintézmények szakemberei. A teljes állású oktatói státuszok Magyarországon nem jellemzők. Ez a trend összhangban van a nemzetközi gyakorlattal, bár a nagyobb központok esetében előfordulhat, hogy minimális létszámú saját oktatói bázis rendelkezésre áll. Az oktató kórházi szimulációs tevékenységet hazánkban az egyete-

3. táblázat | Az EFOP-4.2.1. (EFOP-4.2.1-16-2017-00008.) és EFOP-4.2.2. (EFOP-4.2.2.-16-2017-00001. sz. „Skill laborok fejlesztése”) számú pályázati konstrukció során kialakított szimulációs oktatási hálózat

Egyetemi központok	Oktató kórházak
1. Debrecen	15. Tatabánya 16. Salgótarján 17. Eger 18. Miskolc 19. Nyíregyháza
2. Pécs	4. Szombathely 5. Zalaegerszeg 6. Győr 7. Kaposvár 8. Veszprém 9. Szekszárd
3. Szeged	10. Székesfehérvár 11. Kecskemét 12. Szolnok 13. Hódmezővásárhely 14. Békéscsaba

EFOP = Emberi Erőforrás Fejlesztési Operatív Program

mi központok szakértői segítik, támogatják mind módszertani, mind technológiai szempontból.

A skillalapú oktatás helye a curriculumban országosan nagyjából egységes képet mutat graduális szinten. Az alapoó képzésben jellemzően az ápolástani ismeretek, valamint az elsősegéllyel (BLS) kapcsolatos készségek jelennek meg, egyes esetekben elméleti ismeretek gyakorlati bemutatása mellett (például biofizika – ultrahang vagy EKG demonstrációja). A preklinikai modulban a műtéttani oktatásban szerepel hangsúlyosan a szimuláció, míg a klinikai képzésben számos helyen megjelenik. A rendelkezésre álló eszközpark alapján az egyetemeken főleg a szülészet-nőgyógyászat, az általános sebészet, az urológia, a fül-orr-gégészet, az aneszteziológia és intenzív terápia, valamint az oxiológia oktatását tudják támogatni graduális szinten. A posztgraduális képzési portfólióban szintén teret nyert a skillképzés, itt azonban az egyes központok erősségei jelennek meg inkább. Fontos eredmény, hogy a szakképzési programok közül a sebészet törzsképzési programjában egy hónapos skilltréning előírásra került. A számonkérések rendszere szintén helyi sajátosságokat követ: van, ahol az adott kurzusba integráltan, van, ahol külön vizsgarészként jelenik meg, közös jellemző azonban, hogy sok esetben bevonja a központokba telepített audiovizuális rendszert (debriefing, minőségbiztosítás). Ezek a rendszerek nemcsak a vizsgáztatásban, hanem a tananyagszerkesztésben is segítséget nyújtanak, például oktatóvideók elkészítése során. A digitális tananyagok mellett egyre inkább megjelennek fizikai modellek fejlesztését is célzó projektek, erre jó gyakorlat lehet a 3D nyomtatási technológiák megjelenése Budapesten, Debrecenben, Pécsen és Szegeden egyaránt.

Az orvosképző egyetemek közötti szakmai konzultáció sikeresen megkezdődött egy egységesebb, szakmailag koherens skillképzési rendszer kialakítása érdekében. Ebben segítség volt az EFOP-4.2.2. számú pályázatban létrejött tananyag (Módszertani kézikönyv skill képzésekhez), valamint a képzők képzését biztosító, BLS-készségeket oktató 4 lépcsős módszer országos szintű bevezetése [47, 48]. A részletek kidolgozása, a megfelelő grémiumok megszólítása azonban még nem történt meg teljes egészében – ennek legfőbb nehezítő tényezője a szakterület viszonylagos újdonsága, a leginkább a fejlesztések vonatkozásában. Fontos, hogy a szimulációs oktatás módszertani előnyei, a technológia nyújtotta lehetőségek még szélesebb körben bemutatásra és elfogadásra kerülhessenek. E lépések esszenciálisak a megfelelő képzési szintekhez és követelményekhez alkalmazkodó, szakmailag hiteles curriculum kialakításához.

Az országosan kialakított infrastruktúra lehetővé teszi az általános orvosi gyakorlatban fontos beavatkozások szimulációs alapú gyakorlását és számonkérését, valamint széles körű oktatástechnikai modellek és magas hűségű páciensszimulátorok, ultrahang- és laparoszkópszimulátorok, orvostechnikai eszközök állnak rendelkezésre az egyes diszciplínákra jellemző speciális beavatkozások szimulálására.

Az egyetemi központokban meghatározásra került az a szakmai tartalom, amely egyfajta speciális szakterületként jelenik meg mind az infrastruktúra, mind a szimulátorok és a szakemberek szintjén.

Debreceni Egyetem

A Debreceni Egyetem ÁOK skilloklatást nyújtó két szervezeti egysége a Sebészeti Műtéttani Tanszék és az Interaktív Orvosi Gyakorlati Központ, mely 2012-ben nyitotta meg kapuit.

A Sebészeti Műtéttani Tanszéken a kutatómunka mellett a sebészeti alapkészségek, sebészeti műtéttani, mikrosebészeti és laparoszkópos sebészeti technikák oktatása történik, emellett speciális tréningekre nyújt lehetőséget több diszciplína számára oktatóműtők elérhetőségével.

Az Interaktív Orvosi Gyakorlati Központ a Kar egyik szolgáltató (oktatást szolgáló) szervezeti egysége, amely helyet és eszközt biztosít az egyetem intézeteiben zajló gyakorlati oktatáshoz, valamint szakdolgozók és oktatók továbbképzéséhez, hazai és nemzetközi kurzusok lebonyolításához. Speciális szakterületként megjelenik a mikrosebészet és a laparoszkópos sebészet, valamint a szemsebészeti szimulátornak köszönhetően a szemészeti szakképzésbe is bevonható a szimulációs oktatás. Jelentős infrastruktúra- és eszközparkbővítés valósult és valósul meg az EFOP-4.2.1-16-2017-00015. számú, „A Debreceni Egyetem felsőoktatási infrastruktúra fejlesztése a gyakorlati és szakmai képzés megújítása érdekében” című és az EFOP-4.2.2-16-2017-00001. számú, „Skill laborok fejlesztése” című elnyert pályázatok keretein belül. Megújulnak az oktatótermek és a gyakorló-műtők, jelentősen bővül az épületek alapterülete, új szimulációs termekkel gazdagodva.

Pécsi Tudományegyetem

A „MediSkillsLab” 2016. március 1-jén kezdte meg működését. A létesítmény sikerességét jól mutatja, hogy 2017 óta átlagosan 1500, 45 perces foglalkozás megtartására került sor minden félévben. Az EFOP-4.2.2. és 4.2.1. számú pályázatoknak köszönhetően a MediSkillsLab is jelentős fejlesztéseken esik át. A pécsi fejlesztés homlokterében a műveleti medicina koncepciója áll, melynek célja, hogy a műveleti területen dolgozó szakemberek (tűzoltók, katasztrófavédők, rendőrök, katonák stb.) részére nyújtson szakszerű ismereteket az első vonalbeli ellátásról. A koncepció következő lépése az akut ellátást követően a sürgős, klinikai beavatkozások gyakorlása, melyhez egy teljesen felszerelt tanműtő fog rendelkezésre állni, ahol kadáverműtétek elvégzésére, új orvostechnológiai eszközök preklinikai tesztelésére is lehetőség lesz. Egy komplett VR/AR tanterem berendezésére is sor kerül, melynek során a piacon elérhető, aktuálisan legmodernebb VR/AR eszközök beszerzése valósul meg. A fejlesztés magában foglalja a fogorvosi

szimulációs kapacitások kidolgozását és létrehozását is, biztosítva a kezdetekben megálmodott interdiszciplináris szemléletmódot.

Semmelweis Egyetem

Hazánk orvostudományában a legnagyobb részt vállaló egyetem már a fentebb részletezett pályázati konstrukció előtt kialakította impozáns szimulációs infrastruktúráját. A Skill Centrum (KMOP-4.2.1/B-10-2011-0010. számú) pályázatot 2011-ben nyerte el a Semmelweis Egyetem; az Ernő utcai Semmelweis Szimulációs Központ átadására 2013-ban került sor, majd további 15 intézetben valósultak meg fejlesztések a projekt keretein belül. Fontos eleme volt a fejlesztéseknek egy audiovizuális rendszer kiépítése – mely az országban úttörőnek is tekinthető –, ez összeköti a vizsgálokat, műtőket az előadótermekkel. Ennek köszönhetően nagyobb hallgatóság előtt lehet interaktív, gyakorlatias oktatást végezni anélkül, hogy az a műtéti sterilítást veszélyeztetné. Az aneszteziológia és intenzív terápia, illetve az oxiológia jelenik meg hangsúlyos posztgraduális szakmai tartalomként, s ennek köszönhetően jól integrálható a szimulációs oktatás e diszciplinák szakképzési programjaiban.

Szegedi Tudományegyetem

A szegedi Általános Orvostudományi Karon 2006. szeptember 20-án került átadásra az ország első skillközpontja a „Gyakorlati Képzés és Készségfejlesztés az Egészségügyi Felsőoktatásban” ROP-projekt támogatásával, mely a Sebészeti Műtéttani Intézet (SMI) infrastruktúráján alapult. A fejlesztés számszerűsíthető eredményeiről 2005-ben számoltak be a szakterület első nemzetközi kongresszusán [49]. Az SMI által koordinált országos HEFOP-pályázattal a minimálisan invazív sebészeti szimuláció is lehetővé vált, majd szerkesztésükkel megjelentek az első hazai egyetemi „skills” tankönyvek magyar és angol nyelven [50–52].

A SZTE Orvosi Készségfejlesztési Központ („Szeged Skills”) átadása 2013-ban történt; a tanórak száma folyamatosan emelkedett a jelenlegi átlagosan évi 2500 hallgató 1800 oktatási óraszámig. A Központ A Részlegének fő profilja ma elsősorban a sürgősségi medicina, az itt rendelkezésre álló infrastruktúra (köztük egy mentőautó-szimulátor) biztosítja az oktatási hátteret a diszciplinák számára. 2018 végén nyitotta meg kapuit a „Szeged Skills” B Részlege, további távlatokat nyitva. A Mikrosebészeti Oktató Központ mellett átadásra került két teljesen felszerelt szimulációs műtőblokk, szülészet-nőgyógyászati, sebészeti-intenzív terápiás, szakápolási és képalkotó-diagnosztikus gyakorlótermek. A speciális szakterületként megjelenő mikrosebészet jól integrálható az érsebészeti és az idegsebészeti rezidensképzésbe és szinten tartó szakvizsgaképzésekbe is.

Megbeszélés

A hazai orvosegészségügyi szimulációs oktatás jelentős fejlesztéseken esett át az elmúlt években, elsősorban eszközös és infrastrukturális szempontból. Országsszerte sikeresen kialakításra kerültek egyszerűbb szemináriumi termek, demonstrációs egységek („dry lab”), kialakítás alatt állnak kisállat- és cadaver-műtők („wet lab”) és kiszolgálófacilitások, mint például az esetmegbeszélő (debriefing) vagy megfigyelő- (observer) termek. A telepített eszközpark jelentős, az egyes technikai és nem technikai készségek széles palettája oktatható. Az oktatást támogató informatikai rendszerek kiépítése sikeresen megkezdődött, illetve az innovatív oktatási elemek az egyetemeken megjelentek. Az országos hálózat sikeres működését azonban csak a megfelelő szakemberálmány tudja hosszú távon biztosítani, így kiemelten fontos a folyamatos, szakszerű képzési programok szervezése, a szimulációs egységek tartalmi fejlesztése, az utánpótlás minél korábbi bevonása és a jó gyakorlatok, innovatív megoldások átgondolt, tervezett implementálása.

Anyagi támogatás: A közlemény megírása és a kapcsolódó kutatómunka anyagi támogatásban külön nem részesült. A közleményben bemutatott hálózat eszközparkjának és rendszerének kiépítése az EFOP-4.2.1-16-2017-00008. számú, „Pécsi Tudományegyetem infrastrukturális fejlesztése” című, EFOP-4.2.2.-16-2017-00001. számú, „Skill laborok fejlesztése” pályázatok, a Pécsi Tudományegyetem „Tématerületei Kiválósági Program 2019 – Biomedical Engineering Projekt” keretében belül valósul meg (TUDFO/51757-1/2019-ITM), melyekből R. Sz., N. N., B. M., N. B., M. P. a projekt szakmai megvalósításáért anyagi juttatásban részesült. Az országos fejlesztés megvalósulásában segítettek a TÁMOP-4.1.1/A-10/1KONV-2010-0016. számú „Munkaerőpiaci alkalmazkodás, gyakorlati képzőhelyek, intézményirányítás és hallgatói-oktatói szolgáltatások fejlesztése a Debreceni Egyetemen”, a TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0084. számú „Gyakorlati kompetenciák elsajátítását szolgáló, szimulációs modelleken alapuló, interaktív audiovizuális eszközökkel támogatott oktatási tananyagok fejlesztése az orvostudományban”, az EFOP-4.2.1-16-2017-00015. számú „A Debreceni Egyetem felsőoktatási infrastruktúra fejlesztése a gyakorlati és szakmai képzés megújítása érdekében”, továbbá az EFOP-4.2.2-16-2017-00001. számú „Skill laborok fejlesztése” elnevezésű pályázatok.

Szerzői munkamegosztás: B. P. Z.: Irodalomkutatás, a kézirat szövegeztése. T. L.: Irodalomkutatás, a kézirat szövegeztése. R. Sz., N. N., B. M.: A kézirat szakmai véleményezése, közreműködés a szimulációs hálózat kialakításában. N. B., Ny. M.: A kézirat szakmai véleménye-

zése. M. L.: Irodalomkutatás, a kézirat szakmai véleményezése. M. P.: Irodalomkutatás, a kézirat szövegezése, a kézirat szakmai véleményezése, közreműködés a szimulációs hálózat kialakításában.

Érdekltségek: A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton mondunk köszönetet a magyar államnak és az Európai Uniónak a magyarországi egészségügyi szimulációs oktatás, ezáltal pedig az orvos- és egészségügyi szakdolgozók képzésének kiemelt fejlesztéséért. Köszönet illeti az Állami Egészségügyi Ellátó Központot, hogy a hazai hálózatosodást érintő fejlesztés koordinátoraként, konzorciumvezetőjeként a munkálatokat lehetővé tette. Külön hálával tartozunk a hazai egészségügyi szimulációs oktatás támogatásáért, szakértői tevékenységéért a következő személyeknek: dr. Kovács Rita, dr. Horváth Kitti, dr. Hamar Attila, dr. Dénes Tamás, dr. Fritőz Gábor és Takács Laura.

Irodalom

- [1] Al-Elq AH. Simulation-based medical teaching and learning. *J Family Community Med.* 2010; 17: 35–40.
- [2] Issenberg SB, McGaghie WC, Hart IR, et al. Simulation technology for health care professional skills training and assessment. *JAMA* 1999; 282: 861–866.
- [3] Jeffries PR. A framework for designing, implementing, and evaluating simulations used as teaching strategies in nursing. *Nurs Educ Perspect.* 2005; 26: 96–103.
- [4] Bradley P. The history of simulation in medical education and possible future directions. *Med Educ.* 2006; 40: 254–262.
- [5] Ker J, Mole L, Bradley P. Early introduction to interprofessional learning: a simulated ward environment. *Med Educ.* 2003; 37: 248–255.
- [6] Kuznar KA. Associate degree nursing students' perceptions of learning using a high-fidelity human patient simulator. *Teach Learn Nurs.* 2007; 2: 46–52.
- [7] Schiavenato M. Reevaluating simulation in nursing education: beyond the human patient simulator. *J Nurs Educ.* 2009; 48: 388–394.
- [8] Brewer EP. Successful techniques for using human patient simulation in nursing education. *J Nurs Scholarsh.* 2011; 43: 311–317.
- [9] Ganley BJ, Linnard-Palmer L. Academic safety during nursing simulation: perceptions of nursing students and faculty. *Clin Simulation Nurs.* 2012; 8: e49–e57.
- [10] Mompoin-Williams D, Brooks A, Lee L, et al. Using high-fidelity simulation to prepare advanced practice nursing students. *Clin Simulation Nurs.* 2014; 10: e5–e10.
- [11] Paraskos JA. Biblical accounts of resuscitation. *J Hist Med Allied Sci.* 1992; 47: 310–321.
- [12] Harris SB. The society for the recovery of persons apparently dead. *Skeptic* 1992; 1: 24–31.
- [13] Owen H. Early use of simulation in medical education. *Simul Healthc.* 2012; 7: 102–116.
- [14] Rosen KR. The history of medical simulation. *J Crit Care* 2008; 23: 157–166.
- [15] Johnson DB. "L'Inconnue de la Seine" and Nabokov's Naiads. *Comp Lit.* 1992; 28: 224.
- [16] Abrahamson S, Denson JS, Wolf RM. Effectiveness of a simulator in training anesthesiology residents. 1969. *Qual Saf Health Care* 2004; 13: 395–397.
- [17] Gaba DM, DeAnda A. A comprehensive anesthesia simulation environment: re-creating the operating room for research and training. *Anesthesiology* 1988; 69: 387–394.
- [18] Good ML, Gravenstein JS. Anesthesia simulators and training devices. *Int Anesthesiol Clin.* 1989; 27: 161–168.
- [19] Cooper JB, Taqueti VR. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Postgrad Med J.* 2008; 84: 563–570.
- [20] Piemme TE. Computer-assisted learning and evaluation in medicine. *JAMA* 1988; 260: 367–372.
- [21] Gross MH. Computer graphics in medicine: from visualization to surgery simulation. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics* 1998; 32: 53–56.
- [22] Vogel JJ, Vogel DS, Cannon-Bowers J, et al. Computer gaming and interactive simulations for learning: a meta-analysis. *J Educ Comput Res.* 2006; 34: 229–243.
- [23] Kerfoot BP, Kissane N. The use of gamification to boost residents' engagement in simulation training. *JAMA Surg.* 2014; 149: 1208–1209.
- [24] Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Qual Saf Health Care* 2004; 13(Suppl 1): i2–i10.
- [25] Alinier G. A typology of educationally focused medical simulation tools. *Med Teach.* 2007; 29: e243–e250.
- [26] Koppán Á, Eklcsné Lepénye K, Halász R, et al. Actor as a simulated patient in medical education at the University of Pécs. [A színész mint szimulált páciens az oktatásban a Pécsi Tudományegyetemen.] *Orv Hetil.* 2017; 158: 1022–1027. [Hungarian]
- [27] Csóka M, Deutsch T. Innovative education: introduction of clinical simulation-based training at the Faculty of Health Sciences, Semmelweis University, Hungary. [A jövő útja: szimulátoros gyakorlati oktatás a Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Karán.] *Orv Hetil.* 2011; 152: 27–33. [Hungarian]
- [28] Borján E, Mészáros J, Rigó J Jr. Use of high-fidelity simulators for students' evaluation. [Valóságú páciensszimulátorok alkalmazása a hallgatói teljesítmény értékelésében.] *Orv Hetil.* 2015; 156: 1335–1340. [Hungarian]
- [29] Borján EGy. Use of high-fidelity simulators in healthcare education. Doctoral thesis. [A magas hűségű (high-fidelity) szimulátorok alkalmazása az egészségügyi szakemberek képzésében. Doktori értekezés.] Semmelweis Egyetem, Patológiai Tudományok Doktori Iskola, Budapest, 2015. [Hungarian]
- [30] Rengier F, Mehndiratta A, von Tengg-Kobligk H, et al. 3D printing based on imaging data: review of medical applications. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2010; 5: 335–341.
- [31] Lim KH, Loo ZY, Goldie SJ, et al. Use of 3D printed models in medical education: a randomized control trial comparing 3D prints *versus* cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. *Anat Sci Educ.* 2016; 9: 213–221.
- [32] McMenamin PG, Quayle MR, McHenry CR, et al. The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. *Anat Sci Educ.* 2014; 7: 479–486.
- [33] Zein NN, Hanounch IA, Bishop PD, et al. Three-dimensional print of a liver for preoperative planning in living donor liver transplantation. *Liver Transpl.* 2013; 19: 1304–1310.
- [34] Costello JP, Olivieri LJ, Krieger A, et al. Utilizing three-dimensional printing technology to assess the feasibility of high-fidelity synthetic ventricular septal defect models for simulation in medical education. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2014; 5: 421–426.
- [35] Steuer J. Defining virtual reality: dimensions determining telepresence. *J Commun.* 1992; 42: 73–93.
- [36] Laver KE, George S, Thomas S, et al. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Stroke* 2012; 43: e20–e21.
- [37] Nicholson DT, Chalk C, Funnell WR, et al. Can virtual reality improve anatomy education? A randomised controlled study of a computer-generated three-dimensional anatomical ear model. *Med Educ.* 2006; 40: 1081–1087.
- [38] Ullrich S, Kuhlen T. Haptic palpation for medical simulation in virtual environments. *IEEE Trans Vis Comput Graph.* 2012; 18: 617–625.

- [39] Panait L, Akkary E, Bell RL, et al. The role of haptic feedback in laparoscopic simulation training. *J Surg Res.* 2009; 156: 312–316.
- [40] van der Meijden OA, Schijven MP. The value of haptic feedback in conventional and robot-assisted minimal invasive surgery and virtual reality training: a current review. *Surg Endosc.* 2009; 23: 1180–1190.
- [41] Wu HK, Lee SW, Chang HY, et al. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Comput Educ.* 2013; 62: 41–49.
- [42] Shuhaiber JH. Augmented reality in surgery. *Arch Surg.* 2004; 139: 170–174.
- [43] Kamphuis C, Barsom E, Schijven M, et al. Augmented reality in medical education? *Perspect Med Educ.* 2014; 3: 300–311.
- [44] Zhu E, Hadadgar A, Masiello I, et al. Augmented reality in healthcare education: an integrative review. *Peer J.* 2014; 2: e469.
- [45] Marescaux J, Rubino F, Arenas M, et al. Augmented-reality-assisted laparoscopic adrenalectomy. *JAMA* 2004; 292: 2214–2215.
- [46] Herron J. Augmented reality in medical education and training. *J Electron Resour Med Libr.* 2016; 13: 51–55.
- [47] Herrmann-Werner A, Nikendei C, Keifenheim K, et al. “Best Practice” skills lab training vs. a “see one, do one” approach in undergraduate medical education: an RCT on students’ long-term ability to perform procedural clinical skills. *PLoS ONE* 2013; 8: e76354.
- [48] Dénes T, Hamar A, Horváth K, et al. (eds.) Methodological references for skill training. [Módszertani kézikönyv skill képzésekhez.] Állami Egészségügyi Ellátó Központ, Budapest, 2019. [Hungarian]
- [49] Boros B, Kaszaki J, Szabó A, et al. The teaching of practical skills to undergraduate medical students in Hungary. In: *Proceedings of the First International Clinical Skills Conference, Prato, 2005*; pp. 218–219.
- [50] Boros M. (ed.) Practical skills syllabus. Innovariant Ltd., Szeged, 2007.
- [51] Boros M. (ed.) Monitoring in medical practice – basic medical skills. [Orvostechnika és monitorozás. Gyakorlati orvosi alapismeretek.] Medicina Könyvkiadó, Budapest, 2013. [Hungarian]
- [52] Boros M. (ed.) Monitoring in medical practice – basic medical skills – textbook for medical students. Innovariant Ltd., Szeged, 2007.

(Maróti Péter dr.,
Pécs, Szigeti út 2., 7624
e-mail: peter.maroti@aok.pte.hu)

„lucundum nihil est nisi quod reficit varietas.”
(Semmi sem esik jól, amit nem üdít fel a változatosság.)