

A laparoszkópos készségfejlesztés eszközei – elérhető trénerek és szimulátorok

Jaksa László¹ ■ Haidegger Tamás¹ ■ Galambos Péter¹ ■ Kiss Rita²

¹Óbudai Egyetem, Bejczy Antal iRobottechnikai Központ, Budapest

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék, Budapest

A laparoszkópos technika napjainkra a sebészeti gyakorlatban széles körben elterjedt hazánkban is, azonban hatékony és etikus oktatása komplex szimulációs eszköztárat igényel. Ezek az oktatóeszközök fizikailag megvalósított boksztrenerek vagy számítógépes szimulátorok, esetleg ezek kombinációjaként jelennek meg a piacon. Közleményünkben támpontot kívánunk adni a laparoszkópos oktatóeszközök kiválasztásához a kereskedelmi forgalomban kapható szimulátorok áttekintésével és főbb tulajdonságaik, funkcióik szisztematikus összefoglalásával. Az egyes rendszerek jellemzése mellett értékeljük a laparoszkópos oktatásra vonatkozó szakirodalmat, és kitérünk a megfigyelhető fejlesztési trendekre. A közlemény kitér a boksztrenerek és a számítógépes virtuális valóság szimulátorok közötti különbségekre, illetve betekintést nyújt a robotsebészeti és a teljes műtéti folyamatot célzó szimulátorok világába. Orv Hetil. 2017; 158(40): 1570–1576.

Kulcsszavak: laparoszkópos oktatás, boksztrenér, MIS-szimulátor, robotsebészeti szimulátor

Tools for laparoscopic skill development – available trainers and simulators

The laparoscopic minimally invasive surgical technique is widely employed on a global scale. However, the efficient and ethical teaching of this technique requires equipment for surgical simulation. These educational devices are present on the market in the form of box trainers and virtual reality simulators, or some combination of those. In this article, we present a systematic overview of commercially available surgical simulators describing the most important features of each product. Our overview elaborates on box trainers and virtual reality simulators, and also touches on surgical robotics simulators, together with operating room workflow simulators, for the sake of completeness. Apart from presenting educational tools, we evaluated the literature of laparoscopic surgical education and simulation, to provide a complete picture of the unfolding trends in this field.

Keywords: laparoscopic training, box trainer, MIS simulator, surgical robotics simulator

Jaksa L, Haidegger T, Galambos P, Kiss R. [Tools for laparoscopic skill development – available trainers and simulators]. Orv Hetil. 2017; 158(40): 1570–1576.

(Beérkezett: 2017. július 22.; elfogadva: 2017. augusztus 17.)

Rövidítések

FLS = Fundamentals of Laparoscopic Surgery (A laparoszkópos sebészet alapjai); FRS = Fundamentals of Robotic Surgery (A robotsebészet alapjai); GOALS = Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (Laparoszkópos készségek globális operatív értékelése); MIS = minimálisan invazív sebészet; SAGES = Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons (Amerikai Emésztőrendszeri és Endoszkópos Sebészek Társasága); VR = virtual reality (virtuális valóság)

A laparoszkópos sebészet napjainkra széles körben elterjedt a klinikai gyakorlatban, így a laparoszkópos sebészeti készségek megfelelő oktatása és felmérése fontos kérdéskörre vált [1]. A minimálisan invazív sebészethez (MIS) szükséges koordinációs készségek nagymértékben eltérnek a nyitott műtéteknél szükségeseiktől. A kétdimenziós rendszereknél a kamerával történő navigációnál a síkképernyő miatt lecsökken a mélységérzékelés, és a

tapintásból nyert információ is elvész [2]. A megfelelő ügyesség kifejlesztéséhez egy jól definiálható tanulási görbe társul, amelyen a hagyományos sebészetben alkalmazott oktatási módszerek – beleértve az állatokon vagy humán cadaveren történő gyakorlást – nem tudják költséghatékonyan és ugyanakkor kockázatmentesen végigvezetni a tanulókat [3, 4]. Erre a problémára a sebészeti szimuláció jelentheti a megoldást, amelynek használhatóságát a laparoszkópos oktatásban több tanulmány is alátámasztja [5, 6]. Nem egyértelmű azonban a szakirodalom alapján sem, hogy mely típusú szimulátorok igazán alkalmasak az oktatásra, illetve kevés információ áll rendelkezésre az egyes gyakorlóeszközök elérhetőségével, piaci elterjedésével, valódi képességeikkel és az árral kapcsolatosan.

A spektrum egyik végén az egyszerű, alacsony árú, akár otthoni használatra is alkalmas laparoszkópos szimulátorok találhatók. A szakirodalom több, nagyon alacsony költségű, nem forgalomban lévő, prototípusjellegű megoldásra rámutat, amelyek könnyen megépíthetők, viszont ezek az eszközök értelemszerűen semmilyen validáláson nem estek át, így praktikusságukkal szembe helyezkedik oktatási értékük kétségbe vonhatósága [2]. A boksztrenerek általában egyszerűbb felépítésűek, hordozhatók, és az alapvető laparoszkópos készségek fejlesztését teszik lehetővé. Ilyenek például az eszközökkel való manőverezés és manipuláció, a vágás és a varrás. A számítógépes sebészeti szimulátorok grafikus megjelenítés és esetenként haptikus visszajelzés segítségével teremtenek virtuális anatómiai környezetet, ezzel lehetővé téve a műtétspecifikus feladatok gyakorlását az általános készségek fejlesztése mellett [7]. A számítógépes szimuláció (virtuális valóság – VR) megteremti annak lehetőségét, hogy a tanuló a műtőn kívül, kevesebb stressz mellett, a betegben okozott károsodás kockázata nélkül gyakorolhassa a laparoszkópos sebészeti technikát [8]. Az ilyen eszközök jóval komplexebbek, ennek megfelelően költségesebbek, ami sok oktatóintézetet eltántorít alkalmazásuktól, így ezek a rendszerek a medikusok és rezidensek számára itthon nehezen hozzáférhetőek [9, 10]. A szimulációra többféle megközelítés és megoldás kialakult, az egyszerű és olcsó, bár alacsony valóságűségi fizikai boksztrenerektől a kifinomult VR-szimulátorokig. Egy tanulmány szerint a laparoszkópos VR-szimulátorokon való gyakorlás többet javít a sebészeti készségeken, mint a boksztrenereken végzett feladatok, viszont az nem egyértelmű, hogy ez a fejlődéstöbblet hogyan jelenik meg a mindennapi sebészeti gyakorlatban [11]. Egy másik tanulmány a laparoszkópos sebészeti készségek megmaradását vizsgálta képzetlen tanulók esetében. Egy rövid szimulátoros képzés és teszt elvégzése után a készségek megmaradása szignifikáns volt, még az egy évvel későbbi újbóli vizsgálat esetén is [12]. Napjainkban a boksztrenerek elterjedtebbek a VR-szimulátoroknál [3]. A szimulációs eszközök oktatásbeli integráltsága szakterületenként változhat. Például az urológiában jellemzően kisebb hangsúlyt kap a szimulátorokon való

gyakorlás a személyes felügyelethez képest, mint a többi endoszkópos sebészeti területen [13].

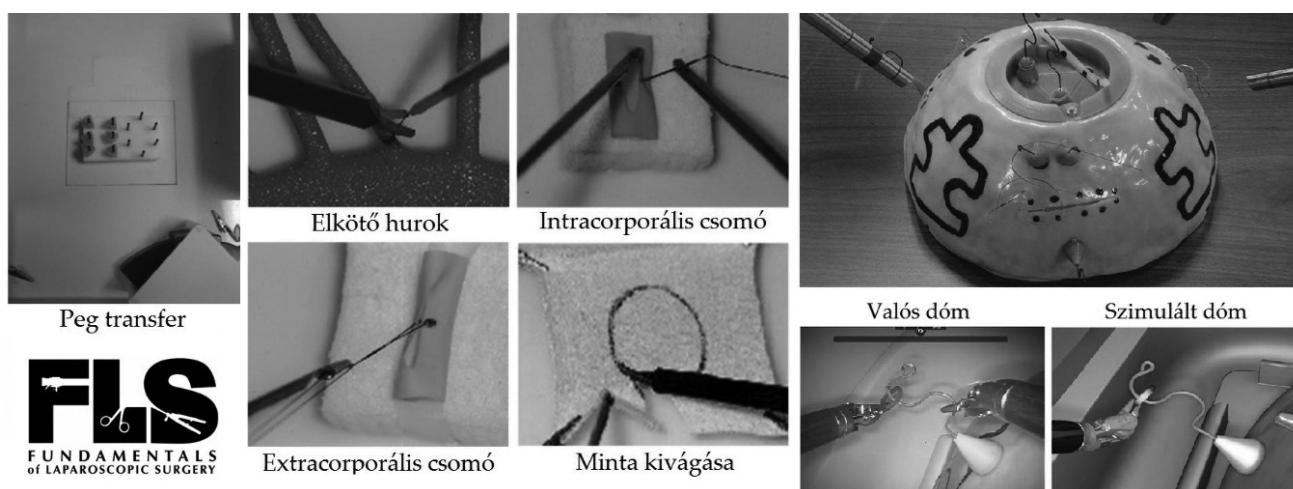
Célunk a piacon elérhető laparoszkópos készségfejlesztő szimulátorok feltérképezése, funkcióik felmérése és árkategóriákba sorolása, majd az eredmények táblázatban való összefoglalása volt. Ezzel az áttekintő közleménnyel kívánunk szakmai támpontot adni az alkalmazást fontolgató hazai intézményeknek, és hozzájárulni a magyar laparoszkópos sebészeti oktatás fejlesztéséhez.

Módszer

A kutatás során a laparoszkópos gyakorlóeszközök feltérképezéséhez elsősorban az interneten fellelhető anyagokra támaszkodtunk, valamint a hazai és nemzetközi szaklapokban, konferenciákon megjelent kiadványokat, ismertetőket és a gyártók saját anyagait tekintettük át. A Google keresőt használtuk a következő keresőszavakkal: *“laparoscopic simulator”*, *“laparoscopic trainer”*, *“laparoscopic trainer box”*, *“virtual reality surgical simulator”*, *“laparoscopic surgical simulator”*. Ezenkívül a Google Scholar adatbázisában kerestünk a fent listázott keresőszavakkal.

Az eredményül kapott és releváns cikkekben előforduló rendszereket szűrtük annak megfelelően, hogy mennyire tekinthető fejlettnak az adott tréner: volt-e validálva, több helyen is használják-e, egyáltalán bekerült-e kereskedelmi forgalomba. Az egyszeri, kutatási prototípusokat elhagytuk a cikkből. Az összegyűjtött rendszereket három nagy csoportba soroltuk: boksztrenerek, VR-szimulátorok és robotsebészeti szimulátorok. Néhány teljes műtéti folyamatot célzó szimulátor is beemelésre került, relevanciájuk és újszerűségük okán. Ez utóbbiak a teljes műtéti személyzet együttműködésének fejlesztését célozzák. Minden rendszerrel feltüntettük a gyártót (fejlesztőt), a tréner típusát, használati módját, fontosabb paramétereit, és ahol volt adat, a közelítőleges árat is.

Egy-egy tréner használhatóságát általában jól mutatja a korábbi validációs kísérletek eredménye – ha voltak ilyenek –, ezért ezt igyekeztünk minden rendszerrel feltüntetni, amennyiben volt erre vonatkozó adat. A készségfelmérés egységesítését célzó, a Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons (SAGES) által létrehozott Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS) program gyakorlati készségeket fejlesztő és mérő modulja öt feladatot tartalmaz: peg transfer, minta kivágása, elkötő hurok használata, varrás intracorporalis csomóval, varrás extracorporalis csomóval [6]. A Fundamentals of Robotic Surgery (FRS) az FLS robotsebészeti változata. Ebben a sebészeti robottal és FRS-dómmal végzett gyakorlatok mellett virtuális robotsebészeti szimulátoros feladatok is szerepelnek. Az FRS hét feladatot tartalmaz: eszköz bevezetése, peg transfer, csomózás, kötött pálya lekötése, vágás a negyedik robotkarral, minta kivágása, ér lezárása és vágása (*frsurgery.org*).



1. ábra | Az FLS feladatai és logója (sages.org), illetve az FRS-ben alkalmazott dóm (frsurgery.org)

A választott készségelemzési módszer nagyban befolyásolja, hogy milyen készségelemzési minősülnek elfogadhatónak, így a megfelelő mérési módszer megválasztása kulcsfontosságú a sebészeti oktatás minőségének biztosításában [14]. *Steigerwald és mtsai* laparoszkópos gyakorlattal rendelkező alanyokon végzett kísérletében sem a box traineres gyakorlás, sem a LapVR (CAE Healthcare) VR-szimulátoros gyakorlás nem mutatott szignifikáns korrelációt a Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS) értékelési rendszerben elért pontszámmal [15]. Ez intő jel arra, hogy ezek a módszerek nem feltétlenül alkalmasak gyors készségelemzésre vagy szelekcióra.

Eredmények

A keresés során vizsgált laparoszkópos készségefejlesztő boksztrenerek adatait az 1. táblázat tartalmazza. Az 1. táblázat „Tárgyszó” oszlopában az „FLS-feladatok” és az „alapfeladatok” között tartalmilag nincs különbség, viszont azokról az eszközökről, amelyekről nem derült ki egyértelműen, hogy igazoltan FLS-kompatibilisek, nem jelenthető ki, hogy FLS-feladatok tartalmazzák, ezért más notációt választottunk.

A VR-szimulátorok egyre jelentősebb részét képezik a sebészeti oktatásnak. A piacon elérhető VR-szimulátorok jellemzőit a 2. táblázat tartalmazza. Az erő-visszacsatolás (2. táblázat, 7. oszlop) alkalmazása jelenti a legnagyobb fejlődési irányt ezen a területen, mert a virtuálisan bemutatott szövetek fizikai tapinthatóságának lehetővé tétele nagyban növeli a valósághűséget és ezáltal az oktatási értéket. A VR-szimulátorok jó oktatási eredményeket biztosítanak, de költséghatékonyságuk a mai napig nem bizonyított.

Az utóbbi két évtizedben a robotikai rendszerek gyors fejlődése lehetővé tette, hogy az ipari környezet mellett az orvoslásban is szerepet kapjanak a robotok [16]. A robotos MIS egyik úttörője a da Vinci Surgical System

(Intuitive Surgical Inc.), amelyből már több mint 4000 darab szolgál világszerte. Ezzel a módszerrel a sebész távolról, egy robotszerkezetet vezérelve végezheti el a laparoszkópos beavatkozást. A robotos teleoperációs rendszerek hatékonynak bizonyultak a műtéti eredmények javításában, főleg az urológiai és nőgyógyászati beavatkozásoknál. Napjainkban évente közel 1,5 millió páciens részesül telerobotos műtétben világszerte [17]. A robotos MIS-rendszerek tervezése és fejlesztése az általános mozgásszabályozási problémák mellett nem mindennapi kihívásokat is felvet a működési környezetből fakadó szigorú biztonsági és kommunikációs követelmények miatt. A lágyszövetek komplex mechanikai tulajdonságai további nehézségeket jelentenek, amelyek sebészeti szimulációba való integrálása mind a mai napig nem teljeskörűen megoldott [18]. Ennek megfelelően a mérnöki kihívások mellett a robotrendszerek helyes használatának oktatása is egy nagyon összetett problémakör. A teleoperációs robotsebészeti szimulátorok (3. táblázat) nagyban elősegítik a da Vinci robotsebészethez szükséges mozgáskoordinációs készségek elsajátítását, hiszen a tanulóknak egy újfajta és feltehetően szokatlan irányítási környezetet kell megismerniük. Annak ellenére, hogy több tucat, kereskedelmi forgalomban kapható sebészrobot létezik [19], csak a da Vincihez készítették kifejlesztett oktatórendszereket is.

Az ismertetett tréner nagy része olyan szoftvereket biztosít, ahol teljes mértékben objektívizálni lehet a gyakorlatot végző teljesítményét, valamint nyomon lehet követni a fejlődését. Ugyanakkor fontos megemlíteni, hogy szimulátorok között ritka a 3D képmegjelenítés. Egy friss kutatás szerint a 3D képmegjelenítés kezdő és haladó laparoszkópos sebészeknél is szignifikáns készségejavulást eredményez a 2D megjelenítéssel szemben. Egy 3D képet néző kezdő sebész készségei vetekedtek egy 2D képet néző haladó sebész eredményeivel [20]. *Romero-Loera és mtsai* szerint a 3D megjelenítéssel rendelkező laparoszkópos szimulátorokon a tanulók ugyan-

1. táblázat | Kereskedelmi forgalomban kapható boxsztrénerek és főbb tulajdonságaik

Gyártó	Eszköz neve	Ársáv	FLS-kompatibilis	Hordeozhatóság	Műteti eszközök	Forma	Tananyag	Forrás (honlap)
3-Dmed	LapLab Trainer	\$ 400–1000	igen	kiváló	tartalmazza	összecsukható	FLS	3d-med.com
	T3 Plus	\$ 2500–3000	igen	jó	n. a.	doboz	FLS, kamerakezelés	
	T5	\$ 2500–3500	igen	jó	n. a.	doboz	alapfeladatok, kamerakezelés, ultrahangos feladatok	
	T9	\$ 3000–3500	n. a.	jó	n. a.	doboz	FLS, kamerakezelés	
	T12	\$ 4000–5000	igen	elfogadható	n. a.	doboz	FLS, kamerakezelés	
	ForceSense	\$ 8500–9000	n. a.	nem definiálható	nem definiálható	beszerelhető modul	erőmérés	
CamFronics	LapStar	n. a.	n. a.	jó	nem tartalmazza	doboz	alapfeladatok	laparoscopictrainer.com
Delletec	Laparoscopy Simulator	n. a.	n. a.	elfogadható	nem tartalmazza	emberi törzs	alapfeladatok, kamerakezelés	delletec.com
coSurgical	coSim	\$ 700–4000	n. a.	kiváló	tartalmazza	összecsukható	alapfeladatok	cosurgical.com
Ethicon	TASKit	\$ 400–600	igen	kiváló	nem tartalmazza	összecsukható	FLS	ethicon.com
Grena	Laparoscopic Trainer System	\$ 200–300	n. a.	jó	n. a.	összecsukható	alapfeladatok	grena.co.uk
Hospiinz	Endo Trainer	n. a.	n. a.	jó	tartalmazza	doboz	alapfeladatok	hospiinz.com
Inovus Surgical Solutions	Pyxus	\$ 500–2200	n. a.	elfogadható	tartalmazza	doboz	alapfeladatok	inovus.org
iSurgicals	iSim2	\$ 3000–4800	n. a.	kiváló	tartalmazza	összecsukható	alapfeladatok	isurgicals.com
Laparo	iSim SMART	\$ 1500–2000	n. a.	kiváló	tartalmazza	összecsukható	alapfeladatok	
	Aspire	\$ 400–750	n. a.	kiváló	tartalmazza	gömb	alapfeladatok	laparo.pl
Lagis EndoSurgical	Laparoscopy Simulator	n. a.	n. a.	kiváló	nem tartalmazza	összehajtható	alapfeladatok	lagis.com.tw
Limbs & Things	FLS System	\$ 1000–6200	igen	jó	n. a.	doboz	FLS	limbsandthings.com
	Helago HD Laparoscopic Trainer	\$ 8500–9300	n. a.	elfogadható	n. a.	félhenger	alapfeladatok	
Nahl Medical	HY-01 Laparoscopic Trainer box	n. a.	n. a.	jó	tartalmazza	doboz	alapfeladatok	nahlmed.com
Pharmabotics	BodyTorso Laparoscopic Trainer BTS300D	\$ 600–1000	n. a.	elfogadható	nem tartalmazza	emberi törzs	alapfeladatok, kamerakezelés	pharmabotics.com
Samed	Laparoscopy- Trainer	n. a.	n. a.	elfogadható	n. a.	emberi törzs	alapfeladatok	samed-dresden.com
Simulab	LapTrainer	\$ 2000–2200	igen	kiváló	nem tartalmazza	összecsukható	FLS, kamerakezelés	simulab.com

n. a. = nincs adat

2. táblázat | Kereskedelmi forgalomban kapható VR-szimulátorok és főbb tulajdonságaik

Gyártó	Eszköz neve	Ársáv	FLS-kompatibilis	Hordozhatóság	Műteti eszközök	Erő-visszacsatolás	Tananyag	Forrás (honlap)
CAE Healthcare	LapVR	\$ 85 000–90 000	nem	nehézkés	becépített	van	virtuális műtét	caehealthcare.com
	ProMIS3	n. a.	n. a.	nehézkés	valódi	nincs	virtuális műtét, FLS, kiterjesztett valóság	
Medical-X	Lap-X VR	\$ 55 000–60 000	n. a.	jó	valódi	nincs	virtuális műtét	medical-x.com
	Lap-X Hybrid	\$ 55 000–60 000	n. a.	jó	valódi	nincs	kiterjesztett valóság	
	Lap-X II	\$ 72 000–105 000	n. a.	nehézkés	valódi	van	virtuális műtét	
Nintendo	Underground The Game	\$ 200–300	igen	jó	becépített	nincs	FLS videojáték formában	underground-thegame.com
Laparo	Advance	\$ 1400–1500	n. a.	jó	valódi	nincs	alapfeladatok	laparo.pl
	Analytic	\$ 5000–5200	n. a.	nehézkés	valódi	nincs	alapfeladatok	
Open Simulation	LapKit	\$ 40–60	n. a.	kiváló	valódi	nincs	kiterjesztett valóság	opensimulation.org
Simbionix	LapMentor	n. a.	n. a.	nehézkés	becépített	van	virtuális műtét	simbionix.com
Simendo	Simendo Pro 3	\$ 19 000–20 000	n. a.	jó	becépített	nincs	virtuális alapfeladatok	simendo.eu
	SEP	n. a.	n. a.	nehézkés	becépített	van	virtuális műtét	simsurgery.com
Simsurgery	D-box	n. a.	n. a.	elfogadható	becépített	nincs	virtuális alapfeladatok	
	LapSim	\$ 30 000–45 000	igen	nehézkés	becépített	van	virtuális műtét	surgical-science.com
Touch Surgery	Touch Surgery	n. a.	n. a.	kiváló	nincs	nincs	virtuális műtét	touchsurgery.com

n. a. = nincs adat

3. táblázat | Robotsebészeti és teljes műtéti személyzetet célzó szimulátorok

Gyártó	Eszköz neve	Ársáv	FLS-kompatibilis	Tananyag	Forrás (honlap)
BBZ Medical Technologies	Actaeon	\$ 30 000–32 000	n. a.	robotsebészet	bbzmedicaltechnologies.com
Intuitive Surgical	da Vinci Skills Simulator	n. a.	igen	robotsebészet	intuitivesurgical.com
Mimic Simulation	dV-Trainer	\$ 60 000–100 000	n. a.	robotsebészet	mimicsimulation.com
	FlexVR	n. a.	n. a.		
ORZONE	ORCAMP – MIS Setup	n. a.	n. a.	teljes műtő szimulációja	orzone.com
Symbionix	RobotixMentor	n. a.	n. a.	robotsebészet	symbionix.com
	TeamMentor	n. a.	n. a.	teljes műtő szimulációja	
SimSurgery	SEP Robot	n. a.	n. a.	robotsebészet	simsurgery.com
Simulated Surgicals	Robotic Surgery Simulator	n. a.	n. a.	robotsebészet	simulatedsurgicals.com
Surgical Science	TeamSim	n. a.	n. a.	teljes műtő szimulációja	surgical-science.com

n. a. = nincs adat

annyi gyakorlás után gyorsabban hajtják végre az adott feladatokat, mint a 2D megjelenítésű, síkképernyős szimulátorokon [21].

Végezetül fontos megemlíteni, hogy magasabb kognitív szinten is fontos a tanulás, a folyamatok begyakorlása. A műtéti személyzet kommunikációját, kooperációját fejlesztő szimulátorok a sebészeti oktatás új irányát képviselik. Egyre több tanulmány támasztja alá a szükségességüket, ugyanis az orvosi műhibák jelentős része a műtéti csapat nem megfelelő összedolgozásából fakad [22]. Az ilyen jellegű szimulátorokat a 3. táblázat tartalmazza.

Megbeszélés

A műtéttani módszerek rohamos fejlődésével a technika egyre inkább teret nyer a sebészeti oktatásban is. Az új módszerek és technológiák használata újszerű készségek kifejlesztését és gyakorlását követeli meg. A minimálisan invazív sebészet előretörésével párhuzamosan megjelentek a laparoszkópos oktató-gyakorló eszközök, az egyszerű boksztrénerektől a komplex, erő-visszacsatolást használó VR-szimulátorokig. Sőt újabban már az igen sikeres da Vinci robotsebészeti rendszerhez kapcsolódóan többfajta szimulátort használnak. A szimulátorok jelentősége a műtéti oktatásban egyre nő. A laparoszkópos sebészeti szimulátorokat nemcsak oktatásra, hanem műtétek előtti bemelegítésre is célszerű használni, mert az ilyen jellegű bemelegítés javítja az egyes részfeladatok elvégzési idejét [23]. Egy kutatás szerint a laparoszkópos szimulátorokon megtanult és begyakorolt készségek az artroszkópos készségekre szintén hatással vannak, azokat

javítják [24]. Egy 45 publikációt felölelő tanulmány szerint sebészeti készségfelmérésnek a valós műtétek során is meg kell jelennie, illetve nagyobb hangsúlyt kell fektetni a szimulátorokon való gyakorlás valós műtéti eredményekre gyakorolt hatásának nyomon követésére [25]. Egy másik kutatás szerint a laparoszkópos készségek önálló kiértékelésének eredménye a laparoszkópos cholecystectomiában használatos alapkészségek szimulátoros gyakorlása esetében erősen korrelál a külső, tapasztalt megfigyelők által megítélt eredménnyel. Ez az olcsóbb szimulátorok otthoni, egyéni használatának indokoltságát támasztja alá [26].

Közleményünk az egyes eszközök funkcióinak, paramétereinek részletes összefoglalásával iránymutatást adhat az adott oktatási célra leginkább megfelelő szimulátor kiválasztásához, így segítséget nyújthat a magyar laparoszkópos sebészeti közösségnek.

A jelenleg már elérhető tréner hiányzó tulajdonságait alapul véve kutatócsoportunk új oktatási eszközök fejlesztésébe kezdett [27]. A pelvi tréner helyes kialakítása mellett különösen nagy hangsúlyt helyezünk az anatómiai helyes fantomok kialakítására, valamint újfajta teljesítménymérési eszközök és módszerek bevezetésére [28]. Egyik újabb eredményünk, hogy egy saját fejlesztésű kismedencefantom alá erőmérő cellák kerültek olyan elrendezésben, amely lehetővé teszi a fantomra ható erők mérését gyakorlás közben [29]. Ezek a munkák a laparoszkópos készségfejlesztő szimulátorok jövőbeli fejlesztési irányait mutathatják, amelyek a következő években már bekerülhetnek a hazai műtéttani oktatásba.

Anyagi támogatás: Jelen közlemény megírása anyagi támogatásban nem részesült. A megalapozó kutatást az Austrian Center for Medical Innovation and Technology GmbH támogatta.

Szerzői munkamegosztás: J. L., H. T.: A szakirodalom elemzése. A tárgyalt eszközök feltérképezése, értékelése és táblázatba foglalása. J. L., H. T., G. P., K. R.: A kézirat szövegeztése. A cikk végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

Érdekeltségek: A szerzőknek nincsenek érdekeltségeik.

Irodalom

- [1] Fábry Gy, Haidegger T. Laparoscopic skills training – novel methods. [Laparoszkópos készségek fejlesztése – új módszerek.] *Orv Hetil.* 2013; 154: 742–751. [Hungarian]
- [2] Li MM, George J. A systematic review of low-cost laparoscopic simulators. *Surg Endosc.* 2017; 31: 38–48.
- [3] Aggarwal R, Moorthy K, Darzi A. Laparoscopic skills training and assessment. *Br J Surg.* 2004; 91: 1549–1558.
- [4] Suhánszki N, Haidegger T. Objective surgery – advanced robotic devices and simulators used for surgical skill assessment. [Objektív sebészet – robotok és szimulátorok használata a sebészeti képességek felmérésére.] *Magy Seb.* 2014; 67: 340–352. [Hungarian]
- [5] Nagendran M, Gurusamy KS, Aggarwal R, et al. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013; (8): CD006575.
- [6] Sándor J, Lengyel B, Haidegger T, et al. Minimally invasive surgical technologies: Challenges in education and training. *Asian J Endosc Surg.* 2010; 3: 101–108.
- [7] Dunkin B, Adrales GL, Apelgren K, et al. Surgical simulation: a current review. *Surg Endosc.* 2007; 21: 357–366.
- [8] Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Qual Saf Health Care* 2004; 13: i2–i10.
- [9] Schijven M, Jakimowicz J. Virtual reality surgical laparoscopic simulators. *Surg Endosc.* 2003; 17: 1943–1950.
- [10] Bernier GV, Sanchez JE. Surgical simulation: the value of individualization. *Surg Endosc.* 2016; 30: 3191–3197.
- [11] Zendejas B, Brydges R, Hamstra SJ, et al. State of the evidence on simulation-based training for laparoscopic surgery: a systematic review. *Ann Surg.* 2013; 257: 586–593.
- [12] Fitzgerald JE, Caesar BC. The European working time directive: a practical review for surgical trainees. *Int J Surg.* 2012; 10: 399–403.
- [13] Undre S, Darzi A. Laparoscopy simulators. *J Endourol.* 2007; 21: 274–279.
- [14] Thinggaard E, Bjerrum F, Strandbygaard J, et al. Ensuring competency of novice laparoscopic surgeons – exploring standard setting methods and their consequences. *J Surg Educ.* 2016; 73: 986–991.
- [15] Steigerwald SN, Park J, Hardy KM, et al. The Fundamentals of Laparoscopic Surgery and LapVR evaluation metrics may not correlate with operative performance in a novice cohort. *Med Educ Online* 2015; 20: 30024.
- [16] Haidegger T. The advancement of robotic surgery – successes, failures, challenges. [A robotsebészet hódítása – sikerek, kudarcok, kihívások.] *Orv Hetil.* 2010; 151: 1690–1696. [Hungarian]
- [17] Takács Á, Nagy DÁ, Rudas IJ, et al. Origins of surgical robotics: From space to the operating room. *Acta Polytech Hun.* 2016; 13: 13–30.
- [18] Takács Á, Kovács L, Rudas IJ, et al. Models for force control in tele-surgical robot systems. *Acta Polytech Hun.* 2015; 12: 95–114.
- [19] Hoeckelmann L, Rudas IJ, Fiorini P, et al. Current capabilities and development potential in surgical robotics. *Int J Adv Robot Syst.* 2015; 12: 61.
- [20] Folaranni SE, Partridge RW, Brennan PM, et al. Does a 3D image improve laparoscopic motor skills? *J Laparoendosc Adv Surg Tech.* 2016; 26: 671–673.
- [21] Romero-Loera S, Cárdenas-Lailson LE, Concha-Bermejillo F, et al. Skills comparison using a 2D vs. 3D laparoscopic simulator. *Cir Cir.* 2016; 84: 37–44.
- [22] Makary MA, Daniel M. Medical error – the third leading cause of death in the US. *BMJ* 2016; 353: i2139
- [23] Da Cruz JA, Reis ST, Frati RM, et al. Does warm-up training in a virtual reality simulator improve surgical performance? A prospective randomized analysis. *J Surg Educ.* 2016; 73: 974–978.
- [24] Akhtar K, Sugand K, Wijendra A, et al. The transferability of generic minimally invasive surgical skills: Is there crossover of core skills between laparoscopy and arthroscopy? *J Surg Educ.* 2016; 73: 329–338.
- [25] Vedula SS, Ishii M, Hager DG. Objective assessment of surgical technical skill and competency in the operating room. *Annu Rev Biomed Eng.* 2017; 19: 301–325.
- [26] Ganni S, Chmarra MK, Goossens RH, et al. Self-assessment in laparoscopic surgical skills training is it reliable. *Surg Endosc.* 2017; 31: 2451–2456.
- [27] Nigicser I, Szabó B, Jaksa L, et al. Anatomically relevant pelvic phantom for surgical simulation. 7th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, 16–18 October 2016, Wrocław, Poland.
- [28] Barcza Sz. Surgical skill assessment with robotic technology. [Sebészeti képességek felmérése robottechnológiai módszerekkel.] Diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Irányítástechnika és Informatika Tanszék, 2016. [Hungarian]
- [29] Jaksa L. Force feedback unit design for a laparoscopic surgical simulator. [Erővisszacsatolt részegység tervezése laparoszkópos sebészeti szimulátorhoz.] Szakdolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék, Budapest, 2017. [Hungarian]

(Jaksa László,
Budapest, Bécsi út 96/B, 1034
e-mail: laszlo.jaksa@irob.uni-obuda.hu)