

# Virtuális érmodell vizsgálata laparoszkópos jobb hemicolectomia és komplett mesocolicus excisio esetében

Sztipits Tamás dr.<sup>1</sup> ■ Barabás J. Imre dr.<sup>2</sup> ■ Szalontai László dr.<sup>3</sup>  
 Dubóczki Zsolt dr.<sup>1</sup> ■ Budai Barna dr.<sup>4</sup> ■ Gelety Olivér Zsolt oh.<sup>5</sup>  
 Wettstein Dániel dr.<sup>1</sup> ■ Mersich Tamás dr.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Országos Onkológiai Intézet, Daganatsebészeti Központ, Hasi Sebészeti Részleg, Budapest

<sup>2</sup>Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Városmajori Szív- és Érgyógyászati Klinika, 3D Központ, Budapest

<sup>3</sup>Országos Onkológiai Intézet, Onkológiai Képző és Invaszív Diagnosztikai Központ, Budapest

<sup>4</sup>Országos Onkológiai Intézet, Molekuláris Genetikai Osztály, Budapest

<sup>5</sup>Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Budapest

**Bevezetés és célkitűzés:** A komplett mesocolicus excisio (CME) és centrális érlekötés egyre elfogadottabb laparoszkópos jobb hemicolectomia esetén, azonban a mesenterialis erek variabilitása sebésztechnikai kihívást jelenthet, ezzel befolyásolva a sebészi beavatkozás sikerességét. Célunk CT-angiográfia alapján készített – arteria (a.) és vena (v.) mesenterica superior ágrendszer ábrázoló – virtuális 3D modell pre- és intraoperatív alkalmazhatóságának vizsgálata. Közleményünkben a 3D technológia alkalmazhatóságát mutatjuk be a konvencionális módszerekkel térben nehezen értelmezhető műtéti területen.

**Módszer:** A kutatás felépítése prospektív, randomizált. A vizsgálatra 40, az AJCC szerinti I–III. stádiumú, jobb oldali vastagbél-tumor miatt laparoszkópos CME-műtetre kerülő beteget választunk ki preoperatív 1 : 1 arányú randomizálással. A vizsgálati csoportnál (A) a. és v. mesenterica superior virtuális 3D modellt készítünk, a kontrollcsoportnál (B) ilyen nem készül. Regisztráljuk a demográfiai adatokat, a CME-műtét standard lépéseinek idejét, a vérvesztést, érsérülést, konverziót, a nyirokcsomószámot, a speciménminőséget, a posztoperatív szövődményeket és a kórházi tartózkodást. A modell hasznosságát a sebészek 0 és 10 között értékelik. Hosszú távú onkológiai eredményeket is vizsgálunk.

**Eredmények:** A kézirat leadásakor 29 beteg került beválasztásra (A = 18, B = 11). A két csoport demográfiai mutatói megegyeznek. A műtéti vérvesztés ( $p = 0,40$ ), a konverziók aránya ( $p = 0,75$ ), a posztoperatív szövődmények előfordulása ( $p = 0,82$ ) és a kórházi tartózkodás ( $p = 0,40$ ) hasonló a két csoportban, a műtéti specimén minősége és a nyirokcsomók száma ( $p = 0,76$ ) szintén nem különbözik. A műtét egyes lépéseinek idejében eddig nincs szignifikáns különbség. A sebészek a modell hasznosságát 7,6/10-re értékelik átlagosan. A legmagasabb pontot a Henle-véna (8,3) és az ileocolicus erek (7,8) azonosításában, a legalacsonyabb pontot a gastroepiploicus blokkdissectio (5,2) esetében kapta a modell. A vizsgálatból beteg nem esett ki.

**Következtetés:** A 3D modellek szubjektív értékelése nagyon jó, elsősorban az ileocolicus erek azonosításában és a Henle-véna anatómiájának intraoperatív azonosításában nyújt segítséget, az itt mért műtéti időkből a 3D modell esetében javuló trend látható. Az elemszámok növekedésével számítottunk szignifikáns különbségre.

Orv Hetil. 2023; 164(49): 1938–1946.

**Kulcsszavak:** komplett mesocolicus excisio, mesenterialis erek, virtuális 3D modell

## Investigation of virtual vascular model in laparoscopic right hemicolectomy with complete mesocolic excision

**Introduction and objective:** Laparoscopic complete mesocolic excision (CME) with central vascular ligation is gaining acceptance for the treatment of right colon cancers, however, variable mesenteric vascular anatomy can be a surgical challenge, thus affecting results. The aim of our study is to investigate the usefulness of a 3D virtual vascular model reconstructed from CT-angiography. In this article, we demonstrate the application of 3D technology in a surgical area difficult to comprehend with conventional techniques.

**Method:** In this randomized, controlled trial, we plan to enroll 40 patients with AJCC stage I–III right colonic cancer scheduled for laparoscopic CME surgery. Patients are randomized preoperatively one-to-one. The experimental

group (A) has a 3D virtual vascular model created for pre- and intraoperative use, the control group (B) has no model available. Demographics, blood loss, vascular injuries, procedure duration, lymph node harvest, specimen quality, postoperative complications and length of stay are recorded. Surgeons rate the model postoperatively on a 0–10 scale. Long term oncologic outcomes will be recorded.

**Results:** At submission of the abstract, 29 patients were enrolled (A = 18, B = 11). Demographics in the two groups are comparable. Blood loss ( $p = 0.40$ ), conversion rate ( $p = 0.75$ ), postoperative complications ( $p = 0.82$ ) and hospital stay ( $p = 0.40$ ) do not show significant difference, while lymph node yield ( $p = 0.76$ ) and specimen quality are also comparable. Duration of standard surgical steps of central vascular ligation are comparable. Surgeons rate the overall usefulness of the 3D model 7.6/10, with the highest scores given for identifying ileocolic vessels (7.8) and Henle's trunk (8.3). The model was rated less useful for assisting gastroepiploic dissection (5.2). No patient dropout occurred to this date.

**Conclusion:** Surgeons appraise the quality and usefulness of the model positively, especially for identifying ileocolic vessels and the anatomy of Henle's trunk.

**Keywords:** complete mesocolic excision, mesenteric vascular anatomy, 3D vascular model

Sztipits T, Barabás J. I, Szalontai L, Dubóczki Zs, Budai B, Gelety OZs, Wettstein D, Mersich T. [Investigation of virtual vascular model in laparoscopic right hemicolectomy with complete mesocolic excision]. *Orv Hetil.* 2023; 164(49): 1938–1946.

(Beérkezett: 2023. szeptember 2.; elfogadva: 2023. szeptember 26.)

## Rövidítések

2D = kétdimenziós; 3D = háromdimenziós; AJCC = (American Joint Committee on Cancer) Amerikai Rákellenes Közös Bizottság; AMIGO = Advanced Multidimensional Interval analysis Global Optimization; ASA = (American Society of Anesthesiologists) Amerikai Aneszteziológusok Társasága; BMI = (body mass index) testtömegindex; CME = (complete mesocolic excision) komplett mesocolicus excisio; CT = (computed tomography) komputertomográfia; DICOM = (Digital Imaging and Communications in Medicine) digitális képalkotás és kommunikáció az orvostudományban; ESC = (European School of Coloproctology) Európai Koloproktológiai Iskola; RACOMERC = (Radiologic Assessment in Complete Mesocolic Excision for Right Colon Cancer) jobb oldali vastagbél-daganat komplett mesocolicus excisiójának radiológiai értékelése

A laparoszkópos jobb hemicolectomia komplett mesocolicus excisióval (CME), centrális érellátással egyre szélesebb körben elfogadott és ajánlott a jobb oldali vastagbél-daganatok standard műtéti megoldásaként. A legtöbb vizsgálat a technika rövid távú posztoperatív eredményeit a hagyományos műtétekkel megegyezőnek találja, míg a lymphadenectomia radikálisabb, és egyre több adat igazolja a kedvezőbb hosszú távú onkológiai kimenetelt [1]. A COST, COLOR és CLASSIC vizsgálatok alapján tudjuk, hogy a laparoszkópos megközelítés colorectalis műtéteknél egyértelmű rövid távú előnyökkel jár onkológiai kockázat nélkül [2–4]. A CME-műtét során a nagy variabilitást mutató, sérülékeny mesenterialis érkepleteken történik a beavatkozás, ezért a műtéti megoldás minimálisan invazív megközelítése jelentős sebésztechnikai kihívást jelenthet, ami a módszer elterjedését lassítja, gátolja. A mesenteriumgyökben elhelyezkedő arteria (a.) és vena (v.) mesenterica superior variábilis ágrendszeré-

nek precíz preoperatív feltérképezése és intraoperatív azonosítása kulcsfontosságú a műtét biztonsága és radikalitása szempontjából, mivel ezek körül az erek körül történik a centrális D3-nyirokcsomódisszekció, melynek elvégzése jelentős onkológiai előnyökkel járhat [5].

A nemzetközi ajánlások a vascularis anatómia preoperatív feltérképezését hagyományos 1–1,5 mm szeletvastagságú, multifázis axiális CT alapján, standard algoritmus szerint (AMIGO) javasolják, a 2D képet azonban ezt követően 'képzeletben' kell a valós műtéti helyzethez illeszteni [6].

Kutatásunk célja egy CT-angiográfia alapján készített – az a. és v. mesenterica superior ágrendszer nagy részletességgel ábrázoló – virtuális 3D rekonstrukciós modell preoperatív tervezést és intraoperatív tájékozódást segítő szerepének és alkalmazhatóságának prospektív vizsgálata.

## Módszerek

### Felépítés

#### Kutatásunk felépítése prospektív, randomizált vizsgálat

A vizsgálatot a Helsinki Nyilatkozattal (2013) [7] teljes összhangban és a helyi etikai bizottság (Regionális, Intézményi Tudományos és Kutatás-Értékelési Bizottság, ref. no. BMEÜ/541-1/2022/EKU) jóváhagyásával végezzük. Minden résztvevő írásbeli és szóbeli tájékoztatást kapott a beavatkozás menetéről, valamint írásos beleegyező nyilatkozat aláírásával jelezte szándékát a vizsgálatban való részvételhez.

A kutatás '3D-COLO-CME' név alatt a ClinicalTrials.gov rendszerben regisztráció alatt van.

A vizsgálat az Országos Onkológiai Intézet Daganatsebészeti Központja Hasi Sebészeti Osztályának és a Semmelweis Egyetem 3D Laboratóriumának együttműködésével zajlik.

A kutatás 2022 júniusában indult; a tervezett lezárási dátum 2023 decembere, mely idő alatt összesen 40 beteget tervezünk bevonni.

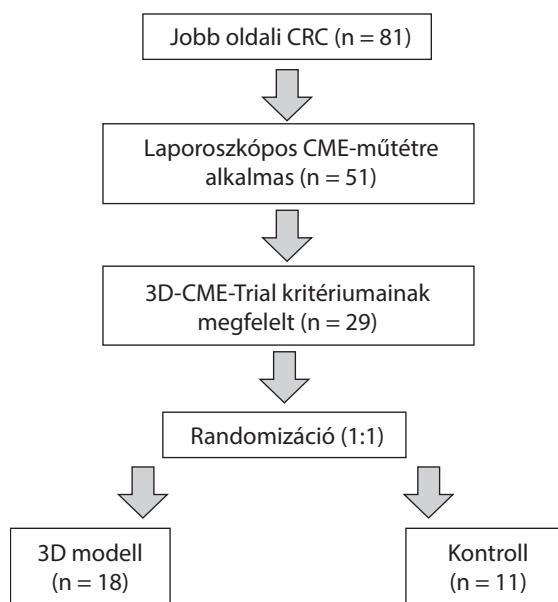
### Vizsgálati populáció

A vizsgálati alanyok kiválasztása az AJCC szerinti I–III. klinikai stádiumú, jobb oldali vastagbél tumor miatt laparoszópos CME-műtétre kerülő betegek köréből történik. Minden olyan beteg beválasztásra kerül, aki megfelel a vizsgálati kritériumoknak, és beleegyezett a vizsgálatban való részvételbe.

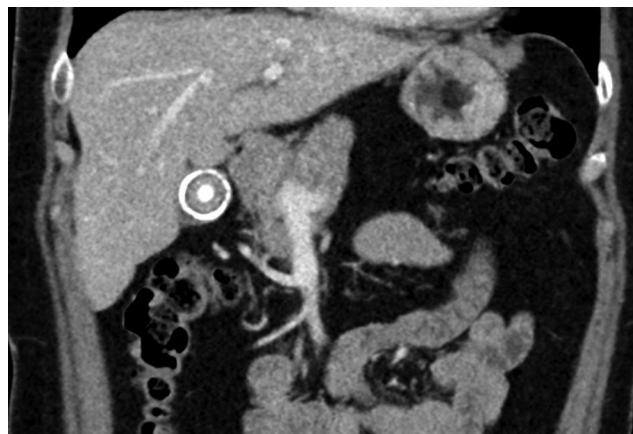
Kizárási kritérium a be nem töltött 18. életév, a 35 feletti BMI, a lokálisan előrehaladott cT4b-tumor, a tervezett nyitott műtét, a klinikailag igazolt IV. stádiumú betegség, a súlyos ASA IV. társbetegség és a vénás kontrasztanyag adásának bármilyen ellenjavallata. A kiválasztás algoritmusát az 1. ábra mutatja.

### A vizsgálatához használt radiológiai képanyag

A vizsgálatban részt vevő betegek 'staging' vizsgálatát követően kiegészítő „tervezéses” angiográfiás vizsgálatot végeztünk, melynek célja az a. és v. mesenterica superior ágrendszer egyidejű, közel azonos attenuációjú festése volt. A vizsgálat folyamán bifázisos kontrasztanyag-befecskendezési módszert használtunk [8]. A be-

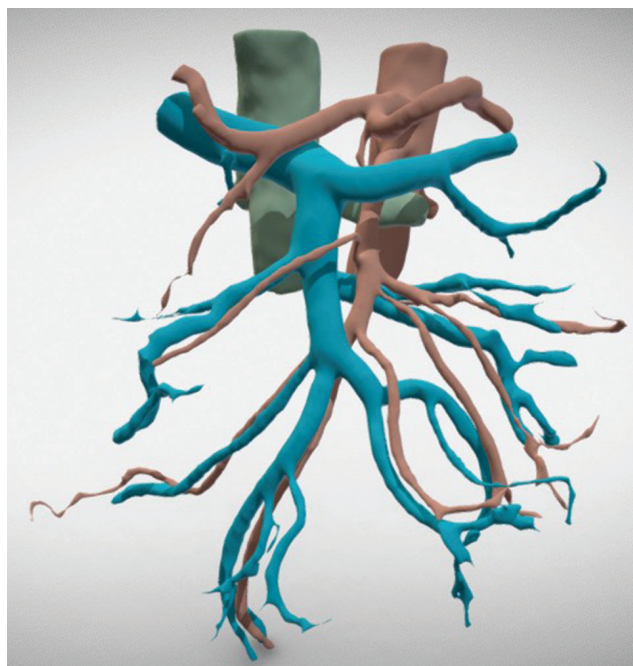


1. ábra | A '3D-COLO-CME' vizsgálat kiválasztási algoritmus (az esetszámok a cikk beadásakor érvényes állapotot mutatják)  
3D = háromdimenziós; CME = komplett mesocolicus excízió; CRC = colorectális carcinoma



2. ábra | Az a./v. mesenterica superior ágrendszer ábrázoló célzott CT-angiográfia  
CT = komputertomográfia

adható kontrasztanyag mennyiségét a beteg testtömege alapján számoltuk ki ( $\text{kg} \times 1,5\text{--}1,3 \text{ ml}$ ), a vesefunkciók ismeretében. A kontrasztanyag 60%-át  $1,5 (\pm 0,3) \text{ ml/s}$  sebességgel, majd ezt követően 40%-át  $3 (\pm 0,4) \text{ ml/s}$  sebességgel adtuk be. A pontos áramlási sebességeket úgy választottuk meg, hogy a kontrasztanyag közel 65 másodperc alatt kerüljön befecskendezésre, ez a mesenterialis régió vénás telődésének hozzávetőleges ideje [9]. Ezt követően a truncus coeliacustól az aortabifurkációig készítettünk három 'low dose' felvételt 10 másodperces késleltetésekkel és 1 mm-es szeletvastagsággal, ezzel korrigálva a betegek eltérő keringési karakterisztikájára. A CT-angiográfiát a 2. ábra mutatja.



3. ábra | CT-angiográfia alapján készült 3D vascularis modell  
3D = háromdimenziós; CT = komputertomográfia

### 3D modellalkotás

A 3D tervezéshez adaptált CT–angiográfias felvételek DICOM- (Digital Imaging and Communications in Medicine) képei MATLAB (R2021b, The MathWorks Inc., Natick, MA, USA) szoftverben megírt 3D szegmentálási algoritmussal készültek. Az első lépésben kijelöltük a tér három síkjában a határokat, amely határokon belül a későbbiekben a 3D szegmentálást elvégeztük. A szegmentálás során három funkcionális egységet határoztunk meg: (i) az a. mesenterica superior és (ii) a v. mesenterica superior ágrendszerét, illetve a modellen történő tájékozódást elősegítő (iii) v. cava inferior. A szegmentáló algoritmus az egyes szegmensek denzitáskülönbségeit vette figyelembe, és követte a geometriai lefutásukat. A szegmentálás és a képi feldolgozás egyes lépéseit korábbi publikációnkban ismertettük [10]. A 3D modellt a 3. ábra szemlélteti.

### Randomizáció

A műtetre kerülő betegeket a műtét előtt legalább 24 órával 1 : 1 arányban randomizáljuk 'closed-envelope' (zárt boríték) alkalmazásával.

A vizsgálati csoport (A) esetében a CT–angiográfias felvételek mellett virtuális 3D rekonstrukciós képeket készítünk az a. és v. mesenterica superior ágrendszeréről, míg a kontrollcsoport (B) esetében ilyen rekonstrukció nem készül, csak a CT-képanyag áll rendelkezésre.

Az operáló sebész minden esetben legalább egy nappal a műtét előtt a CT–angiográfias és – amennyiben készült – a 3D rekonstruált kép anyagát is megkapja áttekintésre, azok a műtét alatt is rendelkezésére állnak. A műtéteket az Országos Onkológiai Intézet Daganatsebészeti Centrumában két – a műtéti eljárásban kellően jártas és proktorált képzésen átesett – sebész végzi a European School of Coloproctology (ESC) által javasolt standardizált műtéti technikával [11].

### Műtéti technika

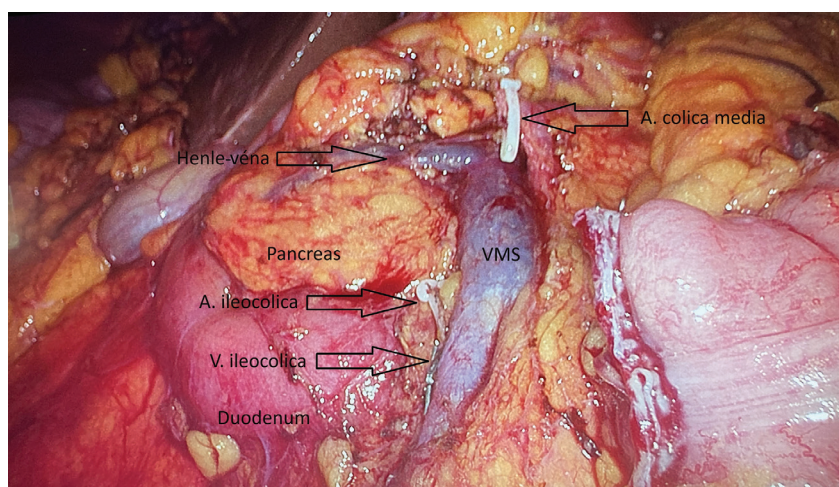
A laparoszkópos műtétek általános érzéstelenítésben, lábtartós fektetéssel, 4 trokár alkalmazásával történnek; minden beavatkozást két tapasztalt sebész végez. A műtéteket 'medial to lateral' megközelítésben az ileocolicus erek alatt kezdjük, mobilizáljuk a jobb mesocolont a Toldt-fascia mentén. Ezt követően felkeressük a v. mesenterica superior a v. ileocolica beömlésénél. A véna és az ileocolicus artéria centrális ellátása után a v. mesenterica superior bal oldalán haladunk cranialis irányban, és elvégezzük a D3-lymphadenectomiát, a v. mesenterica superior teljesen szabaddá preparáljuk. A dissectiót a Henle-véna és a v. colica media szintjéig végezzük. A v. colica dextrát és a. colica dextrát centrálisan látjuk el, a Henle-véna colicus és gastroepiploicus ágaival együtt. A v. colica media és az a. colica media jobbra menő ágait az eredésüknél kötjük le. Elvégezzük a gastroepiploicus dissectiót, majd lebontjuk a flexura hepaticát és a gastrocolicus szalagot. A reszekciót és az anasztomózt intracorporalisán végezzük EndoGia™ (Medtronic, Covidien, 710 Medtronic Parkway, Minneapolis, MN, USA) varrógép segítségével. A specimeneltávolítás Pfannenstiel-laparotomián át történik. A centrális dissectio utáni műtéti terület a 4. ábrán látható.

### Adatgyűjtés

A vizsgálat során regisztráljuk a betegek demográfiai és anamnesztikus adatait, BMI-értéküket, a korábbi laparoszkópia vagy laparotomia tényét.

A beavatkozások alatt rögzítjük az egyes standard műtéti lépések és a kritikus célekek ellátása között eltelt időt.

A mérések kiindulási pontja az insufflatio kezdete ( $t = 0$ ), majd ezt követi a medialis mesocolon-dissectio megkezdése ( $t = V$ -view); innen percre pontosítva rögzítjük az ileocolicus erek (v. ileocolica és a. ileocolica,  $t = ileocolicus$ ), a jobb colonerek (v. colica dextra és a. colica



4. ábra Műtéti terület centrális nyirokcsomó-dissectiót követően

VMS = v. mesenterica superior

dextra, t = colica dextra), a Henle-véna-ágak (t = Henle-véna), illetve az a. colica media (t = a. colica media) átvágása között eltelt időt.

Intraoperatíven regisztráljuk a teljes műteti időtartamot (t = SUM), az a. vagy v. mesenterica superior ágai esetleges sérülését, a műteti vérvesztést ml-ben és a konverziók arányát.

A műtét után közvetlenül értékeljük a specimen minőségét a Benz és mtsai által javasolt standardizált klasszifikáció szerint [12].

Szintén a műtét után – a 3D vizsgálati csoportban – az operáló sebész 1 és 10 között szubjektíven értékeli a modell által nyújtott segítséget az egyes erek felkeresésében és elkülönítésében, a műtét egyes standard lépéseiben, továbbá a műteti gördülékenységben és radikalitásban észlelt hasznosságát. A magasabb pontszám a modell hasznosságára utal.

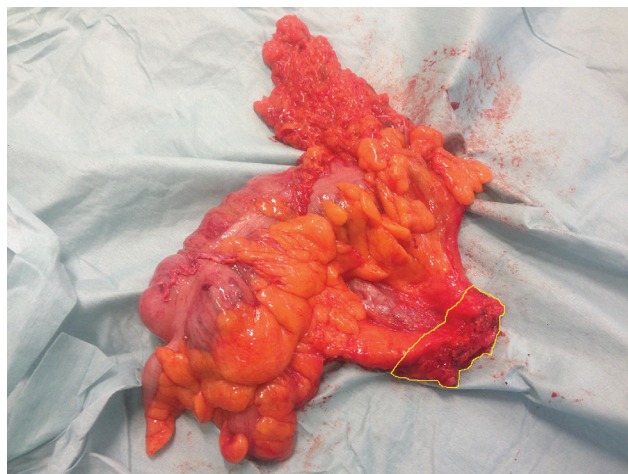
A posztoperatív időszakban a 30 napos morbiditást és mortalitást a Clavien–Dindo-skála szerint vizsgáljuk, valamint regisztráljuk a kórházi tartózkodás hosszát [13].

A szövettani feldolgozás során regisztráljuk az összes eltávolított nyirokcsomó számát és a pozitív nyirokcsomók arányát, továbbá külön vizsgáljuk a centrális D3-régióból eltávolított nyirokcsomók számát. A centrális nyirokcsomó-régió az ileocolicus és media érnyelek által határolt mesocolonablaktól centrálisan elhelyezkedő 'sebészi törzs', mely a v. mesenterica superior körüli nyirokcsomókat tartalmazza [12] (5. ábra).

A vizsgálat második szakaszában a hosszú távú onkológiai eredmények összehasonlítását tervezzük a 6, 12, 18 és 24 hónapos betegségmentes túlélés és a teljes túlélés elemzésével. A keletkezett adatokat a forrásdokumentumban és Excel-táblázatban (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) regisztráljuk.

### Statisztikai elemzés

Az adatok normalitásvizsgálatát Kolmogorov–Szmirnov-tesztel végezzük. A feldolgozandó csoportok elemszámának függvényében khi-négyzet-, Fisher-egzakt vagy



5. ábra | Centrális nyirokcsomó-régió (körvonalazva)

Mann–Whitney U-teszteket alkalmazunk a csoportok összehasonlítására. Minden esetben a P-érték 0,05 alatt tekintjük a csoportokat szignifikánsan különbözőnek. Az adatok statisztikai kiértékelését SPSS 28.0.1 szoftverrel végezzük (IBM Corporation, Armonk, NY, USA).

### Végpontok

A vizsgálat elsődleges végpontjai a 3D modell hasznosságának értékelése a D3-lymphadenectomia egyes lépéseiben, valamint az egyes érkepletek ellátása között eltelt idő.

Másodlagos végpontok az érsérülések előfordulása, a sebészi specimen minősége, az eltávolított nyirokcsomók száma, a konverziós arány, a kórházban töltött napok száma, továbbá a posztoperatív morbiditás és mortalitás. A vizsgálat második fázisában hosszú távú onkológiai eredményeket fogunk vizsgálni.

### Eredmények

A vizsgálat jelenleg folyamatban van, a kézirat készítésekor 29 beteg került beválasztásra, közülük 18 a 3D vizsgálati csoportba (A), míg 11 beteg a kontrollcsoportba (B); a rövid távú előzetes eredmények 29 betegről (A = 18, B = 11) elérhetőek. A vizsgálati alanyok kiválasztása a várakozásoknak megfelelő ütemben zajlik, és ez idáig senki nem esett ki a kutatásból.

Az előzetes eredmények szerint a betegek eloszlása a csoportokon belül homogén az életkor (p = 0,80), a nem (p = 0,73), az ASA-status (p = 0,43) és a BMI (p = 0,73) alapján.

A vizsgálati csoportban (A) három beteg esett át korábban laparotomián, és további három betegnek volt korábban laparoszkópos műtete, míg a kontrollcsoportban (B) egy betegnél laparotomia és két betegnél laparoszkópos beavatkozás szerepelt az anamnézisben (p = 0,74).

A demográfiai adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

A CME-műtét standard lépései (insufflatio, 'V-view', ileocolicus erek, colica dextra erek, Henle-véna, a. colica media) közötti időket és a teljes műteti időtartamot megvizsgálva, az eredmények (n = 29) nem mutatnak szignifikáns eltérést a vizsgálati és a kontrollcsoport között ('V-view', p = 0,61; ileocolicus, p = 0,67; colica dextra, p = 0,51; Henle-véna, p = 0,36; a. colica media, p = 0,25; SUM, p = 0,74).

Konverzió egy-egy esetben történt a vizsgálati és a kontrollcsoportban adhéziók, illetve súlyos centrális lymphadenopathia miatt (p = 0,75).

Az előzetes adatok szerint a kórházi ápolási napok (p = 0,29), illetve a 30 napos morbiditás tekintetében (p = 0,82) sem észlelhető egyelőre szignifikáns eltérés.

A 3D vizsgálati csoportban az átlagos eltávolított nyirokcsomószám 42,5, míg a kontrollcsoportban 37,7; a különbség egyelőre itt sem szignifikáns (p = 0,76), és a sebészi specimennek minősége is megegyezik.

1. táblázat | A vizsgálati populáció és a kontrollcsoport demográfiai adatai

	3D csoport n = 18	Kontrollcsoport n = 11	p
Életkor, évek	76 (46–79)	73 (54–86)	0,80
Nem, férfi	12 (66%)	8 (73%)	0,73
ASA			0,43
I.	1	0	
II.	15	9	
III.	2	2	
BMI, kg/m <sup>2</sup>	25,6 (15,5–33,1)	24,9 (19,1–33,1)	0,73
BMI >30 kg/m <sup>2</sup>	2/18 (11%)	3/11 (27%)	0,32
Korábbi laparotomia és/vagy laparosz- kópia	6/18 (33%)	3/11 (27%)	0,74

ASA = Amerikai Aneszteziológusok Társasága; BMI = testtömegindex

2. táblázat | Intraoperatív és posztoperatív eredmények, patológiai adatok

	3D csoport n = 18	Kontrollcsoport n = 11	p
Az egyes műtéti lépések ideje (perc)			
'V-view'	12 (6–48)	15 (8–20)	0,61
Ileocolicus	18 (9–153)	17 (8–38)	0,67
Colica dextra	11 (4–22)	16 (3–28)	0,51
Henle-véna	23 (1–37)	14,5 (4–36)	0,36
Colica media	9 (1–25)	8 (1–41)	0,25
Centrális dissectio (V-view -->Colica media)	60 (27–197)	68 (28–124)	0,74
Teljes műtéti idő	160 (93–245)	163 (92–208)	0,99
Konverzió (alkalom)	1	1	0,75
Vérvesztés (ml)	50 (20–100)	50 (50–300)	0,40
Érsérülés (alkalom)	0	0	
LOHS (napok)	5 (4–30)	5 (4–8)	0,29
30 napos morbiditás Clavien–Dindo 0–II. (esemény)	16	10	0,86
30 napos morbiditás Clavien–Dindo III–IV. (esemény)	2	1	
pT			0,88
0.	0 (0%)	0 (0%)	
1.	4 (22%)	4 (36%)	
2.	1 (6%)	0 (0%)	
3.	13 (72%)	5 (45%)	
4.	0 (0%)	2 (18%)	
pN			0,57
0.	14 (78%)	8 (63%)	
1.	0 (0%)	3 (27%)	
2.	4 (22%)	0 (0%)	
3.	0 (0%)	0 (0%)	
pM1	0 (0%)	1 (0,9%)	0,34
Az eltávolított nyirokcsomók száma t <sub>lag</sub> (intervallum)	42,5 (3–84)	37,7 (19–53)	0,76
A D3-régió nyirokcsomói t <sub>lag</sub> (intervallum)	6,9 (2–13)	5,7 (2–9)	0,44

LOHS = a kórházi tartózkodás hossza; pT, pN, pM = patológiai TNM- (tumor, nodus, metastasis) stádiumok

Eddig két esetben végeztünk relaparoszkópiát klinikailag felmerülő varratelégtelenség miatt, azonban egyik esetben sem találtunk sebési szövődeményt. Egy esetben *Clostridium difficile* colitis, a második esetben funkcionális passzázsavar igazolódott. Mortalitás nem volt.

Az intra- és posztoperatív eredményeket, valamint a patológiai adatokat a 2. táblázat szemlélteti.

A 3D modellek sebészek általi szubjektív megítélése igen jó, általánosságban és átlagosan a modell hasznosságát 7,6/10,0 pontszámmal értékelik.

Ha az egyes lépéseket vizsgáljuk, az átlagnál jobb eredményt az ileocolicus erek felkeresésében (7,8/10,0), a Henle-véna-ágak azonosításában (8,3/10,0) és az a./v. colica media lefutás identifikálásában (7,4/10,0) ért el a 3D modell, míg a v. mesenterica superior felkeresésében (7,3/10,0), az a./v. colica dextra ellátásában (7,1/10,0)

3. táblázat | A 3D modell értékelési mutatói

	3D csoport n = 18	Kontrollcsoport n = 11
A modell általános értékelése (0–10)	7,6 (5–10)	n. a.
A modell részletes értékelése (0–10)	7,8 (5–10)	n. a.
V. mesenterica superior	7,3 (5–9)	n. a.
A./v. colica dextra	7,1 (4–9)	n. a.
Henle-véna	8,3 (6–10)	n. a.
A./v. colica media	7,4 (5–9)	n. a.
Gastroepiploicus dissectio	5,2 (3–8)	n. a.
Anatómiai tájékozódás	7,9 (6–10)	n. a.
Sebészi „flow”	7,3 (5–9)	n. a.
Radikalitás	5,5 (3–9)	n. a.

n. a. = nincs adat

és a gastroepiploicus dissectio elvégzésében (5,2/10,0) gyengébb volt a modell értékelése.

A modell alkalmazásával a műtét alatt az anatómiai tájékozódás biztonságérzete szubjektíven jobb volt (7,9/10,0), és a műtét menetét (sebészi „flow”) gördülékenyebbnek érezték a sebészek (7,3/10), az onkológiai radikalitás tekintetében azonban nem volt ilyen kifejezett a 3D modell szubjektív hozadéka (5,5/10,0).

A modellek értékelését a 3. táblázat foglalja össze.

## Megbeszélés

A jobb oldali vastagbél-daganatoknál a CME, valamint a centrális érellátás és a D3-lymphadenectomia onkológiai előnyeiről – és a hagyományos jobb hemicolectomiához viszonyított biztonságáról – egyre több irodalmi adat áll rendelkezésre. A műtési technika azonban az adatok ellenére továbbra sem standard eljárás, és elterjedése nem általános. Ennek hátterében több tényező is állhat; egyrészt a műtési technika komplexitása és az abból fakadó igazoltan hosszabb műtési idő, továbbá az esetleges mesenterialis érsérülésektől és a gyakoribb sebészi szövődeményektől való félelem, annak ellenére, hogy a legtöbb vizsgálat biztonságosnak találta a CME-műtéteket [14–17].

Különösen laparoszkópos megközelítésben okozhat nehézséget a mesenteriumgyök körüli centrális D3-nyirokcsomódissectio, ehhez és a komplex sebészi anatómia megértéséhez nyújt segítséget többek között a lépésről lépésre kidolgozott standardizált 'critical view' műtési algoritmus és az ún. 'open-book' modell [12].

A műtét alatti tájékozódáshoz, a D3-lymphadenectomia elvégzéséhez és az érsérülések elkerüléséhez kiemelkedő fontosságú a mesenterium és a mesocolon vascularis anatómiájának preoperatív feltérképezése, hiszen

az erek lefutása és elrendezése nagy variabilitást mutat [18–21].

A 3D CT-angiográfiának a preoperatív és intraoperatív hasznosságát laparoszkópos colorectalis reszekciónál *Mari és mtsai* igazolták egy randomizált vizsgálatban 2013-ban. A klinikai kutatás során a vizsgálati csoportban a sebészek rendelkezésére állt egy 3D rekonstruált angio-CT-felvétel a műtét előtt és alatt, míg a kontrollcsoportban a felvételt csak a műtét után láthatták. A vizsgálati csoportban kevesebb volt az intraoperatív vérzés, rövidült a műtési idő, és könnyebb volt a célerék felkérése, ha rendelkezésre állt a 3D CT-angiográfia [22].

Hasonló következtetésre jutottak *Deng és mtsai*, akik a műtét előtt végzett CT-angiográfia szerepét vizsgálták. A kutatások során mind a műtési idő, mind a műtési vérveszteség kevesebb volt abban a csoportban, amelyiknél a műtét előtt célzott mesenterialis CT-angiográfia is rendelkezésre állt, nem találtak azonban különbséget a morbiditási és a patológiai mutatók tekintetében [23]. Fontos megjegyezni, hogy a fenti vizsgálatokban jobb és bal oldali vastagbél-műtétek és végbélreszekciók is szerepeltek.

Kifejezetten az a. mesenterica inferior ágrendszer preoperatív CT-angiográfiás feltérképezését és a variációk műtési döntésre gyakorolt hatását vizsgálták *Canedo-Antelo és mtsai*. A vizsgálat során arra a következtetésre jutottak, hogy a vascularis anatómia preoperatív ismerete az esetek 40%-ában módosította az artériák átvágásának magasságát [24].

A legtöbb hasonló jellegű vizsgálat nem tesz különbséget a jobb és a bal oldali vastagbél-műtétek között, többségük retrospektív adatokra támaszkodik, vagy csak a radiológiailag detektált és a valós vascularis anatómia közötti különbségekre összpontosít [21–26].

*Chen és mtsai* prospektív, randomizált vizsgálatukban CME-vel végzett jobb hemicolectomia esetében vizsgálták a preoperatív CT-angiográfia, a 3D érrekonstrukció és a 3D nyomtatott érmodell hasznosságát. A vizsgálat során a betegeket három csoportra osztották aszerint, hogy a mesenterialis vascularis anatómia feltérképezéséhez 3D nyomtatott modell, 3D rekonstruált virtuális modell vagy csak CT-angiográfia történt. A műtéteket két orvoscsoporthoz osztották – egy tapasztalt és egy tréningben lévő – végezte, az adatokat külön is összehasonlították. A vizsgálat során mindkét orvoscsoporthoz esetében jelentősen csökkent a műtési idő, ha 3D virtuális vagy 3D nyomtatott érmodellt használtak, továbbá kevesebb volt a műtési vérveszteség, és több volt az eltávolított nyirokcsomó. A morbiditási mutatók és a kórházi ápolási idők nem különböztek szignifikánsan [27].

A CME-műtét minőségének és kellő radikalitásának egyik fontos mutatója – a nyirokcsomószámán felül – a sebészi specimen értékelése, ez azonban a fenti vizsgálatban nem szerepelt [12]. A fenti vizsgálatban a részt vevő sebészek pontos száma nem egyértelmű. A tapasztalt csapat besorolása minimum összesen 26 elvégzett jobb hemicolectomiát jelentett, amely közepes esetszámnak tekinthető, időbeli eloszlását nem részletezték [27].

Klinikai vizsgálatunkban a műtéti lépéseket és a D3-lymphadenectomia minőségének értékelését is a nemzetközileg javasolt standardizált módon végezzük, így – véleményünk szerint – az összehasonlítás is megbízhatóbb lesz.

A standardizálás további erősítésére vizsgálatunk során a műtéteket csak két tapasztalt sebész végzi, ezzel igyekszünk a heterogenitást lehetőleg tovább csökkenteni.

A RACOMERC prospektív klinikai vizsgálat 2012 és 2021 között 258, laparoskopos CME-vel végzett jobb hemicolectomia esetében elemezte a preoperatív CT-angiográfia és a 3D rekonstrukció hasznosságát. A kutatás során 187 esetben készült CT-angiográfia és 3D rekonstrukció a mesenterialis érkepletekről, míg 71 esetben csak hagyományos multifázisos CT készült. A RACOMERC vizsgálat során kevesebb volt az intraoperatív érsérülés, és rövidült a műtéti idő azokban az esetekben, amelyekben a 3D angiográfia rendelkezésre állt. A különbségek mindkét esetben szignifikánsak voltak, a vizsgálati és a kontrollcsoport kiválasztása azonban nem randomizált módon történt, és az idő előrehaladtával egyre több beteg került a vizsgálati csoportba. A szubjektív kiválasztás és a hosszú vizsgálati időszak befolyásolhatta az eredményeket [28].

*Bian és mtsai* 2019-ben 80 betegnél vizsgálták a CT-angiográfia és a CT-kolonográfia fúziójának hasznosságát. A vizsgálat során a betegeket 1 : 1 arányban randomizálták, a vizsgálati csoportban CT-angiográfia 3D rekonstrukcióval és CT-kolonográfia készült, a kontrollcsoportban hagyományos multifázisos CT-vizsgálat történt. A vizsgálati csoportban a teljes műtéti idő és a műtét alatti vérzés kevesebb volt, illetve több nyirokcsomó került eltávolításra [29]. A vizsgálat randomizált volt, és mindössze 12 hónap alatt zajlott le, a műtéti időt azonban nem vizsgálta lépésekre lebontva, és az angiográfia elemzése kizárólagosan a Henle-véna variabilitására koncentrált. A mesenterialis éranatómia leképezése a centrális érlekötés és a D3-lymphadenectomia szempontjából fontos, ezek a lépések azonban a teljes műtéti időnek csak egy kis részét teszik ki, így az egyes lépések idejének összehasonlítása pontosabb képet adhat az angiográfia és a 3D rekonstrukció hasznosságáról.

Vizsgálatunkban a centrális érlekötés és a lymphadenectomia egyes lépéseit egyenként vizsgáljuk, és a műtéti idők mellett azt elemezzük, hogy mennyire segíti a 3D modell a sebész anatómiai tájékozódását, a vascularis anatómia megértését és az egyes standard lépések gördülékenységét.

A sebész szubjektív – akár fizikai, akár mentális – komfortérzete egy műtét során fontos emberi tényező a beavatkozás sikeressége szempontjából [30, 31]. Egy potenciálisan kihívást jelentő műtét komoly stresszel járhat, a műtetre való tudatos felkészülés – különösen az ún. mentális 3D vizualizáció – segítheti a műtét alatti rugalmasságot, adaptációt és végső soron a beavatkozás sikeres elvégzését [32].

A 3D modellek biztonságosabbá és precízebbé tehetik a műtéti tervezést azáltal is, hogy a nehezen értelmezhető, finom anatómiai struktúrák és elváltozások megértését segítik [33, 34]. Kutatásunk eddigi eredményei alapján a 3D modellt az operáló sebészek hasznosnak ítélik, különös tekintettel az anatómiai tájékozódás és a centrális lymphadenectomia során lekötésre kerülő ileocolicus, Henle-véna és colica media erek felkeresése során. A műtéti lépések idejében egyelőre nem látunk szignifikáns különbséget a két csoport között, de a fent említett erek esetében javuló tendenciát látunk a 3D csoportnál. Várakozásaink szerint az elemszám növekedésével a műtéti időkből mérhető különbség szignifikáns lesz.

## Következtetés

Folyamatban lévő klinikai kutatásunk – tudásunk szerint – az első prospektív, randomizált vizsgálat az irodalomban, mely a 3D angiográfias rekonstrukció hasznosságát értékeli jobb oldali vastagbél-tumorok esetében a centrális érrelátás és a D3-lymphadenectomia hatékonyságára összpontosítva. Kutatásunkban mind a műtét lépéseinek, mind a műtét minőségének értékelése standardizált módon zajlik, és részletesen vizsgáljuk a 3D modell hatását a centrális lymphadenectomia egyes lépéseire.

A vizsgálat előzetes eredményeiből látható, hogy az operáló sebészek komfortosabbnak és gördülékenyebbnak érzik a műtétet, ha rendelkezésükre áll a 3D modell, különösen azoknál a kulcsfontosságú lépéseknél, amelyek meghatározzák a centrális lymphadenectomia sikerességét.

*Anyagi támogatás:* A szerzők a Tématerületi Kiválósági Program (TKP2020-NKA-26) támogatásában részesültek. A 3D rekonstrukció elkészítéséhez szükséges anyagi fedezetet a Semmelweis Egyetem STIA-KFI-2020. azonosítószámú pályázata biztosítja.

*Szerzői munkamegosztás:* A cikk szerkesztése: Sz. T. Adatgyűjtés: G. O. Zs. Radiológiai képalakítás: Sz. L. 3D modellek készítése: B. J. I. Statisztikai analízis: B. B. Műtéti tevékenység: D. Zs., Sz. T., W. D. A kutatás szervezése: M. T. A cikk végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

*Érdekltségek:* A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

## Irodalom

- [1] Bertelsen CA, Neuenschwander AU, Jansen JE, et al. 5-year outcome after complete mesocolic excision for right-sided colon cancer: a population-based cohort study. *Lancet Oncol.* 2019; 20: 1556–1565. Erratum: *Lancet Oncol.* 2020; 21: e372.
- [2] Nelson H, Sargent DJ, Wieand HS, et al. A comparison of laparoscopically assisted and open colectomy for colon cancer. *N Engl J Med.* 2004; 350: 2050–2059.
- [3] Buunen M, Veldkamp R, Hop WC, et al. Survival after laparoscopic surgery versus open surgery for colon cancer: long-term



- outcome of a randomised clinical trial. *Lancet Oncol.* 2009; 10: 44–52.
- [4] Guillou PJ, Quirke P, Thorpe H, et al. Short-term endpoints of conventional versus laparoscopic-assisted surgery in patients with colorectal cancer (MRC CLASICC trial): multicentre, randomised controlled trial. *Lancet* 2005; 365: 1718–1726.
- [5] Balciscueta Z, Balciscueta I, Uribe N, et al. D3-lymphadenectomy enhances oncological clearance in patients with right colon cancer. Results of a meta-analysis. *Eur J Surg Oncol.* 2021; 47: 1541–1551.
- [6] Fletcher J, Ilangovan R, Hanna G, et al. The impact of three-dimensional reconstruction and standardised CT interpretation (AMIGO) on the anatomical understanding of mesenteric vascular anatomy for planning complete mesocolic excision surgery: a randomised crossover study. *Colorectal Dis.* 2022; 24: 388–400.
- [7] Emanuel EJ. Reconsidering the Declaration of Helsinki. *Lancet* 2013; 381: 1532–1533.
- [8] Leung V, Sastry A, Woo TD, et al. Implementation of a split-bolus single-pass CT protocol at a UK major trauma centre to reduce excess radiation dose in trauma pan-CT. *Clin Radiol.* 2015; 70: 1110–1115.
- [9] Dohan A, Dautry R, Guerrache Y, et al. Three-dimensional MDCT angiography of splanchnic arteries. Pearls and pitfalls. *Diagn Interv Imaging* 2015; 96: 187–200.
- [10] Barabás JI, Ghimesy ÁK, Rényi-Vámos F, et al. Innovation in medicine: opportunities of 3D modeling and printing for perioperative care of cardio and thoracic surgical patients. Experiences in Hungary. [Innovációs lehetőségek a medicinában: 3D tervezési és 3D nyomtatási lehetőségek a felnőtt szív- és mellkasbészeti betegellátásban. Magyarországi tapasztalatok.] *Orv Hetil.* 2019; 160: 1967–1975. [Hungarian]
- [11] Strey CW, Wullstein C, Adamina M, et al. Laparoscopic right hemicolectomy with CME: standardization using the “critical view” concept. *Surg Endosc.* 2018; 32: 5021–5030.
- [12] Benz S, Tannapfel A, Tam Y, et al. Proposal of a new classification system for complete mesocolic excision in right-sided colon cancer. *Tech Coloproctol.* 2019; 23: 251–257.
- [13] Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg.* 2004; 240: 205–213.
- [14] Crane J, Hamed M, Borucki JP, et al. Complete mesocolic excision versus conventional surgery for colon cancer: a systematic review and meta-analysis. *Colorectal Dis.* 2021; 23: 1670–1686.
- [15] Di Buono G, Buscemi S, Cocorullo G, et al. Feasibility and safety of laparoscopic complete mesocolic excision (CME) for right-sided colon cancer: short-term outcomes. A randomized clinical study. *Ann Surg.* 2021; 274: 57–62.
- [16] Magistro C, Bertoglio CL, Giani A, et al. Laparoscopic complete mesocolic excision versus conventional resection for right-sided colon cancer: a propensity score matching analysis of short-term outcomes. *Surg Endosc.* 2022; 36: 3049–3058.
- [17] Wang C, Gao Z, Shen K, et al. Safety, quality and effect of complete mesocolic excision vs non-complete mesocolic excision in patients with colon cancer: a systemic review and meta-analysis. *Colorectal Dis.* 2017; 19: 962–972.
- [18] Haywood M, Molyneux C, Mahadevan V, et al. Right colic artery anatomy: a systematic review of cadaveric studies. *Tech Coloproctol.* 2017; 21: 937–943.
- [19] Ogino T, Takemasa I, Horitsugi G, et al. Preoperative evaluation of venous anatomy in laparoscopic complete mesocolic excision for right colon cancer. *Ann Surg Oncol.* 2014; 21 (Suppl 3): S429–S435.
- [20] Cirocchi R, Randolph J, Davies RJ, et al. A systematic review and meta-analysis of variants of the branches of the superior mesenteric artery: the Achilles heel of right hemicolectomy with complete mesocolic excision? *Colorectal Dis.* 2021; 23: 2834–2845.
- [21] Zhang JL, Guo XC, Liu J, et al. Preoperative evaluation using multi-slice spiral CT angiography of right-side colon vascular in laparoscopic radical operation for right colon cancer. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi.* 2019; 57: 927–933. [Chinese]
- [22] Mari FS, Nigri G, Pancaldi A, et al. Role of CT angiography with three-dimensional reconstruction of mesenteric vessels in laparoscopic colorectal resections: a randomized controlled trial. *Surg Endosc.* 2013; 27: 2058–2067.
- [23] Deng R, Mo L, He X, et al. Preoperative evaluation of multi-slice spiral computed tomography angiography in laparoscopic radical operation for colorectal carcinoma. *Zhonghua Wei Chang Wai Ke Za Zhi.* 2016; 19: 308–311. [Chinese]
- [24] Canedo-Antelo M, García-Figueiras R, Quintero-Rivera JC, et al. Usefulness of computed tomography angiography in the preoperative workup of patients with colorectal cancer. *J Comput Assist Tomogr.* 2022; 46: 349–354.
- [25] Nesgaard JM, Stimec BV, Bakka AO, et al. Navigating the mesentery: a comparative pre- and per-operative visualization of the vascular anatomy. *Colorectal Dis.* 2015; 17: 810–818.
- [26] Grytsenko S, Dzyubanovsky I, Hrytsenko I, et al. Preoperative computed tomography angiography in multidisciplinary personalized assessment of patient with right-sided colon cancer: surgeon and radiologist point of view. *Arq Bras Cir Dig.* 2022; 35: e1679.
- [27] Chen Y, Bian L, Zhou H, et al. Usefulness of three-dimensional printing of superior mesenteric vessels in right hemicolon cancer surgery. *Sci Rep.* 2020; 10: 11660.
- [28] Romano G, Di Buono G, Galia M, et al. Role of preoperative CT angiography with multimodality imaging reconstruction to perform laparoscopic complete mesocolic excision (CME) and central vascular ligation (CVL) in right-sided colon cancer. Is it really useful? A prospective clinical study. *Eur J Surg Oncol.* 2023; 49: 209–216.
- [29] Bian L, Wu D, Chen Y, et al. Clinical value of multi-slice spiral CT angiography, colon imaging, and image fusion in the preoperative evaluation of laparoscopic complete mesocolic excision for right colon cancer: a prospective randomized trial. *J Gastrointest Surg.* 2020; 24: 2822–2828.
- [30] Galleano R, Carter F, Brown S, et al. Can armrests improve comfort and task performance in laparoscopic surgery? *Ann Surg.* 2006; 243: 329–333.
- [31] Supe AN, Kulkarni GV, Supe PA. Ergonomics in laparoscopic surgery. *J Minim Access Surg.* 2010; 6: 31–36.
- [32] Mueller F, Brommelsiek M, Sutkin G. Mental 3D visualization: building surgical resilience for performing high-risk procedures. *J Surg Educ.* 2022; 79: 809–817.
- [33] Földi E, van der Geest RJ, Tóth A, et al. 3D MRI left atrial scar map guided anatomical pulmonary vein resection. [3D MRI bal pitvari hegtérkép által vezérelt anatómiai pulmonalis véna rezeleció.] *Orv Hetil.* 2022; 163: 767–772. [Hungarian]
- [34] Dorogi G, Bodnár P, Nagy K. Automatic bone segmentation for oral surgical planning. [Automatikus csontszegmentáció szájsebészeti műtéti tervezés támogatására.] *Orv Hetil.* 2022; 163: 1840–1846. [Hungarian]

(Sztipits Tamás dr.,  
Budapest, Ráth Gy. u. 7–9., 1122  
e-mail: sztipits.tamas@oncol.hu)