

Arterial variations in the upper abdominal region and their surgical relevance - with special focus on the blood supply of the pancreas

Ph.D. tézisek

Dr. Szuák András
Operatív Orvostudományi Tagozat
Semmelweis Egyetem



Témavezető: Dr. Harsányi László, Ph.D, egyetemi tanár
Konzulens: Dr. Nemeskéri Ágnes, Ph.D, egyetemi docens

Hivatalos bírálók: Dr. Németh Norbert, D.Sc, egyetemi tanár
Dr. Altdorfer Károly, Ph.D, egyetemi docens

Komplex vizsga szakmai bizottság:

Elnök: Dr. Szijártó Attila, D.Sc, egyetemi tanár
Tagok: Dr. Rigó János, D.Sc, egyetemi tanár
Dr. Terebessy Tamás, Ph.D, egyetemi docens
Dr. Szigeti Zsanett, Ph.D, főorvos

Budapest, 2024

1. BEVEZETÉS

Magyarországon évente nagyságrendileg 3000 malignus pancreastumort diagnosztizálnak, és a mortalitás is hasonló mértékű. Gyógyulás csak megfelelő sebészi eltávolítással lehetséges, a leggyakoribb műtéttípusok a pancreatectomia (Whipple-műtét) és a pylorusmegtartásos pancreatectomia (PPPD). E beavatkozások műtéti szövődményei lehetnek a fistula képződés, a postoperatív vérzés vagy a diabetes mellitus. A régióban nagy gyakorisággal előforduló artériás variációk állhatnak vérzés hátterében, vagy bizonyos esetekben egy aberráns artéria meghiúsíthatja a beteg operabilitását.

2. CÉLKITŰZÉS

A pancreast ellátó artériák nagy fokú variációi kritikusak lehetnek a régió sebészetében, valamint az intervenciós beavatkozások során is nélkülözhetetlen ismeretük. **Elsődleges célunk** a felső hasi artériás variációk feltérképezése, különös tekintettel a pancreas vérellátására.

A nemzetközi irodalom alapján portális annuláris pancreas esetén a pancreatectomia síkját az általánosan használt v. mesenterica superior síkjához képest balra érdemes kiterjeszteni. **Második célunk** annak vizsgálata, hogy az említett speciális alaki variáción kívüli esetekben a rezekciós sík megváltoztatása csökkentheti-e a postoperatív vérzés kockázatát. Kutatásunk során azt a síkot határoztuk meg optimálisnak, melynél az adott síkba eső összesített vascularis átmérő a legkisebb.

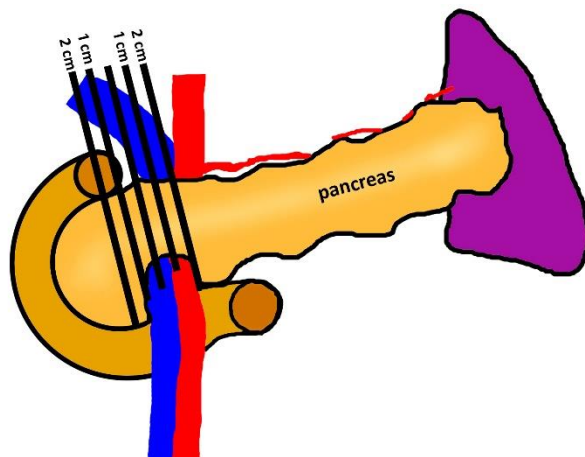
3. MÓDSZEREK

Kutatásunk alapját 50 darab hasi érkorroziós készítmény képezi, melyek készítése folyamán a korroziós technikát is továbbfejlesztettük. A preparátumokat humán hasi zsigerkomplexumokból készítettük, melyek az Intézetünkbe érkezett elhunytakból kerültek eltávolításra (TUKÉB

eng. szám: 185/2004). Az elhunytak még életükben nyilatkozatban ajánlották fel holttestüket oktatási és kutatási célokra. A kutatásba olyan eseteket választottunk, amelyeknél pancreast érintő kórkép nem szerepelt, sem hasi trauma, sem egyéb, szabad szemmel látható makroszkópos eltérés.

A preparálás során az aorta abdominalist kanüláltuk, a tr. coeliacus és az a. mesenterica superior ágrendszerét érintetlenül hagytuk, a többi oldalágat lekötöttük. A v. portae-t a máj hilusánál 25 esetben szintén kanüláltuk. A kanülált érkepletekbe a Kiss Mátyás által kidolgozott gyantakeveréket injektáltuk, majd a gyanta megszilárdulása után a parenchymát sósavval vagy KOH oldattal korrodáltuk.

Az így kapott korróziós öntvényeket elemeztük, majd fotó és CT felvételeket is készítettünk róluk. A CT felvételek lehetővé tették a pancreaticoduodenalis artériás árkádok átmérőinek mérését és a régió variációink pontos dokumentálását. Továbbá a CT felvételek multiplanáris rekonstrukcióival sikerült rezekciós síkokat szimulálnunk, melyeken az adott síkba eső összesített érátmérőket nyílt lehetőségünk megmérni (1. ábra).



1. ábra: a v. mesenterica superior síkjában, illetve attól 1 és 2 cm távolságban szimulált rezekciós síkok

4. EREDMÉNYEK

4.1. Aorta abdominalis

Vizsgált anyagunkban az aorta abdominalisból minden esetben eredt arteria mesenterica superior, a truncus coeliacus tekintetében viszont több eredési variáció is megfigyelhető volt. A leggyakoribb variáció a truncus hepatolienalis volt, melyek esetében az arteria gastrica sinistra közvetlenül az aortából eredt (az arteria hepatica communis és arteria lienalis formáltak közös törzset); ezt a variációt 6 preparátumnál (12%) is láthattuk. Két esetben (4%) truncus gastrolienalist találtunk (az arteria gastrica sinistra és arteria lienalis közös eredése).

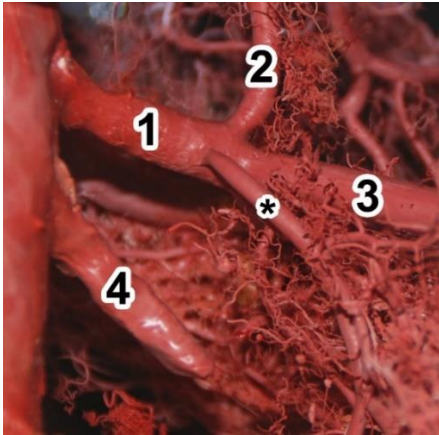
4.2. Truncus coeliacus

A truncus coeliacus elsődleges ágainak elemzésekor a klasszikus anatómiai leírások szerinti trifurcatiot csak 13 (26%) esetben találtunk. Huszonnyolc esetben láttuk a leggyakoribb mintázatot, melynél az a. gastrica sinistra a truncus coeliacus első ága, majd valamivel distalisabban a truncus coeliacus szétválik a. hepatica communisra és a. lienalisra. Egy esetben az a. hepatica communis volt a truncus coeliacus első ága. Két preparátumon dupla a. gastrica sinistrát találtunk. A truncus coeliacusnak több esetben egyéb extra oldalágai is voltak. Tizenegy esetben a truncus coeliacusból eredt az egyik oldali a. phrenica inferior, egy esetben pedig mindkét oldali a. phrenica inferior. Egy-egy készítmény esetében volt megfigyelhető truncus coeliacusból eredő a. gastroduodenalis, bal oldali a. suprarenalis superior, a. pancreaticoduodenalis inferior (2. ábra) és a. pancreaticoduodenalis inferior posterior (3. ábra).

4.3. Arteria gastrica sinistra

A truncus coeliacus ágai közül az arteria gastrica sinistra variációból elsősorban a belőle alkalmanként eredő extrahepatikus artériák bírnak

sebészeti jelentőséggel. Az ötven készítmény közül tizenkét esetben (24%) találtunk arteria gastrica sinistrából eredő „replaced” vagy „accessory” arteria hepatica sinistrát.



2. ábra. Az a. pancreaticoduodenalis inferior a truncus coeliacusból ered. 1: truncus coeliacus; 2: a. gastrica sinistra; 3: a. hepatica communis; 4: a. mesenterica superior; *: a. pancreaticoduodenalis inferior



3. ábra. Az a. pancreaticoduodenalis inferior posterior a truncus coeliacusból ered. 1: truncus coeliacus; 2: a. gastrica sinistra; 3: a. hepatica communis; 4: a. mesenterica superior; 5: a. pancreaticoduodenalis inferior posterior

4.4. Arteria lienalis

Az a. lienalis lefutása során több ágat is lead a pancreas testéhez, melyeket a nomenclatura arteria pancreatica dorsalis, arteria pancreatica magna és arteria caudae pancreatica néven illet. Sajnálatos módon a mai napig sem tisztázott e nomenclatura megfelelő használata a szakirodalomban. Kijelenthető, hogy az előbbi ágak nem minden esetben vannak jelen, és bizonyos esetekben több is található belőlük. Készítményeinken ugyanis 6 esetben (12%) csak egy ágat adott az a. lienalis a pancreas irányába, illetve 14 esetben (28%) csak két ágat, ami

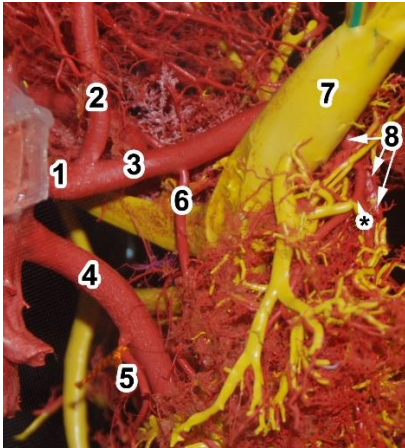
alátámasztja a fenti artériák némelyikének nem állandó voltát, esetlegességét. Tíz esetben (20%) az a. lienalis négy, 4 esetben (8%) öt ágat adott a pancreas irányába, ami némely artériák többszörös előfordulását igazolják. Az a. lienalis 16 esetben (32%) adott három ágat a pancreas parenchymájának ellátására.

4.5. Arteria hepatica communis

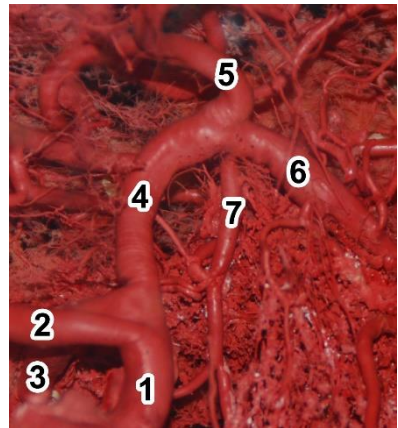
A preparátumokon az a. hepatica communis két kivétellel jelen volt. Az egyik ilyen kivétel esetében a truncus coeliacusból közös törzs nélkül, közvetlenül ágaztak le az a. hepatica dextra és sinistra. A másik kivétel esetében az a. gastrica sinistrából eredő „replaced” a. hepatica sinistra, valamint az a. mesenterica superiorból eredő „replaced” a. hepatica dextra látta el a májat.

Az esetek 22%-ában az a. hepatica communis extra oldalággal rendelkezett, valamint további 22%-ban az a. hepatica communis kettőnél több végággal rendelkezett. Az extra oldalággal rendelkező 11 preparátum közül 7 esetben a pancreas testének ellátásában részt vevő artéria eredt az a. hepatica communisból. Az a. pancreaticoduodenalis inferior posterior (4. ábra) 2 esetben eredt az a. hepatica communisból. A további ötvényeken 1-1 alkalommal bizonyult az extra ág a. gastrica dextrának, illetve a. pancreaticoduodenalis superior posteriornak. Azon esetekben, ahol az a. hepatica communisnak kettőnél több ága volt, a leggyakrabban trifurcatiot (14%) találtunk. A trifurcatio során három esetben az a. hepatica communis végágai az a. gastroduodenalis és az a. hepatica dextra és sinistra voltak. Szintén három preparátum esetében az a. hepatica communis végágai az a. hepatica propria, a. gastroduodenalis és az a. gastrica dextra voltak. Egy esetben az a. hepatica propria, a. gastroduodenalis és a. pancreaticoduodenalis superior posterior alkottak trifurcatiot az arteria hepatica communis végágaiként (5. ábra).

Quadrifurcatiot három ötvényen figyeltünk meg (6%). Érdekes módon mindhárom esetben az a. gastroduodenalis, az a. hepatica dextra és sinistra valamint az a. gastrica dextra formálták a quadrifurcatiot. Egyetlen preparátum esetében találtunk pentafurcatiot, mely esetben az a. hepatica communis végágai az a. gastroduodenalis, az a. gastrica dextra, az a. hepatica dextra és sinistra valamint egy, a máj 4-es szegmentjét ellátó artéria voltak.



4. ábra. Az a. pancreaticoduodenalis inferior posterior az a. hepatica communis ága. 1: truncus coeliacus; 2: a. gastrica sinistra; 3: a. hepatica communis; 4: a. mesenterica superior; 5: a. pancreaticoduodenalis inferior anterior; 6: a. pancreaticoduodenalis inferior posterior; 7: vena portae; 8: a. gastroduodenalis; *: a. pancreaticoduodenalis superior posterior



5. ábra. A. hepatica communis trifurcatio. 1: truncus coeliacus; 2: a. gastrica sinistra; 3: a. lienalis; 4: a. hepatica communis; 5: a. hepatica propria; 6: a. gastroduodenalis; 7: a. pancreaticoduodenalis superior posterior

4.6. Arteria gastroduodenalis

Az a. gastroduodenalis az esetek 86%-ában az a. hepatica communis ága volt. Egy esetben az a. gastroduodenalis közvetlenül a truncus coeliacus

ága volt, kettő esetben az a. hepatica dextra ága, négy esetben az a. hepatica sinistra ága volt.

4.7. Pancreaticoduodenalis artériák

Arteria pancreaticoduodenalis superiorot csupán az esetek 10%-ában találtunk, a preparátumok többségénél (90%) nem található közös artériás törzs, így az a. pancreaticoduodenalis superior anterior és posterior külön erednek. Az a. pancreaticoduodenalis inferior az esetek a készítmények 80%-án jelen volt. Az a. pancreaticoduodenalis inferiorból az esetek 70%-ában jejunumot ellátó artériák is eredtek. Azon preparátumoknál, ahol az a. pancreaticoduodenalis inferior anterior és posterior külön eredt (20%), valamelyikükből az esetek 80%-ában eredtek jejunumot ellátó artériák.

4.7.1. Arteria pancreaticoduodenalis superior

Azon preparátumokon, melyeken jelen volt az a. pancreaticoduodenalis superior, az minden esetben az a. gastroduodenalisból eredt.

Az a. pancreaticoduodenalis superior posterior két esetben az a. hepatica communis ága volt, egy esetben az a. hepatica propriából ágazott le és két esetben egy „replaced” a. hepatica dextra ága volt.

Az a. pancreaticoduodenalis superior anterior tekintetében nem volt variációs eredés az általunk vizsgált 50 preparátumon: amennyiben jelen volt az a. pancreaticoduodenalis superior, annak ága volt, egyebekben az a. gastroduodenalisból ágazott le.

4.7.2. Arteria pancreaticoduodenalis inferior

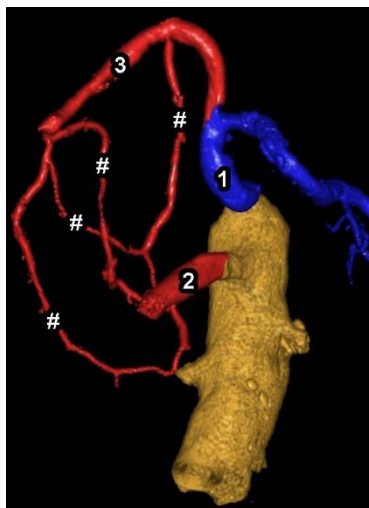
Az a. pancreaticoduodenalis inferior eredési variációi két öntvényen voltak megfigyelhetők. Egy esetben a truncus coeliacus (2. ábra), egy másik esetben egy „replaced” a. hepatica dextra ága volt az a. pancreaticoduodenalis inferior.

Az a. pancreaticoduodenalis inferior anterior esetében nem találtunk aberráns eredést.

Az a. pancreaticoduodenalis inferior posterior eredése három alkalommal mutatott variációt. Egy-egy esetben a truncus coeliacus (3. ábra), az a. hepatica communis (4. ábra), illetve „replaced” a. hepatica dextra (Michels III) közvetlen ága volt az a. pancreaticoduodenalis inferior posterior.



6. ábra. Egy árkádot tartalmazó preparátum. 3D CT rekonstrukció.
1: truncus coeliacus; 2: a. mesenterica superior; 3: a. gastroduodenalis;
#: pancreaticoduodenalis árkád

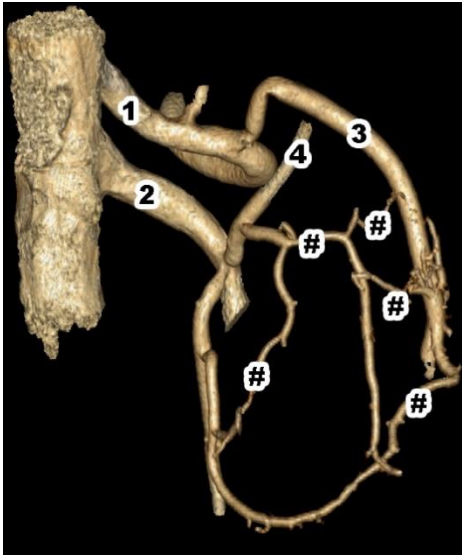


7. ábra. Négy árkádot tartalmazó preparátum. 3D CT rekonstrukció.
1: truncus coeliacus; 2: a. mesenterica superior; 3: a. gastroduodenalis;
#: pancreaticoduodenalis árkádok

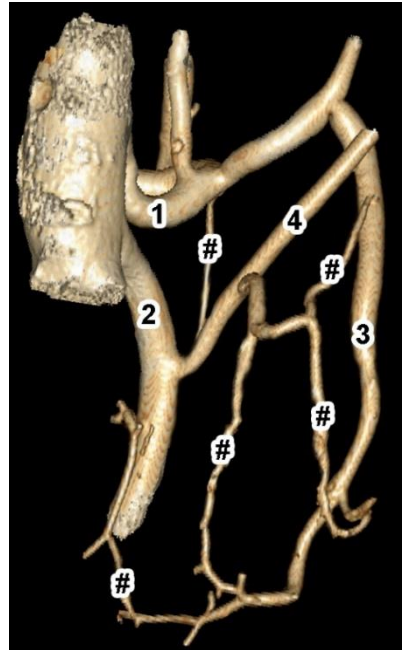
4.7.3. Pancreaticoduodenalis artériás árkádok

Normál anatómia estén 2 pancreaticoduodenalis artériás árkád van jelen, az 50 preparátumunk közül 29 estben tapasztaltuk ezt (58%). Minden esetben legalább egy árkád fellelhető volt, 3 esetben 1 árkádot találtunk (6%) (6. ábra), 15 esetben 3 árkád (30%), 1 esetben 4 árkád (2%) (7. ábra) és 2 esetben 5 árkád (4%) (8. és 9. ábra) volt megfigyelhető. Az árkádok

átmérőit a CT felvételek alapján mértük meg, majd a 2 árkáddal rendelkező preparátumok esetén vizsgálatuk a dominancia kérdését



8. ábra. Öt árkádot tartalmazó preparátum. 3D CT rekonstrukció.
1: truncus coeliacus; 2: a. mesenterica superior; 3: a. gastroduodenalis;
4: aberráns a. hepatica dextra;
#: pancreaticoduodenalis árkádok



9. ábra. Öt árkádot tartalmazó preparátum. 3D CT rekonstrukció.
1: truncus coeliacus; 2: a. mesenterica superior; 3: a. gastroduodenalis;
4: aberráns a. hepatica dextra;
#: pancreaticoduodenalis árkádok

(1. táblázat). Az elülső árkád átmérőinek átlaga $1,472 \pm 0,432$ mm, a hátsó árkád esetében $1,383 \pm 0,343$ mm volt. A dominancia megállapítására különböző kritériumokat dolgoztunk ki. Az első kritériumnál bármekkora különbség esetén a nagyobb dominánsnak számított, míg a második kritériumnál egy 0,3 mm-es minimális különbség volt elvárt. A keresztmetszetet alapul véve 25%, illetve 50% minimális keresztmetszeti különbséget állapítottunk meg kritériumként.

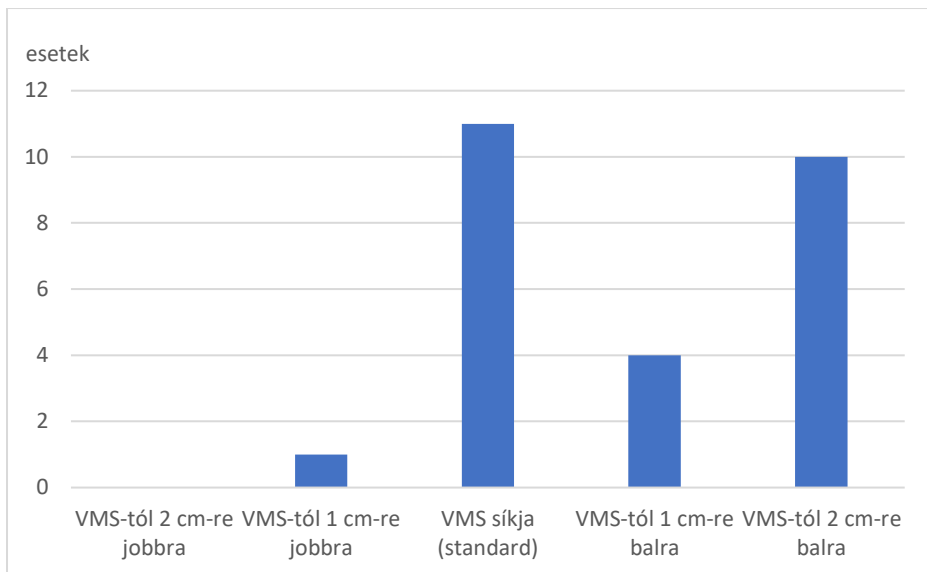
Az 50% keresztmetszeti különbség kritériuma már túl magas küszöbnek bizonyult, ebben a csoportban nem volt kimutatható dominancia a két árkád között, de a többi kritérium alkalmazása esetén az elülső árkád bizonyult az esetek többségében dominánsnak.

| Kritérium: | Bármekkora különbség | ≥ 0,3 mm átmérő különbség | ≥ 25% keresztmetszet különbség | ≥ 50% keresztmetszet különbség |
|------------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Elülső árkád domináns | 52% | 41% | 52% | 31% |
| Hátulsó árkád domináns | 38% | 24% | 35% | 31% |
| Nincs különbség | 10% | 35% | 13% | 38% |

1. táblázat. A pancreaticoduodenalis ívek dominanciája különböző kritériumok alapján.

4.7.4. Mérések szimulált rezekciós síkokban

Azon 25 esetben, ahol a v. portae is feltöltésre került, a v. mesenterica superior is azonosíthatóvá vált. Ezen preparátumok CT felvételein rezekciós síkokat szimuláltunk a v. mesenterica superior szintjében, valamint avval párhuzamosan jobb és bal oldalon 1, illetve 2 cm távolságban (1. ábra). Az így létrehozott síkokban a pancreas állományának megfelelően ábrázolódó összesített vascularis felszín mértük meg és hasonlítottuk össze. A legkisebb vascularis felszínel rendelkező síkot neveztük optimálisnak. A legtöbb esetben (11 eset) a v. mesenterica superior szintjében lévő sík bizonyult ideálisnak. A v. mesenterica superiorától 1 cm-re balra eső sík 4 esetben, a balra 2 cm-re eső sík 10 esetben volt optimális (2. táblázat). Utóbbi csoportban a standard v. mesenterica superior síkjához képest akár annak 29%-ára is csökkenhet az átvágásra kerülő vascularis felszín.



2. táblázat. Az optimális rezekciós sík 25 eset alapján. VMS: v. mesenterica superior

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Egy-egy adott érre vonatkozó irodalmi adatok állnak döntően rendelkezésre, melyeknél a normál, anatómiai variációk előfordulása 56-84%. Evvel szemben, ha az felső hasi artériás rendszer egészét vizsgáljuk, akkor a saját 50 preparátumunk közül csupán 3 esetben nem volt kimutatható anatómiai mintázattól való eltérés, mely felhívja a figyelmet a variációk vártnál gyakoribb jelenlétére.

Korábban az irodalomban nem közölt variációkat találtunk:

- tr. coeliacusból eredő a. pancreaticoduodenalis inferior (2. ábra)
- tr. coeliacusból eredő a. pancreaticoduodenalis inferior posterior (3. ábra)
- a. hepatica comminusból eredő a. pancreaticoduodenalis inferior posterior (4. ábra)

-a. hepatica communis trifurcatioja a. hepatica propriára, a. gastroduodenalisra és a. pancreaticoduodenalis superior posteriorra (5. ábra)

A pancreaticoduodenalis artériás árkádok tágulata már preoperatív képalkotó vizsgálat során felfedezhető, mely a tr. coeliacus szűkületét jelzi. A tágulat mértékétől függően előre tervezhető egy pancreasfej rezekció során szükséges további beavatkozás (lig. arcuatum medianum bemetszése, artériás anastomosis rekonstrukciója).

Kutatásunk alapján pancreaticoduodenectomia során a pancreas rezekció síkja számos esetben a v. mesenterica superior síkjától balra bizonyult ideálisnak. Preoperatív képalkotó alapján szűrt csoportban tovább vizsgálendő klinikai kutatás keretében a pancreasfej rezekciók bizonyos esetekben balra történő kiterjesztése.

A preoperatív képalkotó dokumentációjából létrehozható 3D rekonstrukciók lehetővé teszik a rezekciós sík előre tervezését, mely hozzájárulhat újabb sebészeti innovációkhoz (pl. robotsebészet).

6. SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

Szuák A, Németh K, Korom Cs, Gáti E, Karlinger K, Harsányi L, Nemeskéri Á, Pancreaticoduodenal arterial arcades: Their dominance and variations-their potential clinical relevance. Clin Anat. 2018 May;31(4):544-550. (IF: 1,813)

Szuák A, Korom Cs, Németh K, Nemeskéri Á, Harsányi L, Can the transection plane be optimized in pancreatic resections? Physiol Int. 2023 Feb 8;110(1):46-51. (IF: 1,4)

Szuák A, Halász V, Gáti E, Harsányi L, Nemeskéri Á, First Report on Arterial Anastomosis Between Transverse Pancreatic and Left Colic Arteries. International Case Studies Journal 2016 Feb;(5):01-08.

Összes IF: 3,213

A disszertáció témájához nem kapcsolódó társszerzős publikációk:

Rosero O, Németh K, Turóczy Z, Fülöp A, Garbaisz D, Gyórfly A, Szuák A, Dorogi B, Kiss M, Nemeskéri Á, Harsányi L, Szijártó A, Collateral circulation of the rat lower limb and its significance in ischemia-reperfusion studies. Surg Today. 2014 Dec;44(12):2345-53.

Kiss M, Deshpande RR, Nemeskéri Á, Nguyen TT, Kürti Z, Kovács S, Pápai Z, Németh K, Szuák A, Dudás I, Kóbori L, Optimal line of hepatotomy for left lateral living donor liver transplantation according to the anatomical variations of left hepatic duct system. Pediatr Transplant. 2015 Aug;19(5):510-6.

Németh K, Deshpande R, Máthé Z, Szuák A, Kiss M, Korom C, Nemeskéri Á, Kóbori L, Extrahepatic arteries of the human liver - anatomical variants and surgical relevancies. Transpl Int. 2015 Oct;28(10):1216-26.

Szücs Z, László CJ, Baksa G, László I, Varga M, Szuák A, Nemeskéri Á, Tassonyi E, Suitability of a preserved human cadaver model for the simulation of facemask ventilation, direct laryngoscopy and tracheal intubation: a laboratory investigation. Br J Anaesth. 2016 Mar;116(3):417-22.

Dezső K, Rókuszy A, Bugyik E, Szücs A, Szuák A, Dorogi B, Kiss M, Nemeskéri Á, Nagy P, Paku S, Human liver regeneration in advanced cirrhosis is organized by the portal tree. J Hepatol. 2017 Apr;66(4):778-786.

László CJ, Szücs Z, Nemeskéri Á, Baksa G, Szuák A, Varga M, Tassonyi E, Human cadavers preserved using Thiel's method for the teaching of fibreoptically-guided intubation of the trachea: a laboratory investigation. Anaesthesia. 2018 Jan;73(1):65-70.