

Trimatės kompiuterinės vizualizacijos taikymas kepenų chirurgijoje

Three-dimensional visualization: applications in liver surgery

Jonas Jurgaitis¹, Marius Paškoniš¹, Artūras Samuilis², Ivo Volf³, Maks Schöbinger³,
Gintautas Brimas¹, Kęstutis Strupas¹

¹ Vilniaus universiteto Santariškių klinikų Gastroenterologijos, urologijos ir abdominalinės chirurgijos klinika, Santariškių g. 2, LT-08661 Vilnius; ² Vilniaus universiteto Santariškių klinikų Pulmonologijos ir radiologijos klinika, Santariškių g. 2, LT-08661 Vilnius; ³ Vokietijos vėžio tyrimo centro Medicininės informatikos skyrius, Im Neuenheimer Feld 280, D-69120, Heidelbergas, Vokietija

El. paštas: jonas.jurgaitis@santa.lt

¹ Clinic of Gastroenterology, Urology and Abdominal Surgery, Vilnius University Hospital Santariškių Klinikos, Santariškių 2, LT-08661 Vilnius, Lithuania; ² Clinic of Pulmonology and Radiology, Vilnius University Hospital Santariškių Klinikos, Santariškių 2, LT-08661 Vilnius, Lithuania; ³ Division of Medical and Biological Informatics, German Cancer Research Center, Im Neuenheimer Feld 280, D-69120, Heidelberg, Germany

E-mail: jonas.jurgaitis@santa.lt

Įvadas / tikslas

Trimatė kompiuterinė kepenų vizualizacija – tai nauja priemonė, leidžianti planuoti kepenų chirurgines operacijas. Radiologinių tyrimų vaizdai daugeliu atvejų yra sunkiau suprantami ar interpretuojami gydytojų klinikistų. Kompiuterio sukurtas trimatis vaizdas leidžia lengviau analizuoti ir interpretuoti radiologinius duomenis. Trimatė kepenų vizualizacija yra atliekama planuojant gyvo donoro kepenų transplantaciją ir kepenų rezekcines operacijas. Straipsnyje aptarsime galimybes taikyti trimatę vizualizaciją kepenų chirurgijoje.

Metodas

Apžvelgiame trimačio kepenų vaizdo sukūrimą naudojant Vokietijos vėžio tyrimo centro Medicininės informatikos skyriaus sukurtą programą ir supažindiname su Vilniaus universiteto ligoninės Santariškių klinikose taikytu klinikinio trimatės kepenų vizualizacijos atveju.

Rezultatai

Trimatės kompiuterinės kepenų vizualizacijos pranašumai: trimatis kepenų vaizdas padeda suvokti sudėtingą anatomiją, įvertinti anatominius įvairavimus, tiksliai nustatyti rezekcijos ribas ir operacijos matmenis. Tiksliai apskaičiuojamas liekamasis kepenų tūris, o tai padidina operacijos saugumą.

Trimatės kompiuterinės kepenų vizualizacijos trūkumai: reikalingas geros kokybės kompiuterinis tomografijas. Ganėtinais ilgais (nuo 40 min. iki 240 min.) trimačio vaizdo sukūrimo laikais, įdiegti į klinikinę praktiką reikia įvairių sričių specialistų (radiologo, chirurgo, informatiko) bendrų pastangų; nėra tikslių trimatės vizualizacijos taikymo indikacijų.

Išvados

Nauja operacijos planavimo priemonė verčia svarstyti plačias jos taikymo galimybes, tačiau kūrimo proceso sudėtingumo, integracijos problemos ir indikacijų neapibrėžtumas riboja diegimą į klinikinę praktiką. Kad trimatė kepenų vizualizacija būtų taikoma, dažniau reikėtų nustatyti jos indikacijas, atkreipti dėmesį į mažos apimties kepenų operacijas ir jų įtaką gyvenimo kokybei.

Reikšminiai žodžiai: trimatė kepenų vizualizacija, operacijos planavimas, kepenų rezekcija

Background / objective

Three-dimensional (3D) liver visualization is a new tool in liver surgery planning. In most cases, plain or two-dimensional radiological images are hardly perceptible and understandable by the clinician. 3D visualization helps in the perception and interpretation of radiological images. 3D liver visualization is mostly used before living related liver transplantation and in extended liver resections. In this article, we discuss the usefulness and employment of 3D visualization in clinical practice.

Method

We observed the whole 3D liver image formation process using OrgaNicer program and present a case report on 3D liver visualization employment in the clinical practice of Vilnius University Santariškių Clinics Hospital.

Results

Benefits of 3D liver visualization: helps in easy perception of difficult liver anatomy and anatomical liver variations; helps to define the surgical plan of liver resection and the extent of operation; precise liver volume calculation increases the safety of the operation.

Disadvantages of 3D liver visualization: it is necessary to obtain good quality computer tomography images; long duration (40 to 240 min); a wide range of different specialists and their close cooperation are needed; the lack of defined clinical indications for visualization.

Conclusions

The new tool for liver surgery planning opens new perspectives in liver surgery, but the difficult course of the process, problems with integration into practice and the lack of clinical indications restrict its use. To increase its employment, indications for three-dimensional liver visualization must be defined and attention must be paid to increasing the quality of small volume liver resection using the new tool.

Key words: three-dimensional visualization, surgery planning, liver resection

Įvadas

Per pastaruosius 30 metų buvo išrasti ir klinikinėje praktikoje pritaikyti nauji radiologiniai tyrimo metodai, tokie kaip kompiuterinė tomografija (KT), magnetinio rezonanso tomografija (MRT), dopleriniai ultragarso tyrimai, vieno fotono emisinė kompiuterinė tomografija. Nors visų šių tyrimų veikimo principas skiriasi, jie turi bendrą savybę – gebėjimą sukurti skaitmeninį vaizdą, kurį galima

analizuoti kompiuteriu taikant įvairius matematinės metodus. Tyrinėjant skaitmeninio vaizdo duomenis kreipiamas dėmesys į jo kokybę, analizės galimybes (pvz., organo dydžių ir tūrio matavimai, audinių tankio nustatymas ir kt.) ir taikymą praktikoje. Taip atsirado naujos medicininės skaitmeninės technologijos kryptys: teleradiologija, chirurginės operacijos kompiuterinė analizė, kompiuterinė radioterapija.

Radiologinių tyrimų vaizdai daugeliu atvejų yra sunkiau suprantami ar interpretuojami gydytojų klinikistų. Jų analizė užima daug laiko. Viena iš skaitmeninių duomenų naudojimo galimybių – sukurti organo ar jo dalies trimatį vaizdą. Toks vaizdas leidžia matyti ne tik patį tiriamą objektą trimatėje erdvėje, bet prirėkus – ir įvairias vidines struktūras (pvz., kraujagysles), jų tarpusavio santykį. Trimačiai vaizdai yra kur kas lengviau suprantami ir interpretuojami ne specialisto akimis. Viena jų taikymo sričių yra chirurginio gydymo planavimas, modeliavimas prieš operaciją. Ši metodika padidina chirurginės operacijos saugumą ir radikalumą. Todėl trimatė organų vizualizacija buvo pripažinta neurochirurgijoje [1, 2], ortopedijoje [3, 4, 5], veido ir žandikaulių chirurgijoje [6] ir šiuo metu yra labai paplitusi.

Trimatė vizualizacija buvo pritaikyta ir abdominalinėje (visceralinėje, pilvo) chirurgijoje. Trimatė kepenų vizualizacija yra atliekama planuojant gyvo donoro kepenų transplantaciją, kepenų rezekcinę operaciją. Kepenų rezekcija dažniausiai atliekama esant pirminiams ir metastaziniams kepenų augliams. Dėl kepenų anatomicinės sandaros sudėtingumo ir kraujagyslinio medžio įvairių kepenų rezekcija yra viena iš sudėtingesnių pilvo chirurgijos operacijų. Planuojant kepenų rezekciją reikia žinoti tikslią auglio lokalizaciją, jo santykį su kraujagyslėmis, numatyti saugias rezekcijos ribas, pakankamą liekamąjį kepenų audinio tūrį ir užtikrinti pakankamą likusios kepenų dalies kraujotaką. Atlikus kepenų KT, MRT ar radiologinį tyrimą, gaunami dvimačiai vaizdai, kuriuos analizuodami radiologas ir chirurgas gali sukurti trimatį kepenų vaizdą mintyse, tačiau tam reikia didelės patirties. [7]. Šią problemą padeda išspręsti speciali programinė įranga.

Šiuo metu pasaulyje yra sukurtos ir įdiegtos į kasdieninę klinikinę praktiką kelios kompiuterinės programos, kurios atlieka kepenų trimatę vizualizaciją. Tai *HepaVision2* (MeVis GmbH, Bremen, Vokietija) [8], *LiverLive* (Navidez Ltd, Ljubljana, Slovėnija) [9] ir *OrgaNicer* (DKFZ, Heidelberg, Vokietija) [10]. Šiame straipsnyje apžvelgsime trimačio kepenų vaizdo sukūrimą naudojant Vokietijos vėžio tyrimo centro (DKFZ) Medicininės informatikos skyriaus sukurtą programą ir aptarsime galimybes taikyti trimatę vizualizaciją kepenų chirurgijoje.

Metodas

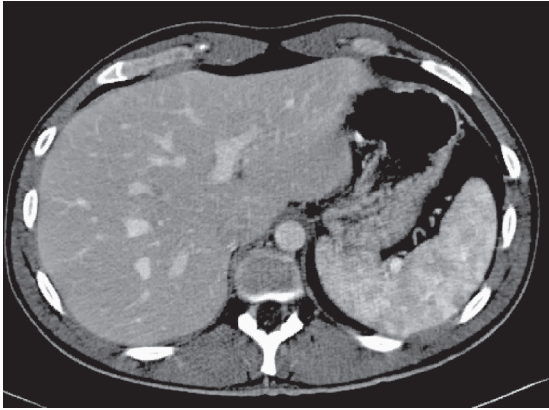
Trimačio kepenų vaizdo sukūrimo etapai:

- atliekama skirtingų fazių KT (MRT) su intraveniniu kontrastavimu (arterinė fazė, portoveninė fazė, prirėkus – cholangiografija);
- pažymimos anatomicinės ribos (struktūros, kurias norima vizualizuoti, pvz., kepenys, tulžies pūslė, auglys);
- pažymimas ir diferencijuojamas (vartų venos nuo kepenų venų) kepenų kraujagyslių medis;
- apskaičiuojami kepenų tūriai;
- vizualizuojami rezultatai ir apskaičiuojamos rezekcinės ribos;
- rezultatai interpretuojami.

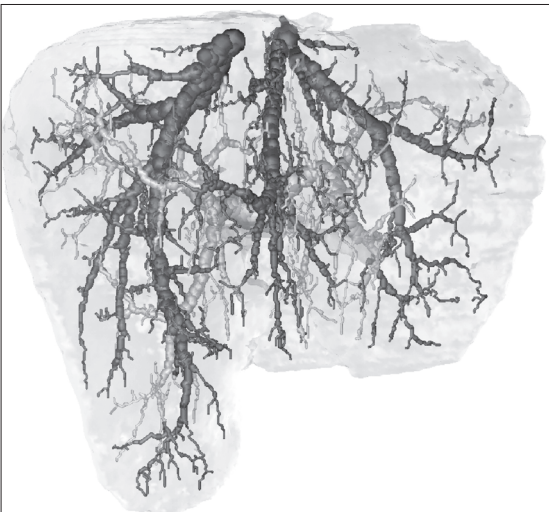
Pirminė medžiaga trimatei vizualizacijai gaunama atliekant kontrastinę kepenų KT (arterinė ir veninė fazės). Jei planuojama gyvo donoro kepenų transplantacija, būtina ir cholangiografija. Geresni rezultatai gaunami skenuojant plonesniais nei 5 mm pjūviais. Gauti duomenys siunčiami į CHILI[®] radiologinę sistemą, kuri sujungta su KT (MRT) ir saugo paciento vaizdus duomenų bazėje. Antras žingsnis – anatomicinių struktūrų žymėjimas KT vaizduose naudojant rankinius, pusiau rankinius ir automatinius algoritmus, integruotus CHILI[®] radiologinėje sistemoje. Anatomicinės ribos turi būti pažymėtos kiekviename kompiuterinės tomogramos pjūvyje. Be to, norint vizualizuoti atskiras struktūras, pavyzdžiui, kepenis, auglį ar tulžies pūslę, žymėjimą reikia atlikti kiekvienos struktūros atskirai, todėl šis žingsnis užima daugiausiai laiko. Kad rezultatai būtų tikslūs, reikia turėti pakankamai radiologijos žinių (1 pav.). Kraujagyslių žymėjimas atliekamas automatiškai, naudojant specialų algoritmą.

Pirminiai duomenys taip pat imami iš kontrastinės KT vaizdų. Pažymimas kraujagyslių pradinis taškas ir nustatomas kontrastingumo pilkojoje skalėje matmuo, pagal kurį programa automatiškai atseka kraujagyslių eigą ir sukuria trimatį vaizdą. Lieka tik pažymėti vartų ir kepenų venas skirtingomis spalvomis, kad būtų lengviau jas atskirti (2 pav.).

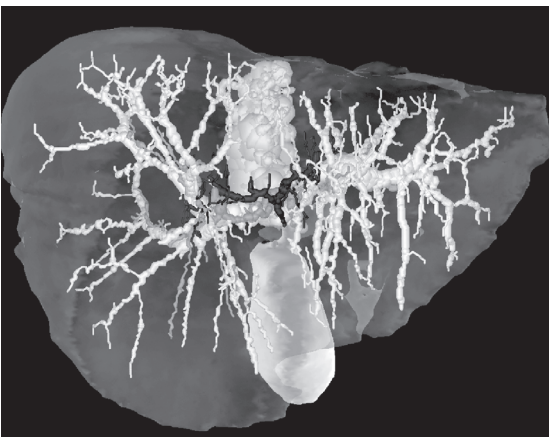
Gavus trimatį kraujagyslių vaizdą, pagal vartų venos anatomiją apskaičiuojamas kepenų audinio tūris. Visi trimačiai kepenų, auglio, kraujagyslių vaizdai yra sujungiami į vieną ir demonstruojami specialia pro-



1 pav. Anatominių struktūrų žymėjimas (kepenų) CHILI® radiologinėje sistemoje



2 pav. Vartų venų ir kepenų venų vizualizacija (kepenų venos pažymėtos tamsiai pilka spalva)



3 pav. Programa *OrgaNicer* demonstruojamas trimatis kepenų vaizdas

grama *OrgaNicer*, kuri leidžia vaizdą didinti, mažinti ir apžiūrėti iš įvairių pusių (3 pav.).

Atvejo aprašymas

Supažindinsime su atveju, kai planuodami gydymą pasinaudojome trimate kepenų vizualizacija.

Ligonis V.V., 76 metų, 2004 m. spalio 28 d. hospitalizuotas į VUL Santariškių klinikas dėl kylančiosios gaubtinės žarnos dalies adenokarcinomos ir metastazių į kepenis.

Biocheminių tyrimų duomenimis, kepenų funkcijos žymenys normalūs. Vėžio žymenys: CEA – 5,3 ng/ml, CA – 19,9 U/ml. Atlikus KT nustatyta 4,2 × 4,0 cm dydžio metastazė aštuntame kepenų segmente. Metastazinis židinytis yra 9 mm nuo kepenų venų susiliejimo vietos ir šalia jo eina dešinė kepenų vena (4 pav.).

Kadangi metastazė yra visai šalia dešinės kepenų venos ir tuščiosios venos, buvo atlikta kepenų trimatė vizualizacija (5, 6, 7 pav.).

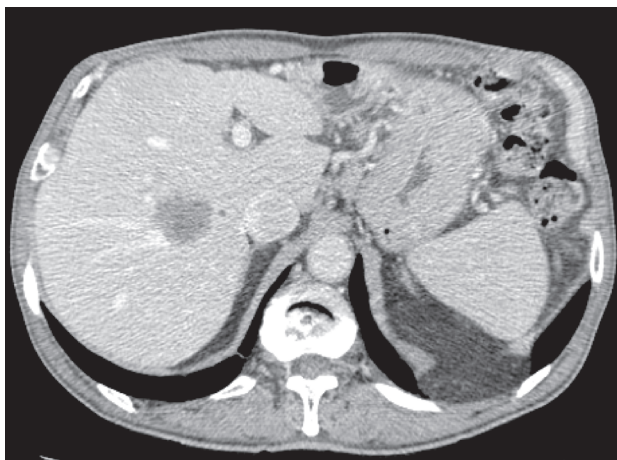
Kompiuterinės tomografijos metu išmatuotas kepenų tūris: bendras kepenų tūris 1102,5 ml., kairės skilties tūris – 368,5 ml, dešinės skilties tūris – 734 ml. Apskaičiavus rezervinį kepenų tūrį (jis sudarė 33,42% bendro kepenų tūrio) nustatyta, kad atlikus dešinę hepatektomiją rezervinis kepenų tūris bus nepakankamas. Todėl ligoniui buvo numatyta dešinės vartų venos embolizacija. Nuspręsta pirma atlikti hemikolektomiją, vėliau – dešinės vartų venos embolizaciją ir dešinę hepatektomiją.

2004 m. lapkričio 4 d. atlikta dešinė hemikolektomija (pT3N1M1G2).

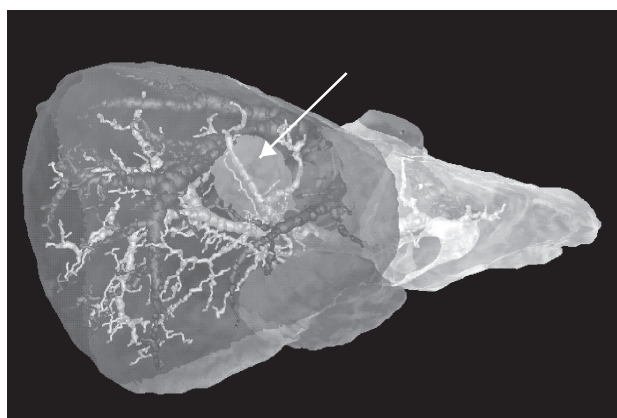
2005 m. sausio 5 d. ligonis hospitalizuojamas pakartotinai. Atliekama dešinės vartų venos embolizacija – suleidžiama *Embogold microgranules* ir įkišamos devynios *Cook* spiralės.

Po dviejų mėnesių ligonis hospitalizuojamas kepenų operacijai. Apskaičiuoti kepenų tūriai praėjus dviem mėnesiams po embolizacijos: bendras kepenų tūris padidėjo iki 1150 ml kairės kepenų skilties sąskaita – 493ml (42,9%); dešinė kepenų skiltis sudarė 667 ml (57,1%) viso kepenų tūrio.

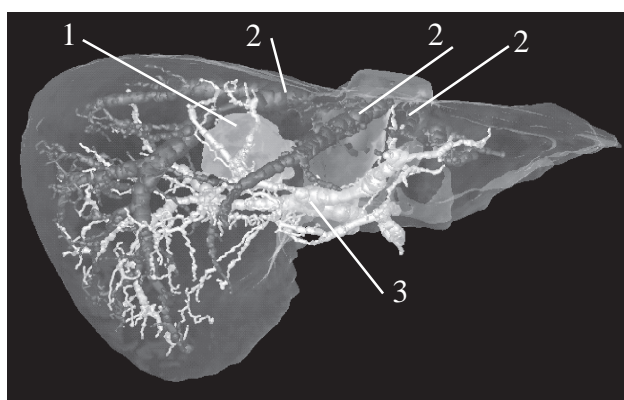
2005 m. kovo 2 d. atlikta dešinė hepatektomija. Pamatuotas dešinės skilties tūris buvo 560 ml. Rezekuota dešinė kepenų skiltis. Aštuntame paveiksle ma-



4 pav. Pilvo organų KT tyrimas. Hipodensinis židinytis dešinės kepenų skilties aštuntame segmente



5 pav. Kepenų ir metastazės (rodyklė) trimatė vizualizacija. Vaizdas iš priekio



6 pav. Kepenų trimatė vizualizacija. Vaizdas iš priekio: 1 – metastazė, 2 – kepenų venos, 3 – vartų venos šaka

toma adenokarcinomos metastazė šalia subsegmentinės dešinės kepenų venos ir spiralės dešinėje vartų venoje.

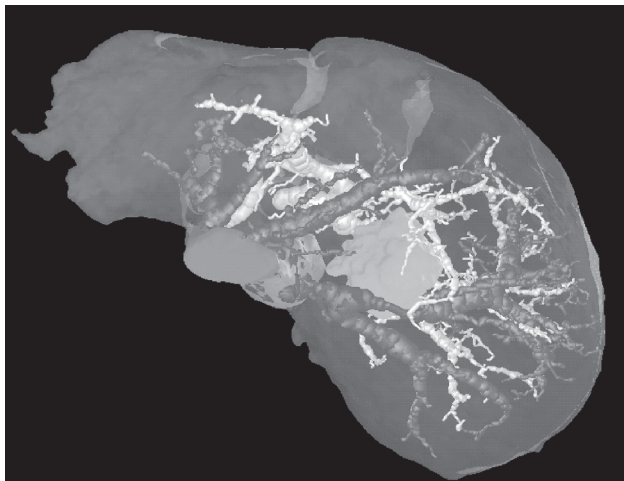
Pooperacinis laikotarpis sklandus. Kepenų funkcijos nepakankamumo požymių po operacijos nebuvo.

Diskusija

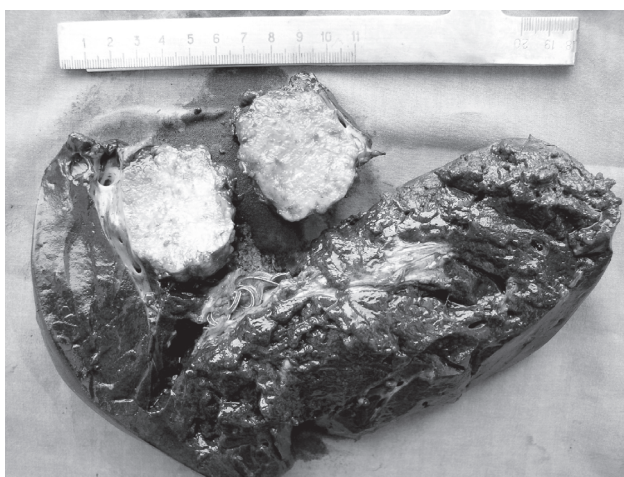
Nauji radiologiniai tyrimo būdai leidžia tobulėti kepenų chirurgijai. Kompiuterinė tomografija, magnetinio rezonanso tomografija ir dopleriniai ultragarso tyrimai suteikia galimybę vizualizuoti individualią žmogaus kepenų kraujagyslių anatomiją, taigi – saugiau atlikti sudėtingas kepenų operacijas [10, 11]. Siekiant geresnių rezultatų buvo atkreiptas dėmesys į liekamojo kepenų tūrio apskaičiavimus po kepenų rezekcijos. Šiuolaikinėje kepenų chirurgijoje tai labai svarbu – ypač planuojant gyvo donoro kepenų persodinimą [12–14]. Kepenų anatomijos variabilumas [15], pakankamo kepenų liekamojo tūrio ir jo tūrio vaskuliarizacijos užtikrinimas, operacijos radikalumas – tai sąlygos, lemiančios kruopštų kepenų operacijos planavimą. Standartiniais radiologiniais tyrimais (KT, MRT, dopleriniais ultragarso tyrimais) galima nustatyti individualius kepenų anatomijos įvairavimus, apskaičiuoti kepenų tūrius, tačiau labai sunku įvertinti devaskuliarizacijos zonas, darinių santykį su kraujagyslėmis ir apskaičiuoti saugias rezekcijos ribas [16]. Daug patirties turintys chirurgai ir radiologai geba mintyse sukurti trimatį vaizdą, tačiau tam reikalingos ilgametės individualios pastangos ir pakankamas ligonių skaičius [7]. Dabartinių skaitmeninių technologijų sukurti vizualizavimo būdai leidžia pažvelgti į trimatį pasaulį ir įžengti į naują kepenų chirurgijos etapą.

Trimatės kompiuterinės vizualizacijos pranašumai

Vienas iš techninių kepenų trimatės kompiuterinės vizualizacijos pranašumų tas, kad lengva valdyti vaizdą. Jį galima sukurti ir apžiūrėti iš visų pusių, didinti arba mažinti, paslėpti vienas struktūras ir išryškinti kitas. Suvokimui ir struktūrų skirtingumui pabrėžti naudojamos įvairios spalvos ir jų atspalviai. Bendrai visumai suvokti pasitelkiama kepenų parenchimos permatomumo funkcija, kurią galima keisti nuo nepermatomos iki vos įžiūrimos (5–7 pav.). Tokio formato trimatis vaizdas suteikia chirurgui daug informacijos.



7 pav. Kepenų trimatė vizualizacija. Vaizdas iš viršaus



8 pav. Rezekuota dešinioji kepenų skiltis. Matoma adenokarcinomos metastazė šalia subsegmentinės dešinėsios kepenų venos ir spiralinės dešinėje vartų venoje

Matydami kepenų struktūras trimatėje erdvėje galime analizuoti kraujagysles (vartų ir kepenų venų, arterijos) ir tulžies latakus vienu metu, sekti jų nenutrūkstamą eigą, o įprastinėse KT ir MR nuotraukose kraujagyslių eiga matoma tik peržiūrint vieną nuotrauką po kitos. Tokiu būdu galima lengvai įvertinti kepenų kraujagyslių tarpusavio santykį ir jų variacijas, o jų pasitaiko gana dažnai [16]. Šiuolaikinės radiologinės darbinės stotys, turinčios specialią programinę įrangą, leidžia sukurti trimačius kraujagyslių vaizdus ir juos analizuoti, tačiau atskiri kiekvienos

kraujagyslių sistemos trimačiai vaizdai nėra integruojami į visumą, taigi juos vėl tenka analizuoti atskirai [17].

Trimatės vizualizacijos ir realybės anatominė atitiktis buvo ištirta Bernardo B. Frerickso ir bendraautorių. Trimatės kompiuterinės, vizualizacijos būdu jie ištyrė gyvo donoro kepenis prieš transplantaciją. Iš 27 atliktų gyvo donoro kepenų transplantacijų, vienu atveju priešoperacinio tyrimo metu nebuvo aptikta 1 mm kepenų pridėtinė vena, drenuojanti ketvirtą segmentą. Visais kitais atvejais priešoperacinis kraujagyslių anatomijos ištyrimas atitiko operacijos radinius [18].

Dar vienas svarbus trimatės vizualizacijos prieš operaciją aspektas kepenų chirurgijoje yra auglio lokalizacija ir jo santykis su kraujagyslėmis bei tulžies latakais. Šis klausimas tampa ypač aktualus esant centrines (4a, 4b, 7, 8 segmentai) lokalizacijos ir didelio tūrio augliams. Auglio lokalizacija ir jo santykis su kraujagyslėmis lemia kepenų rezekcijos apimtį, o siekiant atlikti radikalią kepenų operaciją ir pašalinti naviką apimant sveikus audinius (1 cm nuo naviko), padidėja rezekcijos apimtis. Trimatės kepenų vizualizacijos galimybes esant centrines lokalizacijos hepatoceliulinei karcinomai (HCC) apibūdino H. Lange ir bendraautoriai [17]. Jie aprašė klinikinį atvejį kai atlikus trimatę vizualizaciją buvo nuspręsta išsaugoti aštuntą kepenų segmentą, o iš KT analizės duomenų atrodė, kad aštuntą segmentą būtina rezekuoti.

Labai svarbūs kepenų chirurgijoje Couinoud aprašyti kepenų segmentai [19] trimačiame vaizde gali būti rodomi atskiromis spalvomis, be to, įmanoma analizuoti kiekvieno segmento kraujotaką, o tai labai sunku atliekant KT ar intraoperacinę sonoskopiją, nes ne visi segmentai turi aiškias anatomines ribas. Skirtingai nuo Couinoud aprašytų segmentų vizualizacijos pagal kepenų venų kraujotaką, trimatei vizualizacijai naudojami matematiniai algoritmai, kurie vaizdina kepenų segmentus pagal vartų venos kraujotaką [20]. Heidelbergo universiteto Chirurgijos klinikose atlikto atsitiktinių imčių klinikinio tyrimo duomenimis, šiais dviem metodais nustatyti kairės kepenų skilties segmentai statistiškai reikšmingai koreliavo vieni su kitais, o dešinės skilties segmentų koreliacija nebuvo statistiškai reikšminga [21]. Vartų venos kraujotaka yra labai svarbi kepenų mitybai ir regeneracinei funk-

cijai po kepenų rezekcijos, todėl planuojant operaciją privalu įsitikinti, kad bus užtikrinta pakankama likusių segmentų vartų venos kraujotaka. Taigi segmentų vizualizacija pagal vartų venų kraujagysles ir jos šakas yra visiškai pateisinama ir netgi būtina.

Apžvelgėme trimatės kepenų vizualizacijos suvokimo galimybes ir jos taikymą kepenų chirurgijoje. Trimatės kepenų vizualizacijos ir KT lyginamuoju tyrimu nustatyta, kad trimatė kepenų vizualizacija pagerina kepenų anatomijos suvokimą, naviko lokalizaciją pagal segmentus ir pagerina kepenų rezekcinės linijos nustatymą [22].

Dar vienas iš svarbiausių klinikinėje praktikoje ir pooperacinę prognozę lemiančių veiksnių yra kepenų liekamojo funkcinio tūrio apskaičiavimas. Jis yra būtinas atliekant gyvo donoro kepenų transplantaciją, išplėstinę kepenų rezekciją ir kepenų rezekciją ligo-niams, sergantiems kepenų ciroze. Siekiant sumažinti pooperacinę kepenų funkcijos nepakankamumo riziką, liekamasis kepenų tūris turi būti ne mažesnis kaip 30% bendro sveikų kepenų tūrio [23]. Heidelbergo vėžio tyrimo centre sukurta programa leidžia apskaičiuoti bendrą kepenų tūrį pagal kepenų žymėjimo rezultatus (žr. 1 pav.), o atskirų skilčių tūriai nustatomi pagal vartų venos kraujotaką, pritaikius matematinis algoritmus [24]. Planuojant kepenų rezekcinę operaciją, kepenų liekamasis tūris taip pat yra apskaičiuojamas pagal vartų venos kraujotaką, chirurgui nurodžius rezekcijos tašką pagal auglio santykį su kraujagyslėmis. Kitaip nei KT vaizdai, ši programa pateikia tikslesnę liekamojo tūrio vertę ir dėl to, kad iš bendro tūrio galima atimti kraujagyslių, jas pripildančio kraujo ir naviko tūrį, o pagal KT vaizdus apskaičiuojamas kepenų tūris susideda ir iš kepenis pripildančio kraujo, dėl to jų tūris 10–15% padidėja, lyginant su pooperaciniais kepenų tūrio matmenimis [25]. Šis naujas kepenų tūrio skaičiavimo metodas nepanaikina skaičiavimo paklaidos, tačiau sumažina ją iki minimumo, todėl sumažėja kepenų funkcijos nepakankamumo rizika pooperaciniu laikotarpiu ir net galima prognozuoti išgyvenamumą persodinus gyvo donoro kepenis.

Pagal chirurgo nurodytą rezekcijos vietą brėžiama rezekcinė linija, kuri leidžia virtualiai pamatyti reze-kuojamas kraujagysles ar tulžies takus. Šią rezekcinę

liniją galima koreguoti atsižvelgiant į saugias rezekcinės ribas (t. y. 2 cm nuo naviko). Tai dar vienas pranašumas, leidžiantis objektyviai išmatuoti saugią rezekcinę zoną. Kraujagysles kertanti rezekcinė linija padeda įvertinti devaskuliarizacijos zonas ir atkurti kepenų venų kraujotaką operacijos metu, taip pat nustatyti, ar bus pakankamas kraujo nuotėkis. Į būtinumą atkurti kraujo nuotėkį atkreiptas dėmesys persodinant gyvo donoro kepenis. Pastebėta, kad jei kraujo nuotėkis nepakankamas persodinta kepenų dalis brinksta ir stabdo organo regeneraciją. Vėliau šis principas buvo pritaikytas rezekcinėje kepenų chirurgijoje ir ypač – atliekant išplėstines kepenų rezekcijas [26].

Apibendrinant trimatės kompiuterinės kepenų vizualizacijos pranašumus galima trumpai pasakyti, kad trimatis kepenų vaizdas padeda suvokti sudėtingą anatomiją, įvertinti anatomines variacijas, tiksliai nustatyti rezekcijos zonas ir operacijos matmenis. Tiksliai apskaičiuojamas liekamasis kepenų tūris koreguoja pa-čią operaciją (galima / negalima) arba priešoperacinį pasiruošimą (vartų venos embolizacija), todėl padidina operacijos saugumą.

Trimatės kompiuterinės kepenų vizualizacijos trūkmai

Kepenų trimatė vizualizacija turi ir trūkumų. Vizualizuotų organų kokybė labai priklauso nuo KT vaizdų. Ypač tai pasakytina apie kraujagyslių sistemą.

Nelaiku suleista kontrastinė medžiaga arba nepakankamas jos kiekis neleidžia tiksliai vizualizuoti kraujagyslinio medžio ir tada prireikia papildomos, rankiniu būdu atliekamos kraujagyslių vizualizacijos, o tai pailgina tyrimo laiką. Be to, visas vizualizacijos laikas nėra trumpas – nuo 40 min. iki 240 min. [19, 25], dėl to reikia papildomų darbo išteklių. Dažniausiai kepenų trimatė vizualizacija atliekama asmenine specialisto iniciatyva, o kad visas procesas būtų integruotas į klinikinę praktiką, įvairių sričių specialistai (radiologas, chirurgas, informacinių technologijų specialistas) turi bendradarbiauti ir kooperuotis, ir tai yra vienas iš trūkumų, neleidžiančių trimatei vizualizacijai prigyti klinikinėje praktikoje [25]. Be to, sunku įsivaizduoti šio metodo poreikį klinikiname darbe, kai nėra nustatytų tikslų klinikinų indikacijų, ir turbūt tai pagrindinė priežastis, ribojanti trimatės vizualizacijos taikymą.

Trimatė kompiuterinė kepenų vizualizacija praktikoje

Trimatė kepenų vizualizacija dažniausiai taikoma atliekant gyvo donoro kepenų transplantaciją. Tai pasaulyje pripažinta indikacija ir daugelyje transplantacijos centrų įtraukta kaip privaloma procedūra prieš operaciją, siekiant garantuoti donoro ir recipiento saugumą [14, 18, 19]. Kitos indikacijos yra gana reliatyvios. Trimatė kepenų vizualizacija taikoma tik pavieniais, ypač sudėtingais klinikiniais atvejais, pavyzdžiui, išplėstinei hepatektomijai esant centrinės lokalizacijos (5, 8, 4a, 4b segmentai) židininiais pokyčiams [17] arba atliekant kepenis tausojančią operaciją kepenų ciroze sergantiems ligoniams.

Trimatė vizualizacija yra labai pravarti mokymui – ne tik susipažįstant su sudėtinga kepenų anatomija,

bet ir ruošiant jaunus chirurgus modeliuoti ir prognozuoti sudėtingas kepenų operacijas [27].

Išvados

Nauja operacijų planavimo priemonė teikia daug galimybių ir naudos, tačiau viena iš ribojančių priežasčių yra proceso sudėtingumas ir jo integracija, kita – neapibrėžtos indikacijos. Dėl to trimatė vizualizacija naudojama tik sudėtingoms operacijoms. Kad trimatė kepenų vizualizacija būtų taikoma dažniau, reikėtų sukongretinti indikacijas ir galbūt atkreipti dėmesį į mažos apimties kepenų operacijas ir jų įtaką gyvenimo kokybei. Tuomet trimatė vizualizacija įgautų naujų perspektyvų.

LITERATŪRA

1. Kackro RA, Serra L, Tseng-Tsai Y, et al. Planning and simulation of neurosurgery in a virtual reality environment. *Neurosurgery* 2000; 46: 118–137.
2. Auer LM, Auer DP. Virtual endoscopy for planning and simulation of minimally invasive neurosurgery. *Neurosurgery* 1998; 43: 529–537.
3. Sutherland CJ. Practical application of computer-generated three-dimensional reconstructions in orthopedic surgery. *Orthop Clin North Am* 1986; 17: 651–656.
4. Chao EY, Barrance P, Genda E, Iwasaki N, Kato S, Faust A. Virtual reality (VR) techniques in orthopaedic research and practice. *Stud Health Technol Inform* 1997; 39: 107–114.
5. Volter S, Kramer KL, Niethard FU, Ewerbeck V. Virtual reality in orthopedics: principles, possibilities and perspectives. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1995; 133: 492–500.
6. Troulis MJ, Everett P, Seldin EB, Kikinis R, Kaban LB. Development of a three-dimensional treatment planning system based on computed tomographic data. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2002 Aug; 31(4): 349–57.
7. Meinzer HP, Thorn M, Vetter M, Phassenflug, Hastenteufel M, Wolf I. Medical imaging: examples of clinical applications. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 2002: 311–325.
8. Bourquain H, Schenk A, Link F et al. Hepavision2: A software assistant for preoperative planning in living related liver transplantation and oncologic liver surgery. *CARS* 2002: 341–346.
9. Sojar V, Stanisavljevic D, Hribernic M et al. Liver surgery training and planning in 3D virtual space. *Computer assisted radiology and surgery*. *CARS* 2004: 390–394.
10. Zacherl J, Scheuba C, Imhof M, et al. Current value of intraoperative sonography during surgery for hepatic neoplasms. *World J Surg* 2002; 26: 550–4.
11. Numinen K, Sipilä O, Makisalo H. Preoperative hepatic 3D models: Virtual liver resection using three-dimensional imaging technique. *European Journal of Radiology* 2005.
12. Ishifuro M, Horiguchi J, Nakashige A, Tamura A, Marukawa K, Fukuda H, Ono C, Akiyama Y, Kushima T, Ito K. Use of multidetector-row CT with volume renderings in right lobe living liver transplantation. *Eur Radiol* 2002; 12: 2477–2483.
13. Kamel IR, Kruskal JB, Warmbrand G, Goldberg SN, Pomfret EA, Raptopoulos V. Accuracy of volumetric measurements after virtual right hepatectomy in potential donors undergoing living adult liver transplantation. *AJR* 2001; 176: 483–487.
14. Schroeder T, Nadalin S, Stattaus J, Debatin JF, Malago M, Ruehm SG. Potential living liver donors: evaluation with an all-in-one protocol with multidetector-row CT. *Radiology* 2002; 224: 586–591.
15. Soyer P, Bluemke DA, Choti MA, Fishman EK. Variations in the intrahepatic portions of the hepatic and portal veins: findings on helical CT scans during arterial portography. *Am J Roentgenol* 1995; 164: 103–108.
16. Lang H, Radtke A, Liu C, Frhauf NR, Peitgen HO, Broelsch ChE. Extended left hepatectomy – modified operation planning based on three-dimensional visualization of liver anatomy. *Langenbecks Arch Surg* 2004; 389: 306–310.
17. J. Diego Bogetti, Brian R. Herts, Mark J. Sands, John F. Carroll, David P. Vogt, J. Michael Henderson. Accuracy and

Utility of 3-Dimensional Computed Tomography in Evaluating Donors for Adult Living Related Liver Transplants. *Liver Transplantation* 2001; 7(8): 687–692.

18. Bernd B. Frericks, Franco C. Caldarone, Bjorn Nashan, Dagmar Hogemann Savellano, Georg Stamm, Timm D. Kirchhoff, Hoen-Oh Shin, Andrea Schenk, Dirk Selle, Wolf Spindler, Jurgen Klempnauer, Heinz-Otto Peitgen, Michael Galanski 3D CT modeling of hepatic vessel architecture and volume calculation in living donated liver transplantation. *Eur Radiol* 2004; 14: 326–333.

19. Couinaud C. *Le Foie. Etudes anatomiques et chirurgicales.* Paris, France: Masson; 1957.

20. Meinzer HP, Thorn M, Cardenas CE. Computerized planning of liver surgery – an overview. *Computers & Graphics* 2002; 26; 569–576.

21. Fischer L, Thorn M, Neumann JO, Schobinger M, Heimann T, Grenacher L, Meinzer HP, Friess H, Buchler MW. The segments of the hepatic veins – is there a spatial correlation to the Couinaud liver segments? *Eur J Radiol* 2005 Feb; 53(2): 245–55.

22. Lamadé W, Glombitza G, Fischer L, Chiu P, Cárdenas C, Thorn M, Meinzer H, Grenacher L, Bauer H, Lehnert T, Herfarth, Ch. The Impact of 3-Dimensional Reconstructions

on Operation Planning in Liver Surgery. *Arch Surg* 2000; 135: 1256–1261.

23. Jaeck D, Oussoultzoglou E, Bachalier P, Lemarque P, Weber JC, Nakano H, Wolf P. Hepatic metastases of gastroenteropancreatic neuroendocrine tumors: Safe hepatic surgery. *World J Surg* 2001; 25: 689–692.

24. Meinzer HP, Schemmerb P, Schöbinger M, Nolden M, Heimann T, Yalcin B, Richter GM, Kraus T, Büchler MW, Thorn M. Computer-based surgery planning for living liver donation. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34, Part XXX.*

25. Schiano TD, Bodian C, Schwartz ME, Glajchen N, Min AD. Accuracy and significance of computed tomographic scan assessment of hepatic volume in patients undergoing liver transplantation. *Transplantation* 2000; 69: 545–550.

26. Hemming AW, Reed A, Langham MR, Fujita S, Willem J, Howard RJ. Hepatic Vein Reconstruction for Resection of Hepatic Tumors. *Annals of Surgery* 2002 June; 235(6): 850–858.

27. Marescaux J, Clement J-M, Tassetti V, Mutter D, Cotin S, Ayache N. Virtual reality applied to hepatic surgery simulation: The next revolution. *Ann Surg* 1998; 228 (5): 627–637.

Gauta: 2006-10-20

Priimta spaudai: 2006-11-25