

NOTĂ TEHNICĂ

Tehnica proiecției de intensitate maximă în evaluarea anevrismelor poligonului Willis: studiu prospectiv, pe serie de cazuri

Marian Arion^{†1}, Tatiana Pleșcan^{*1}

^{†1}Institutul de Neurologie și Neurochirurgie, Chișinău, Republica Moldova.

Autor corespondent:

Tatiana Pleșcan, medic neuroradiolog

Institutul de Neurologie și Neurochirurgie

str. Korolenko, 2, Chișinău, Republica Moldova, MD-2028

e-mail: plescan.t@gmail.com

Ce nu este cunoscut, deocamdată, la subiectul abordat

Tehnicile de reformatare a imaginilor angiografiei cu scanare computer tomografică (ACT), disponibile, în prezent, la stațiile de prelucrare, necesită a fi evaluate pentru plus-valoarea adusă calității finale a examinării. Este necesară determinarea avantajelor și limitărilor diferitor tehnici de reformatare a imaginii AST.

Ipoteza de cercetare

Tehnicile axială, PIM și RV-3D de postprocesare a imaginii au avantaje și limitări în stabilirea diagnosticului, caracterizarea topo-morfologică și planificarea tratamentului neurochirurgical deschis al anevrismelor poligonului Willis.

Noutatea adusă literaturii științifice din domeniu

Sunt prezentate rezultatele diagnosticării anevrismelor poligonului Willis prin imageria PIM a ACT, cu aprecierea avantajelor și limitelor ei în caracterizarea parametrilor specifici ai anevrismelor, comparativ cu posibilitățile oferite de imaginile axiale și RV-3D.

Rezumat

Introducere. În ultimele decenii, metodele de postprocesare au crescut proporțional în importanță, inclusiv, în stabilirea diagnosticului primar. Cu toate acestea, existența numeroaselor tehnici de reformatare a imaginilor angiografiei cu scanare computer tomografică necesită estimarea influenței lor asupra calității finale a examinării. Este necesară determinarea avantajelor și limitărilor diferitor tehnici de reformatare a imaginii AST.

Material și metode. Incluși 140 de pacienți consecutivi, în vârstă de 19-79 de ani, cu anevrisme cerebrale ale poligonului

TECHNICAL NOTE

Maximum intensity projection technique in evaluation of Willis polygon aneurysms: a prospective, case series study

Marian Arion^{†1}, Tatiana Plescan^{*1}

^{†1}Neurology and Neurosurgery Institute, Chisinau, Republic of Moldova.

Corresponding author:

Tatiana Plescan, MD, neuroradiologist

Neurology and Neurosurgery Institute

2, Korolenko str., Chisinau, Republic of Moldova, MD-2028

e-mail : plescan.t@gmail.com

What is not known yet, about the topic

Reconstructive techniques of angiographic computer tomography scan images (CTA), available at the moment at the work stations, need to be evaluated in order to determine their plus-value role in the final examination. It is necessary to determine advantages and limitations of different techniques of CTA reconfiguration.

Research hypothesis

Axial, MIP and 3D-RV techniques of processing of images have their advantages and limitations in stabilizing the diagnosis, topographical and morphological characterization and planning of open neurosurgery on Willis polygon.

Article's added novelty on this scientific topic

Results are presented of Willis polygon aneurysm diagnosis through MIP imaging of CTA, with specification of its advantages and limitations in specific parameters characterization of aneurysms when compared to possibilities of axial images and 3D-RV.

Abstract

Introduction. In the past few decades, methods of post processing have evolved proportionally, their role in stabilizing the primary diagnosis as well. Nevertheless, existence of many techniques of image reconfiguration makes it necessary to estimate their influence on final examination results. It is mandatory to determine the advantages and limitations of different techniques of CTA reconfiguration.

Material and methods. One hundred and forty consecutive patients were included, aged 19-79, diagnosed with aneurysms of Willis polygon. In order to determine the diagnose

Willis. În vederea stabilirii diagnosticului și în scopul determinării oportunității indicației pentru tratament neurochirurgical, pacienții au fost investigați prin computer tomografie cerebrală nativă, angiografie cerebrală cu scanare computer tomografică (imaginile primare axiale) și următoarele procedee de reconstrucție a angiografiei computer tomografică: proiecție de intensitate maximă (PIM), reconfigurare volumetrică tridimensională (RV-3D).

Rezultate. Tehnica PIM a constatat aneurism vizibil în 99,3% de cazuri și aneurism parțial vizibil în 0,7% cazuri. Marea majoritate a aneurismelor erau saculare (96,5%). Hemoragia intracraniană, cauzată de ruperea aneurismului, a fost depistată în 75,0% din cazuri, vazospasmul – în 59,3% din cazuri, calcificate parietale – în 3,6% din cazuri, artefacte tip „efect de volum parțial” – în 82,9% din cazuri, artefacte de la clipsul metalic – în 69,3% din cazuri și trombi în aneurism – în 6,4% din cazuri. În cadrul reconstrucției PIM, contactul os-aneurism nu se vizualiza în 12,8% cazuri, se vizualiza slab – în 28,2% din cazuri și bine – în 59,0 din cazuri. Relația cu sinusul cavernos nu se vizualiza în 16,6% din cazuri, se vizualiza slab în 50% din cazuri, bine – în 33,4% din cazuri.

Concluzii. Imaginile proiecției de intensitate maximă trebuie să fie tehnica de reconstrucție primară și necesită a fi inclusă în protocolul de analiză standard a angiografiei prin tomografie computerizată pentru estimarea arterelor cervico-craniene.

Cuvinte cheie: proiecția de intensitate maximă, angiografie prin tomografie computerizată, aneurism cerebral, hemoragie subarahnoidiană, poligonul Willis.

Introducere

Reconstrucția imaginii este procedura care transformă datele brute obținute în imagini computer tomografice. Cu această tehnică, imaginile angiografiei cu scanare computer tomografică (ACT) sunt afișate bidimensional în planuri ortogonale sau arbitrare (reconfigurare multiplanară), cu posibilitatea adăugării algoritmilor proiecției de intensitate maximă (PIM) pentru a evidenția structurile vasculare opacificate, care, împreună cu țesutul osos, prezintă pixeli cu luminozitate maximă.

Utilizarea tomografiei computerizate multidetector (CTMD) în neuroradiologie a îmbunătățit considerabil angiografia cu scanare computer tomografică (ACT) a arterelor intracraniene, datorită achiziției imaginilor cu voxelii izotropici submilimetrice și posibilitatea de a estima imaginile de post-procesare [1, 2]. Studiile anterioare au demonstrat că ACT a circulației intracraniene este echivalentă, dacă nu superioară, angiografiei convenționale în depistarea aneurismelor intracraniene cu dimensiunea ≤ 4 mm [3].

În ultimele decenii, metodele de post-procesare au crescut, proporțional, în importanță, inclusiv, în analiza diagnosticului primar [4, 5, 9]. Cu toate acestea, existența numeroaselor tehnici de reformatare a imaginilor ACT, disponibile, în prezent, pe stațiile de prelucrare, necesită estimarea influenței acestora asupra calității finale a examinării, determinarea avantajelor și limitelor lor [2, 8].

and the possible following surgical treatment, patients were investigated through methods of native cerebral computer tomography, cerebral angiography with CT scanning (CTA, primary axial images) and the following methods of reconstruction of CTAs: maximum intensity projection (MIP) and tridimensional volumetric reconfiguration (3D-VR).

Results. MIP technique showed visible aneurysm in 99.3% of the cases and partial visible aneurysm in 0.7% of the cases. The big majority of the aneurysms were saccular (96.5%). Intracranial bleeding caused by aneurysm rupture was found in 75.0% of the cases, vasospasm – in 59.3% of the cases, parietal calcification – in 3.6% of the cases, “partial volume effect” artifacts – in 82.9% of the cases, metal clip artifact – in 69.3% of the cases and aneurysm cloths – in 6.4% of the cases. During MIP reconstruction, aneurysm-bone contact could not be visualized in 12.8% of the cases, was poorly visualized in 28.2% of the cases and was well visualized in 59.0% of the cases. The relation with the cavernous sinus could not be appreciated in 16.6% of the cases, was poorly visualized in 50% of the cases and was well visualized in 33.4% of the cases.

Conclusions. Images of maximum intensity must be the primary technique for reconstruction and must be included in the protocol of standard analysis of CTA in order to estimate the cervical and cranial arteries.

Key words: maximum intensity projection, computed tomography angiography, cerebral aneurysm, subarachnoid hemorrhage, Willis polygon.

Introduction

Image reconstruction is a procedure that transforms initially obtained data into computed tomography images. With this technique, images of CT angiography are aligned bidimensionally in orthogonal or arbitral planes (multiplan reconfiguration), also it is possible to add algorithms of maximum intensity projection (MPI) in order to highlight opacified vascular structures, that together with bone tissue present like pixels with maximum intensity. Also, vascular structure visualization can be improved with sliding-thin-slab technique that allows selecting voxel groups of different thickness with their following including or excluding from the image in order to enhance evaluation of the studied structure and reduce partial interference and layering of other structures.

Application of computed tomography multidetector (CTMD) in neuroradiology improved considerably CTA of intracranial arteries with the help of isotropic voxel acquiring and the possibility of post-processing image estimation [1, 2]. Anterior studies have demonstrated that CTA of intracranial circulation is equivalent, if not even superior to conventional angiography in detection of intracranial aneurysms ≤ 4 mm [3].

In the past few decades, post-processing methods have become even more important in analyzing the primary diagnosis [4, 5, 9]. Nevertheless, numerous methods of reconstruction of CTA images available on processing stations need to be evaluated and their influence on the quality of the final examination has to be studied as well as their advantages and limitations [2, 8].

Tehnicile de proiecție includ reconfigurarea multiplanară (RMP), care poate fi combinată cu proiecția de intensitate maximă (PIM) – algoritmul pentru vizualizarea pixelilor cu luminozitate maximă, sau tehnica *sliding-thin-slab* (STS), pentru vizualizarea secțiunilor cu grosime variabilă [9]. Altă tehnică de proiecție este tehnica pentru vizualizarea tridimensională a volumelor, cunoscută sub numele de reconfigurare volumetrică tridimensională (RV-3D) [1, 2, 9, 10].

Deși termenul „reconstrucția imaginii” este frecvent utilizat în loc de „reformatarea imaginii”, trebuie de avut în vedere că reconstrucția imaginii este procedura care transformă datele brute obținute în imagini computer tomografice (CT). Cu această tehnică, imaginile ACT sunt afișate bidimensional, în planuri ortogonale sau arbitrare (RMP), cu posibilitatea adăugării algoritmilor PIM, pentru a evidenția structurile vasculare opacificate, care, cu osul, prezintă pixeli cu luminozitate maximă. În plus, pentru a îmbunătăți vizualizarea structurilor vasculare, poate fi folosită tehnica plăcii subțiri glisante (l. engl. „*sliding-thin-slab*”), pentru a selecta grupuri voxel de diferite grosimi, pentru includerea sau excluderea acestora din imagine și pentru a îmbunătăți evaluarea structurii studiate prin reducerea interferenței parțiale de volum și suprapunerii altor structuri [4].

Astfel, scopul studiului a fost evaluarea capacității diagnostice și descriptive a tehnicii de reconstrucție PIM a imaginilor angiografice, comparativ cu alte tehnici de postprocesare (RV-3D și ACT axială) la pacienții cu aneurisme ale poligonului Willis.

Material și metode

În lotul de studiu au fost incluși 140 de pacienți consecutivi cu aneurisme cerebrale ale poligonului Willis, investigați în perioada 01.01.2010 – 31.12.2014 în Secția de Radiologie și Imagistică Medicală a Institutului de Neurologie și Neurochirurgie din Republica Moldova.

Pacienții incluși în studiu au dat acordul informat în scris pentru înrolare; în cazul persoanelor inconștiente, acordul informat a fost dat de rudele sau reprezentanții lor.

Design-ul studiului este prezentat în Figura 1.

Selectarea pacienților a fost efectuată după următoarele criterii de includere:

- pacient adult (≥ 18 ani), care a dat acord informat pentru înrolare în studiu;
- suspecție clinică la aneurism intracranian, confirmată preoperator prin ACT;
- pacienți tratați microneurochirurgical și examinați prin ACT de control postoperatoriu.

Criteriile de excludere din studiu au fost:

- pacienți cu aneurisme intracraniene, situate înafara poligonului Willis;
- prezența de aneurisme multiple;
- imposibilitatea efectuării ACT postoperatorii din cauza stării pacientului;
- ACT postoperatorie, efectuată înafara Institutului de Neurologie și Neurochirurgie;
- vizibilitatea necalitativă a structurilor vasculare cerebra-

Projection techniques include multiplan reconstruction (MPR, that can be combined with maximum intensity projection – the algorithm for visualizing pixels of maximum intensity), or sliding-thin-slab technique (STS, used for visualizing layers with variable thickness) [9]. Another projection technique is three-dimensional volume visualization, known as three-dimensional volume reconfiguration (3D-VR) [1, 2, 9, 10].

Even if the term “image reconstruction” is frequently used instead of “image reformation”, we have to keep in mind that, image reconstruction is the procedure that transforms initially obtained data into computed tomography images (CT). With this technique, CTA images are shown bidimensionally, in orthogonal or arbitrary plans (MPR), with the possibility to add MIP algorithms for highlighting vascular structures that together with the bone tissue present like pixels of maximum intensity. In addition, vascular structure visualization can be improved with sliding-thin-slab technique that allows selecting voxel groups of different thickness with their following including or excluding from the image in order to enhance evaluation of the studied structure and reduce partial interference and layering of other structures [4].

Thereby, the aim of the study was to evaluate the diagnostic and descriptive capacities of MIP reconstruction of CTA techniques compared to other techniques of post-processing (3D-VR and axial CTA) in patients with aneurysms of the Willis polygon.

Material and methods

The study group consisted of 140 consecutive patients with cerebral aneurysms of the Willis polygon, investigated between 01.01.2010 and 31.12.2014 in the department of Radiology and Medical Imagistics of Neurology and Neurosurgery Institute from the Republic of Moldova.

Patients included in the study signed the written consent for participating in the study, in cases with unconscious patients, the written consent was signed by their relatives or official representatives.

The design of the study is presented in Figure 1.

Patients were selected following the including criteria:

- adult patient (≥ 18 y.o.), that has signed the written consent for participating in the study;
- clinical suspect of intracranial aneurysm, pre-operatively confirmed by CTA;
- patients treated micro-neurosurgically and examined with CTA postoperatively.

Criteria for excluding were the following:

- patients with intracranial aneurysms, situated elsewhere the Willis polygon;
- multiple aneurysms;
- impossibility to perform CTA due to patients state;
- postoperative CTA made elsewhere Neurology and Neurosurgery Institute;
- poor visibility of cerebral vascular structures with insufficient contrasting of the arterial lumen (blood intensity in the lumen of the internal carotid artery from the

le cu contrastarea inefficientă a lumenului arterial (densitatea sanguină în lumenul sifonului arterei carotide interne în emisfera contralaterală aneurismului este mai mare decât 160 Unități Hounsfield).

Posibilitățile tehnicii PIM de reconstrucție a imaginilor ACT ale aneurismelor poligonului Willis au fost evaluate prin prisma următorilor parametri principali: forma, localizarea, dimensiunile sacului și colului aneurismal.

Drept parametri secundari de evaluare și comparare a imaginilor au servit: direcția vectorului aneurismal, volumul aneurismului, configurația, prezența lobulilor secundari, modificările patologice ale arterei materne și ale vascularizației generale cerebrale (vasospasm, stenoză, prezența plăcilor ateromatoase, modificări asociate hipertensiunii arteriale), raportul aneurismului cu structurile vasculare adiacente, prezența ramurilor vasculare eferente din aneurism, raportul aneurismului cu structurile osoase adiacente, cu structurile anatomice ale sinusului cavernos, cu sectoarele de AVC (ischemic și/sau hemoragic), prezența, localizarea, extinderea trombozei intramurale și/sau calcifierilor parietale ale sacului aneurismal, anatomia sinusului frontal, procesului clinoid anterior (planificarea clinoidectomiei), poziția planșeului orbital, vizibilitatea clipsului neurochirurgical și a structurilor vasculare, adiacente clipsului.

Studiul a inclus, de asemenea, colectarea datelor social-demografice, comorbidităților, scorurilor de gravitate specifice (Scorul Glasgow al Comelor, Scorul Hunt și Hess, Scorul WFNS al Federației Mondiale a Neurochirurgilor).

Computer tomografia cerebrală nativă, ACT cerebrală (imagini primare axiale) și procedeele de reconstrucție ale imaginii ACT – PIM, RV-3D, au fost efectuate în vederea stabilirii diagnosticului și în scopul determinării oportunității indicației pentru tratament neurochirurgical. Toate imaginile ACT au fost arhivate în sistemul electronic de stocare al investigațiilor imagistice medicale, pentru a avea posibilitatea post-procesării și reconstrucției lor [11, 12].

ACT cerebrală a fost realizată preoperatoriu la toți pacienții studiați.

Toate investigațiile au fost efectuate la tomograful cu scanare spiralată (elicoidală), cu detector de 64 de rânduri și cu o singură scanare axială (*VCT Select 64 slices*, General Electric, SUA), utilizând procedurile standard.

Reformatarea imaginilor-sursă a fost efectuată pe stația de lucru offline (*General Electric Advanced Workstation 4.4* și *Osirix Pro Apple Workstation*) în cele trei planuri ortogonale cu grosimea secțiunii de 0,625 mm pentru vizualizarea ramu-

contralateral hemisphere of the aneurysm exceeds 160 Hounsfield units).

Possibilities of the MPI reconstruction technique of CTA images of aneurysms in the Willis polygon have been evaluated according the following parameters: shape, localization, sac and neck of the aneurysm.

Secondary parameters for evaluation and image comparing were the following: aneurysm vector direction, aneurysm volume, configuration, presence of secondary lobules, pathological modifications of the maternal artery and of general cerebral vascularization (vasospasm, stenosis, presence of atherosclerotic plaques, hypertension modifications), relation between the aneurysm and the adjacent structures, presence of efferent vascular branches from the aneurysm, relation between aneurysm and adjacent bone structures / cavernous sinus/sections of stroke (hemorrhagic or ischemic), presence / localization / extension of intramural thrombosis and/or wall calcification off the aneurysmal sac, anatomy of the frontal sinus, anterior clinoid process (clinoidectomy planning), position of the orbit walls, visibility of the neurosurgical clipping and vascular structures near the clips.

The study included social and demographic data collection, data about comorbidities, severity scores (Glasgow Coma Scale, Hunt and Hess Score, WFNS Score).

Native cerebral CT, cerebral CTA (primary axial images) and image reconstruction techniques – MIP, 3D-VR have been performed in order to diagnose and determine the opportunity for neurosurgical treatment. All CTA images have been archived in the electronic system of medical imagistic investigations storage for further post-processing and reconstruction [11, 12].

Cerebral CTA has been performed in all patients preoperatively.

All investigations were performed with spiral (helical) scanning tomograph, 64-slice detector and single axial scanning (*VCT Select 64 slices*, General Electric, USA), using standard procedures.

Reconfiguration of source images was performed at the offline workstation (*General Electric Advanced Workstation 4.4* and *Osirix Pro Apple Workstation*) in three orthogonal planes with slice thickness of 0.625 mm for visualizing the basilar artery and vertebral arteries and their intracranial trajectory. Process time varied between 20 and 30 minutes per each examination [4].

Evaluation and interpretation of imagistic data (primary axial data, MIP analyzing, 3D reconstruction) as well as diag-

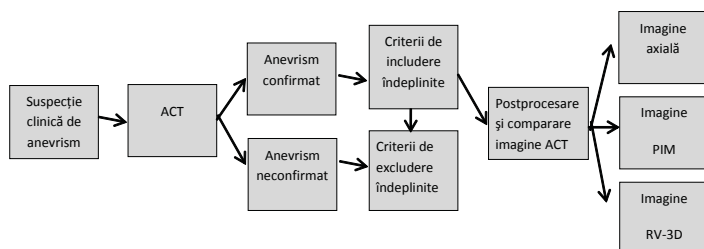


Fig. 1 Design-ul studiului.

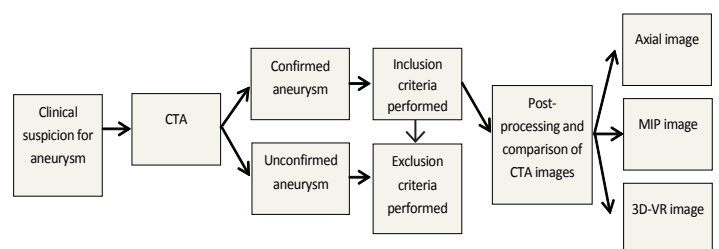


Fig. 1 Study design.

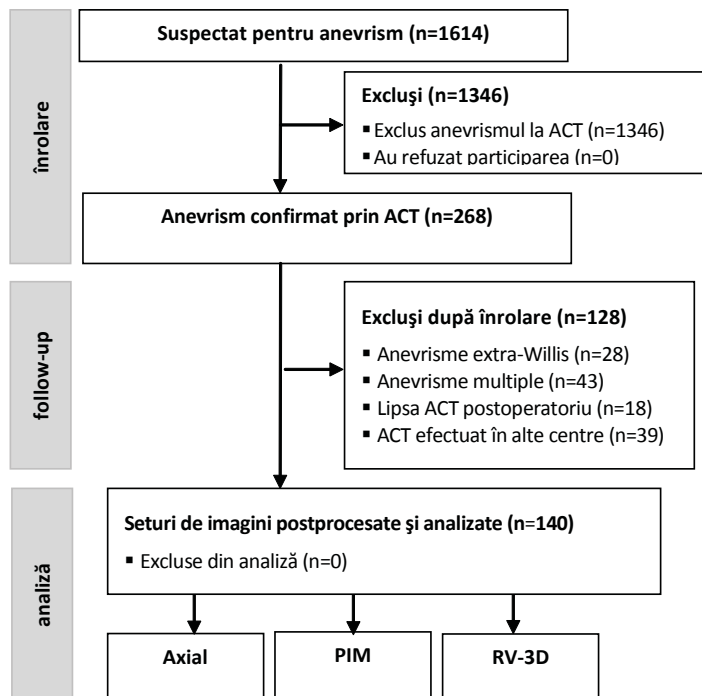


Fig. 2 Diagrama CONSORT a fluxului de pacienți.

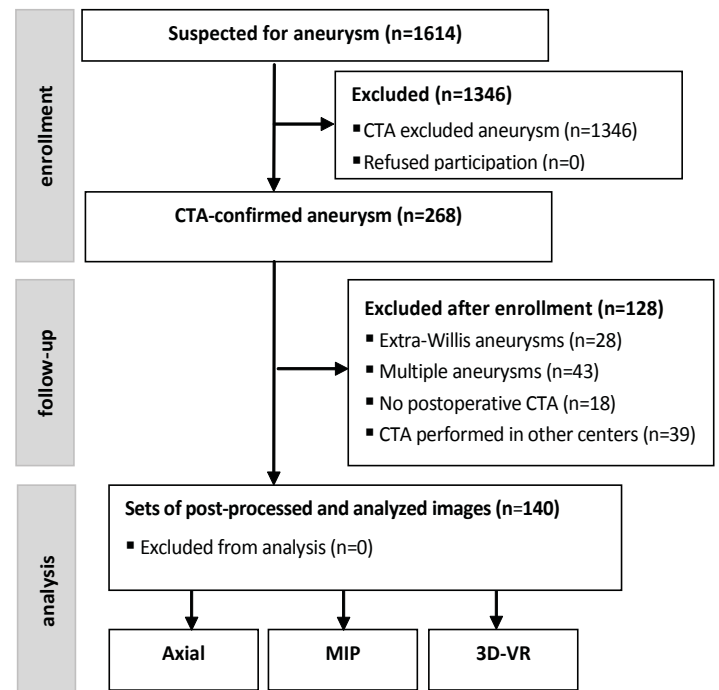


Fig. 2 CONSORT patient flow chart.

rilor arteriale ale cercului Willis, iar în planul oblic-coronar, paralel cu *clivus*, pentru vizualizarea arterei bazilare și arterelor vertebrale la nivelul traiectului lor intracranian. Timpul de procesare a variat de la 20 la 30 de minute pentru fiecare examinare [4].

Evaluarea și interpretarea datelor imagistice (datele primare axiale, analiza prin proiecție de intensitate maximă, reconstrucția tridimensională), precum și stabilirea diagnosticului, au fost efectuate independent de către doi neuroradiologi cu experiență de cel puțin 10 ani, inclusiv, în diagnostic vascular. Dezacordurile dintre observatori au fost rezolvate prin consens.

Statistică descriptivă.

Rezultate

Diagrama CONSORT de flux al pacienților studiați este redată în Figura 2. Seturile de date complete, analizate, au reprezentat 48% din numărul pacienților înrolați în studiu (în 52% din cazuri fiind îndeplinite cel puțin o condiție din criteriile de excludere).

Prezentarea generală a lotului de studiu este evidențiată în Tabelul 1. Astfel, trei pătrimi dintre pacienți aveau comorbidități și factori de risc de origine cardiovasculară, iar fiecare al cincilea – obezitate. Prevalența diabetului zaharat și a afecțiunilor renale al lotul studiat a fost similară populației generale. Tot trei pătrimi dintre pacienți au prezentat o tulburare ușoară a cunoștinței, de tip obnubilare (GCS=13-14 puncte); fiecare al optulea pacient era într-o stare gravă, prezentând deteriorări moderate până la severe ale stării de cunoștință (GCS=3-12 puncte).

Caracteristicile de bază ale aneurismelor poligonului Willis, estimate prin ACT, sunt prezentate în Tabelul 2. Fiecare

nosis setting were made independently by 2 neuroradiologists with experience in the field of minimum 10 years in vascular diagnosis inclusive. Disagreements between the observers were solved by consensus.

Descriptive statistics was performed.

Results

CONSORT flow diagram of studied patients is shown in Figure 2. Analyzed complete data sets represented 48% out of the total number of patients included in the study (in 52% of the cases at least one criteria for excluding was present).

General presentation of the study group is shown in Table 1. Thus, $\frac{3}{4}$ of the patients had comorbidities and cardiovascular risk factors, every fifth patients suffered from obesity. Prevalence of diabetes mellitus and renal diseases was similar to general population. In addition, $\frac{3}{4}$ of the patients had a mild disturbance of consciousness (obnubilation level, GCS 13-14 points); every eighth patients were in serious condition with moderate-severe disturbance of consciousness (GCS 3-12 points).

Basic characteristics of the aneurysms of the Willis polygon, estimated through CTA are shown in Table 2. Every second patient had an aneurysm of the anterior communicating artery, every seventh patient – of medial cerebral artery. The big majority of the patients (96.4%) had saccular aneurysms, where the walls had simple configuration in 55.6% of the cases and polylobular configuration in 44.4% of the cases. Localization of the aneurysms was mostly interhemispheric (60%), with a slight domination of the left side (23.6%) over the right side (16.4%).

Complications caused by aneurysms are presented in Table 3. Two thirds of the aneurysms have erupted sponta-

Table 1. Caracteristica generală a lotului studiat (n=140).

Vârsta, ani	51,5 [19 – 79] [†]
Bărbați, n (%)	57 (40,7)
Domiciliu rural, n (%)	88 (62,9)
Comorbidități, n (%)	
• hipertensiune arterială	103 (73,6)
• obezitate	30 (21,4)
• diabet zaharat	10 (7,1)
• afecțiune renală	11 (7,9)
• tumori cerebrale	6 (4,3)
Nivelul cunoștinței, n (%)	
GCS [‡] 15	16 (11,4)
GCS 13-14	106 (75,7)
GCS 9-12	13 (9,3)
GCS≤8	5 (3,6)

Notă: [†] – medie [extreme]; [‡] – scorul Glasgow al comelor.

Table 2. Caracteristica parametrilor de bază ale anevrismelor arterelor poligonului Willis, dată de angiografia cu scanare computer tomografică (n=140).

Localizarea, n (%)	
a. comunicantă anterioară	77 (55,0)
a. comunicantă posterioară	6 (4,3)
a. carotidă internă	30 (21,4)
a. cerebrală medie	20 (14,3)
a. bazilară	7 (5,0)
Forma saculară, n (%)	135 (96,4)
din care:	
configurație simplă, n (%)	75 (55,6)
configurație polilobulară, n (%)	60 (44,4)
Forma fusiformă, n (%)	5 (3,6)
Localizare pe dreapta, n (%)	23 (16,4)
Localizare pe stânga, n (%)	33 (23,6)
Localizare interemisferică, n (%)	84 (60,0)

al doilea pacient a prezentat un anevrism al arterei comunicante anterioare, iar fiecare al șaptelea – al arterei cerebrale medii. Majoritatea covârșitoare (96,4%) dintre pacienți au avut anevrisme de formă saculară, unde pereții au avut configurație simplă în 55,6% și polilobulară – în 44,4%. Localizarea anevrismelor a fost predominant interemisferică (60%), cu o ușoară predominare pe stânga față de dreapta (23,6% vs. 16,4%).

Complicațiile produse de anevrismele cerebrale în lotul studiat sunt prezentate în Tabelul 3. Două treimi dintre anevrisme au erupt acut, în fiecare al doilea caz producând hemoragii combinate (subarahnoidiană, intraventriculară și intracerebrală, toate asocierile posibile). Vasospasmul global s-a dovedit a fi un fenomen destul de rar, întâlnit în 4,3% din cazuri, pacienții cu aceeași probabilitate făcând vasospasm loco-regional. Fără vasospasm au fost 40,7% din pacienți. Trei pătrimi dintre pacienți au prezentat o severitate ușoară a hemoragiei subarahnoidiene după scorul Hunt și Hess (SHH); clasificarea WFNS a Federației Mondiale a Neurochirurgilor prezentând rezultate asemănătoare (72,2% – gravitate ușoară).

În schimb, scorul tomografic Fisher pentru HSA a prezen-

Table 1. General features of the study group (n=140).

Age, y.o.	51.5 [19 – 79] [†]
Males, n (%)	57 (40.7)
Rural home, n (%)	88 (62.9)
Comorbidities, n (%)	
• high blood pressure	103 (73.6)
• obesity	30 (21.4)
• diabetes mellitus	10 (7.1)
• renal pathology	11 (7.9)
• cerebral tumors	6 (4.3)
Level of consciousness, n (%)	
GCS [‡] 15	16 (11.4)
GCS 13-14	106 (75.7)
GCS 9-12	13 (9.3)
GCS≤8	5 (3.6)

Note: [†] – average [extremes]; [‡] – Glasgow coma scale.

Table 2. Main parameters of the Willis circle aneurysms, achieved by computed tomography angiography (n=140).

Location, n (%)	
anterior communicating artery	77 (55.0)
posterior communicating artery	6 (4.3)
internal carotid artery	30 (21.4)
middle cerebral artery	20 (14.3)
basilar artery	7 (5.0)
Saccular type, n (%)	135 (96.4)
of which:	
simple configuration, n (%)	75 (55.6)
polylobulated configuration, n (%)	60 (44.4)
Fusiform type, n (%)	5 (3.6)
located on the right, n (%)	23 (16.4)
located on the left, n (%)	33 (23.6)
located interhemispherically, n (%)	84 (60.0)

neously, and in every second case produced combined bleedings (subarachnoid, intraventricular and intracerebral, all the possible associations). Global vasospasm proved to be a rare phenomenon, found in 4.3% of the cases, loco-regional spasm was found in 4.3% of the cases. There were 40.7% of patients without any vasospasm. Seventy five percent of the patients had a mild form of subarachnoid hemorrhage according to the Hunt and Hess score (HHS); WFNS classification shows similar results (72.2% – mild severity).

Conversely, the Fisher tomographic score for subarachnoid hemorrhage showed a totally different situation: 82.9% of the patients with subarachnoid hemorrhage were classified in the severe category (Fisher III-IV). Cerebral edema is a frequent consequence of ruptured aneurysms, and it was found in 68.5% of the cases with various spreading volume.

Studying the conclusions of complex imagistic examinations described in Tables 1-3, Table 4 shows the results of comparative appreciation of dimensional parameters of different post processing techniques of images obtained axially. Thus, aneurysm visualization is very good in all techniques;

Table 3. Complicațiile înregistrate, produse de aneurismele cerebrale (n=140).

Aneurism neerupt, n (%)	35 (25,0)
Aneurism erupt acut, n (%)	92 (65,7)
Sechele de erupere, n (%)	13 (9,3)
Fără hemoragie intracraniană, n (%)	35 (25,0)
Cu hemoragie intracraniană, n (%) din care,	105 (75,0)
hemoragie subarahnoidiană izolată, n (%)	26 (24,8)
hematom intracerebral izolat, n (%)	42 (40,0)
hemoragie intraventriculară izolată, n (%)	3 (2,9)
hemoragii combinate (HSA\HIV\HIC), n (%)	34 (32,3)
Fără vasospasm, n (%)	57 (40,7)
Vasospasm local, n (%)	43 (30,7)
Vasospasm regional, n (%)	34 (24,3)
Vasospasm global, n (%)	6 (4,3)
SHH [†] I, n (%)	45 (32,1)
SHH II, n (%)	57 (40,8)
SHH III, n (%)	29 (20,7)
SHH IV, n (%)	7 (5,0)
SHH V, n (%)	2 (1,4)
WFNS [‡] I, n (%)	59 (42,2)
WFNS II, n (%)	42 (30,0)
WFNS III, n (%)	31 (22,1)
WFNS IV, n (%)	7 (5,0)
WFNS V, n (%)	1 (0,7)
Scor tomografic Fisher pentru HSA (n=94 [67,1%])	
grad I, n (%)	4 (4,3)
grad II, n (%)	12 (12,8)
grad III, n (%)	10 (10,6)
grad IV, n (%)	68 (72,3)
Fără edem cerebral	44 (31,5)
Edem cerebral perilezional, n (%)	24 (17,1)
Edem cerebral difuz, n (%)	57 (40,7)
Edem cerebral global, n (%)	15 (10,7)

Notă: [†]- severitatea hemoragiei subarahnoidiene conform scorului Hunt și Hess; [‡]- severitatea hemoragiei subarahnoidiene conform scorului Federației Mondiale a Neurochirurgilor.

tat o situație diametral opusă: 82,9% din pacienții cu HSA au fost clasați în categoria severă (Fisher III-IV). Edemul cerebral este o consecință frecventă a erupției aneurismului, fiind întâlnit în 68,5% din cazuri, cu divers volum de răspândire.

Reieșind din concluziile examinării imagistice complexe, descrisă în Tabelele 1-3, Tabelul 4 prezintă rezultatele aprecierii comparative a parametrilor dimensionali în funcție de tehnicile de postprocesare ale imaginilor achiziționate axial. Astfel, vizualizarea aneurismului este foarte bună, indiferent de tehnica de postprocesare a imaginii utilizate, eșecurile fiind excepționale; de asemenea, compararea dimensiunilor aneurismului în trei dimensiuni a dat rezultate similare, fără diferență statistică în funcție de tehnica de postprocesare a imaginii. Diferențele dintre tehnicile de procesare a imaginii încep să se releveze la aprecierea formei aneurismului, în special, în cazul celor complexe. Totuși, utilizarea tehnicii RV-3D permite o apreciere cu ușurință a formei aneurismului în 94,3% din cazuri – performanță net superioară tehnicii PIM (25%) sau celei axiale (11,4%).

Controlul postoperatoriu este acompaniat de artefacte de imagine în 69,3% din cazuri, care sunt cauzate de clipsul

Table 3. Detected complications of the cerebral aneurysms (n=140).

Unruptured aneurysm, n (%)	35 (25.0)
Acute ruptured aneurysm, n (%)	92 (65.7)
Rupture sequelae, n (%)	13 (9.3)
Without intracranial hemorrhage, n (%)	35 (25.0)
With intracranial hemorrhage, n (%) of which,	105 (75.0)
isolated subarachnoid hemorrhage, n (%)	26 (24.8)
isolated intracerebral haematoma, n (%)	42 (40.0)
isolated intraventricular hemorrhage, n (%)	3 (2.9)
combined hemorrhage (SAH\IVH\ICH), n (%)	34 (32.3)
Without vasospasm, n (%)	57 (40.7)
Local vasospasm, n (%)	43 (30.7)
Regional vasospasm, n (%)	34 (24.3)
Global vasospasm, n (%)	6 (4.3)
HHS [†] I, n (%)	45 (32.1)
HHS II, n (%)	57 (40.8)
HHS III, n (%)	29 (20.7)
HHS IV, n (%)	7 (5.0)
HHS V, n (%)	2 (1.4)
WFNS [‡] I, n (%)	59 (42.2)
WFNS II, n (%)	42 (30.0)
WFNS III, n (%)	31 (22.1)
WFNS IV, n (%)	7 (5.0)
WFNS V, n (%)	1 (0.7)
Fisher scale for SAH (n=94 [67.1%])	
I degree, n (%)	4 (4.3)
II degree, n (%)	12 (12.8)
III degree, n (%)	10 (10.6)
IV degree, n (%)	68 (72.3)
Without cerebral edema	44 (31.5)
Perilesional cerebral edema, n (%)	24 (17.1)
Diffuse cerebral edema, n (%)	57 (40.7)
Global cerebral edema, n (%)	15 (10.7)

Note: [†]- severity of the subarachnoid hemorrhage according to the Hunt and Hess scale; [‡]- severity of the subarachnoid hemorrhage according to the World Federation of the Neurosurgeons.

failures are exceptional, also three-dimensional comparison of the aneurysm showed similar results, with no statistical differences between post process techniques. Differences between post process techniques appear when it comes to describing the shape of the aneurysm, especially when there are complex aneurysms. However, 3D-VR technique offers an easy appreciation of the shape of the aneurysm in 94.3% of the cases – net superior to MIP (25%) and axial method (11.4%).

Postoperative control is accompanied by artifacts in 69.3% of the cases caused by the metallic clip; thus, 3D-VR technique offers a good visualization of vascular structures after image reconstruction in 2/3 of the cases, which is almost impossible to achieve using only the axial technique (Table 4).

However, results of comparative appreciation of relations between aneurysms and adjacent structures (bone, cavernous sinus, stroke zones or partial lumen thrombosis of the aneurysm) show us that none of the technique has good results in all the cases, better results are achieved only after complex examination with association of several techniques of image post processing (Table 5).

Tabelul 4. Rezultatele aprecierii comparative a parametrilor dimensionali în imaginile anevrismelor poligonului Willis, obținute prin angiografie cu scanare computer tomografică, în funcție de tehnicile de postprocesare utilizate.

Parametri	Axială	PIM	RV-3D
Vizualizarea anevrismului:			
totală, <i>n</i> (%)	135 (96,4)	139 (99,3)	129 (92,1)
parțială, <i>n</i> (%)	2 (1,4)	1 (0,7)	11 (7,9)
nu se vizualizează, <i>n</i> (%)	3 (2,1)	0 (0,0)	0 (0,0)
Lungimea max., mm	7,8 [2,1 – 38,4]	8,5 [2,7 – 44,0]	8,1 [2,0 – 23,0]
Lățimea max., mm	6,4 [1,5 – 36,1]	6,6 [1,8 – 36,9]	6,4 [1,4 – 29,0]
Ø colului anevrismal, mm	3,7 [1,5 – 15,3]	3,7 [1,5 – 16,4]	3,9 [1,2 – 16,9]
Forma anevrismului:			
saculară ovoidă, <i>n</i> (%)	63 (45,0)	55 (39,3)	40 (28,6)
saculară rotundă, <i>n</i> (%)	36 (25,7)	20 (14,3)	16 (11,4)
fusiformă, <i>n</i> (%)	4 (2,9)	5 (3,6)	5 (3,6)
saculară complexă, <i>n</i> (%)	34 (24,3)	60 (42,9)	79 (56,4)
apreciere imposibilă, <i>n</i> (%)	3 (2,1)	0 (0,0)	0 (0,0)
Dificultatea aprecierii formei:			
ușor, <i>n</i> (%)	16 (11,4)	35 (25,0)	132 (94,3)
mediu, <i>n</i> (%)	22 (15,7)	85 (60,7)	0 (0,0)
dificil, <i>n</i> (%)	99 (70,7)	20 (14,3)	8 (5,7%)
apreciere imposibilă, <i>n</i> (%)	3 (2,1)	0 (0,0)	0 (0,0)
Prezența artefactelor „volum parțial” :			
absente, <i>n</i> (%)	124 (88,6)	24 (17,1)	1 (0,7)
slab pronunțate, <i>n</i> (%)	13 (9,3)	43 (30,7)	70 (50,0)
puternic pronunțate, <i>n</i> (%)	0 (0,0)	73 (52,2)	69 (49,3)
apreciere imposibilă, <i>n</i> (%)	3 (2,1)	0 (0,0)	0 (0,0)
Vizualizarea structurilor vasculare, în cazul artefactelor, produse de clipsul metalic (n=97 [69,3%]):			
clară, <i>n</i> (%)	6 (6,2)	40 (41,2)	62 (63,9)
dificilă, <i>n</i> (%)	27 (27,8)	47 (48,5)	25 (25,8)
imposibilă, <i>n</i> (%)	64 (66,0)	10 (10,3)	10 (10,3)

metalice; în acest sens, tehnica RV-3D permițând o vizualizare bună a structurilor vasculare după reconstituirea imaginii în 2/3 din cazuri, ceea ce este, practic, imposibil de făcut dacă se utilizează doar tehnica axială (Tabelul 4).

Privind, însă, rezultatele aprecierii comparative a parametrilor de relație a anevrismelor poligonului Willis cu structurile adiacente (osul, sinusul cavernos, zone de accident vascular cerebral sau tromboze parțiale de lumen anevrismal), s-a constatat că nicio tehnică de postprocesare a imaginii nu oferă un rezultat bun în toate situațiile, acesta fiind obținut doar la o examinare complexă, prin asocierea imaginilor postprocesate prin mai multe tehnici (Tabelul 5).

Discuții

ACT cu CTMD a circulației intracraniene a progresat considerabil în ultimii ani datorită creșterii vitezei de scanare, scăderii grosimii secțiunii și disponibilității unor softuri de procesare sofisticată a imaginii. Cu toate acestea, există divergențe privind valoarea de diagnostic a diferitor tehnici de reformatare, precum și utilizarea lor clinică, care se află, deocamdată, în fază de evaluare și standardizare [2, 8, 9]. Cele mai

Table 4. The comparative assessment of the dimensional parameters in the Willis circle aneurysms images, achieved by computed tomography angiography, depending on the post-processing technique applied.

Parameters	Axial	MIP	3D-VR
Aneurysm viewing:			
total, <i>n</i> (%)	135 (96.4)	139 (99.3)	129 (92.1)
partial, <i>n</i> (%)	2 (1.4)	1 (0.7)	11 (7.9)
unviewed, <i>n</i> (%)	3 (2.1)	0 (0.0)	0 (0.0)
Maximal length, mm	7.8 [2.1–38.4]	8.5 [2.7–44.0]	8.1 [2.0 – 23.0]
Maximal width, mm	6.4 [1.5–36.1]	6.6 [1.8–36.9]	6.4 [1.4 – 29.0]
Aneurysmal collum Ø, mm	3.7 [1.5–15.3]	3.7 [1.5–16.4]	3.9 [1.2 – 16.9]
Aneurysm shape:			
ovoid saccular, <i>n</i> (%)	63 (45.0)	55 (39.3)	40 (28.6)
rounded saccular, <i>n</i> (%)	36 (25.7)	20 (14.3)	16 (11.4)
fusiform, <i>n</i> (%)	4 (2.9)	5 (3.6)	5 (3.6)
complex saccular, <i>n</i> (%)	34 (24.3)	60 (42.9)	79 (56.4)
determination impossible, <i>n</i> (%)	3 (2.1)	0 (0.0)	0 (0.0)
Shape appreciation difficulty level:			
easy, <i>n</i> (%)	16 (11.4)	35 (25.0)	132 (94.3)
medium, <i>n</i> (%)	22 (15.7)	85 (60.7)	0 (0.0)
difficult, <i>n</i> (%)	99 (70.7)	20 (14.3)	8 (5.7)
determination impossible, <i>n</i> (%)	3 (2.1)	0 (0.0)	0 (0.0)
Artefacts „partial volume” :			
absent, <i>n</i> (%)	124 (88.6)	24 (17.1)	1 (0.7)
poorly observed, <i>n</i> (%)	13 (9.3)	43 (30.7)	70 (50.0)
highly observed, <i>n</i> (%)	0 (0.0)	73 (52.2)	69 (49.3)
determination impossible, <i>n</i> (%)	3 (2.1)	0 (0.0)	0 (0.0)
Viewing of vascular structures in case of metal clips artefacts (n=97 [69.3%]):			
clear, <i>n</i> (%)	6 (6.2)	40 (41.2)	62 (63.9)
difficult, <i>n</i> (%)	27 (27.8)	47 (48.5)	25 (25.8)
impossible, <i>n</i> (%)	64 (66.0)	10 (10.3)	10 (10.3)

Discussion

CTA and CTMD of intracranial circulation progressed considerably in the past few years thanks to faster speed of scanning, thinner slices and new software of sophisticated image processing. Nevertheless, divergences exist regarding diagnostic value of different techniques, as well as their clinical usage, that at the moment are being evaluated and standardized [2, 8, 9]. Most of the studies published until now, centered attention on evaluation of quantity parameters such as: measurement of the degree of stenosis of the carotid artery and comparing the obtained results with MIP and MPR reconstruction. Plus, besides MIP and MPR reconstruction techniques, 3D-VR technique has progressed considerably through isotropic voxels – option possible with CTMD with 16 channels or more. Later, STS technique was applied, that can be visualized using MIP and MPR, showing high contrast and partially reduced volume artifacts. This technique has the tendency to keep maximum information and allows visualizing data set in multiples planes [6].

Numerous reconstruction techniques of CTA images exist at the working stations. Because choosing the post processing

Table 5. Rezultatele aprecierii comparative a parametrilor de relație în imaginile anevrismelor poligonului Willis, obținute prin angiografie cu scanare computer tomografică, în funcție de tehnicile de postprocesare utilizate.

Parametri de vizualizare	Axială	PIM	RV-3D
Sectoarele de accident vascular cerebral (n=60 [42,9%]):			
clară, n (%)	44 (73,0)	1 (2,0)	0 (0,0)
dificilă, n (%)	12 (20,0)	2 (4,0)	0 (0,0)
imposibilă, n (%)	4 (7,0)	57 (94,0)	60 (100,0)
Contactul os-anevrism (n=39 [27,9%]):			
clară, n (%)	8 (20,5)	23 (59,0)	22 (56,4)
dificilă, n (%)	16 (41,0)	11 (28,2)	9 (23,1)
imposibilă, n (%)	15 (38,5)	5 (12,8)	8 (20,5)
Relația cu sin. cavernos (n=24 [17,1]):			
clară, n (%)	10 (41,7)	8 (33,4)	2 (8,3)
dificilă, n (%)	10 (41,7)	12 (50,0)	2 (8,3)
imposibilă, n (%)	4 (16,6)	4 (16,6)	20 (83,4)
Tromboza parțială a lumenului anevrismal (n=9 [6,4%]):			
clară, n (%)	2 (22,0)	5 (66,0)	0 (0,0)
dificilă, n (%)	4 (44,0)	3 (34,0)	0 (0,0)
imposibilă, n (%)	3 (34,0)	1 (11,0)	9 (100,0)

multe studii, publicate până în prezent, au focalizat atenția pe evaluarea parametrilor cantitativi, așa ca măsurarea gradului de stenoză a arterei carotide, cu compararea rezultatelor obținute prin reconstrucția PIM și RMP. În plus, concomitent cu reformatarea PIM și RMP, există și tehnica RV-3D, care a cunoscut îmbunătățiri considerabile datorită achiziției de voxeli izotropici – opțiune posibilă cu CTMD de 16 canale sau mai mult. Ulterior, a fost aplicată tehnica STS, care poate fi vizualizată cu algoritmi PIM, sau tehnica RMP, caracterizate prin contrast ridicat și artefacte de volum parțial reduce. În plus, tehnica dată are o tendință de a păstra un maximum de informație, permițând, în același timp, vizualizarea setului de date în multiple planuri [6].

Există numeroase tehnici de reconstrucție a imaginilor ACT, disponibile, în prezent, pe stațiile de prelucrare. Deoarece alegerea tehnicii de postprocesare a imaginii influențează calitatea finală a examinării, neuroradiologii trebuie să fie conștienți de avantajele și limitările diverselor tehnici de reconstrucție, în scopul oferirii unei concluzii imagistice pertinente [4].

Pe imaginile PIM, anevrismele mici pot fi ratate, deoarece sunt mascate de semnalele vaselor donatoare în același plan bidimensional [4, 5, 6]. Examenul ACT PIM în studiul nostru a constatat anevrism vizibil în 139 (99,3%) din cazuri și parțial vizibil în 1 (0,7%) caz, deoarece acesta a avut dimensiuni <3 mm și din cauza artefactului accentuat de efectul volumului parțial, care a ascuns imaginea patologiei. În schimb, anevrismul dat a fost evidențiat pe imaginile RV-3D în proiecția conturului inferior al hematomului intracranial, iar diagnosticul stabilit a fost confirmat intraoperator.

Cu toate că nu au fost depistate diferențe statistic semnificative ale dimensiunilor sacului și colului anevrismal, măsura-

Table 5. The comparative assessment of the relational parameters in the Willis circle aneurysms images, achieved by computed tomography angiography, depending on the post-processing technique applied.

Viewing parameters	Axial	MIP	3D-VR
Areas of the cerebrovascular accident (n=60 [42.9%]):			
clear, n (%)	44 (73.0)	1 (2.0)	0 (0.0)
difficult, n (%)	12 (20.0)	2 (4.0)	0 (0.0)
impossible, n (%)	4 (7.0)	57 (94.0)	60 (100.0)
Bone-aneurysm contact (n=39 [27.9%]):			
clear, n (%)	8 (20.5)	23 (59.0)	22 (56.4)
difficult, n (%)	16 (41.0)	11 (28.2)	9 (23.1)
impossible, n (%)	15 (38.5)	5 (12.8)	8 (20.5)
Contact with the cavernous sinus (n=24 [17.1%]):			
clear, n (%)	10 (41.7)	8 (33.4)	2 (8.3)
difficult, n (%)	10 (41.7)	12 (50.0)	2 (8.3)
impossible, n (%)	4 (16.6)	4 (16.6)	20 (83.4)
Partial thrombosis of the aneurysmal lumen (n=9 [6.4%]):			
clear, n (%)	2 (22.0)	5 (66.0)	0 (0.0)
difficult, n (%)	4 (44.0)	3 (34.0)	0 (0.0)
impossible, n (%)	3 (34.0)	1 (11.0)	9 (100.0)

technique influences the quality of the final examination, neuroradiologists must be aware of advantages and limitations of different reconstruction techniques in order to offer pertinent conclusions [4].

On MIP images, small aneurysms can be missed because there are masked by the signals of other vessels donating in the same bidimensional plan [4, 5, 6]. In our study, MIP examination of CTA showed visible aneurysms in 139 (99.3%) of the cases, and partial visible aneurysm in 1 case (0.7%) because it was <3mm and because of the artifact enhanced by partial volume effect that hid the pathology. Instead, this aneurysm was revealed through 3D-VR in the projection of the intracranial hematoma's inferior contour. The diagnose was confirmed during the surgery.

Even if no statistical important differences of the aneurysmal sac and neck were found between different reconstruction techniques, tendencies were noticed. MIP examination distinguished that maximum length (8.5±0.5mm) and width (6.6±0.5) were larger compared to 3D VR (8.1±0.5mm and 6.4±0.4mm respectively), and the diameter of the aneurysmal neck was larger at CTA 3D-VR (3.9±0.2mm), followed by axial CTA (3.7±0.2mm) and MIP (3.7±0.2mm).

CTA MIP measurements are possible in all directions and planes and are very precise for big and giant aneurysms, but images of small and very small aneurysms are influenced by partial volume artifact, that wipes considerably the external contour of the aneurysm and makes it impossible to see the start and end points in linear measurements, and thus are over-appreciated. The most exact measurements are made on 3D-VR images, because measurements on axial slices are possible only in the same direction acquiring of the primary information is made (parallel with the orbitomeatal line), but

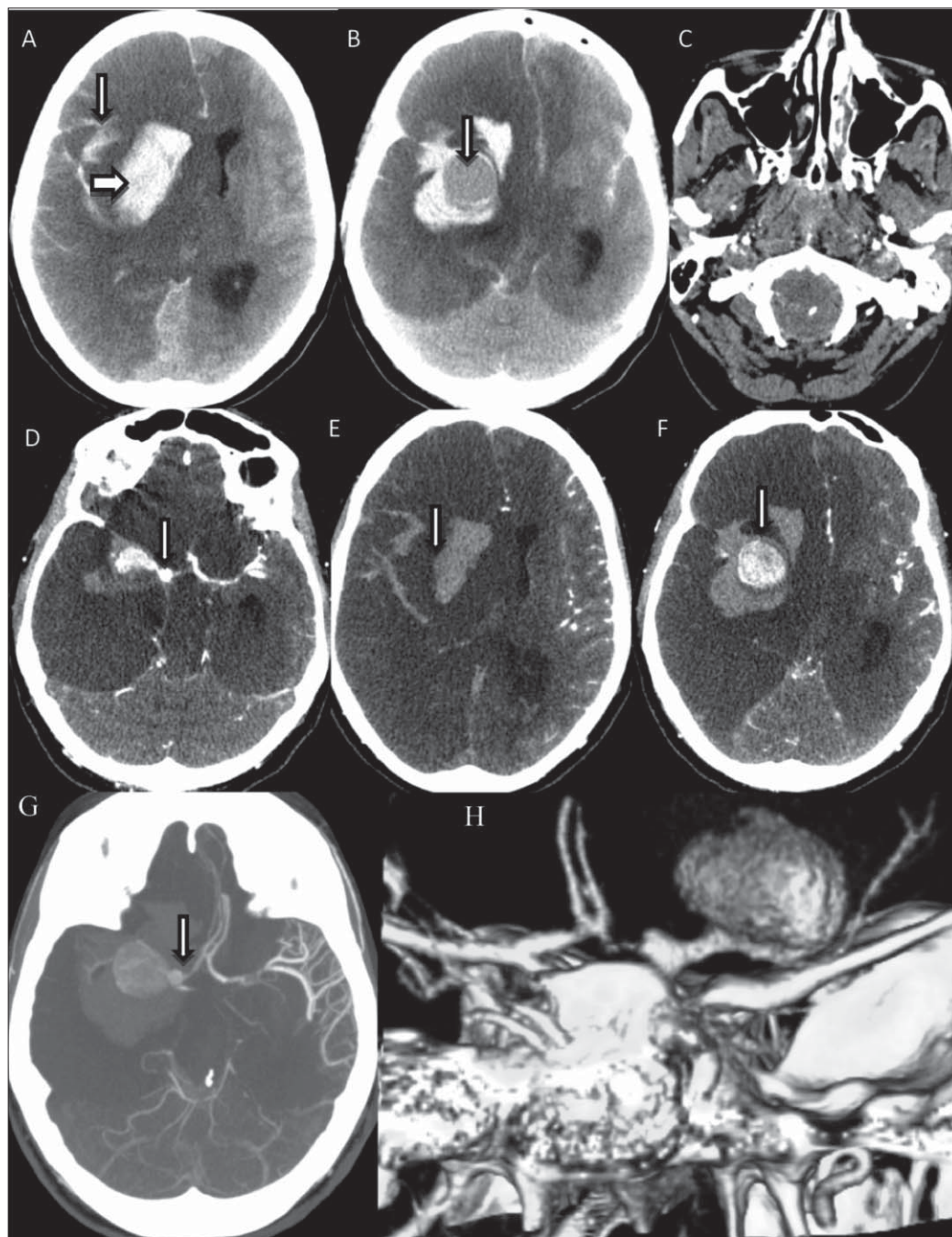


Fig. 3 F, 33 ani. A, B – Tomografie computerizată non-contrast. Hematom intracerebral acut (A, săgeată groasă), hemoragie subarahnoidală, gradul 4 după Fisher (A, săgeată îngustă), formațiune rotundă hipodensă la baza hematomului (B, săgeată). Edem cerebral global exprimat, deplasarea contralaterală a structurilor cerebrale medii. C, D, E, F – Imagini ACT axiale primare. Herniere acută a amigdalelor cerebeloase prin foramen magnum cu angajarea trunchiului cerebral (C). Regiunea colului anevrismal pe imagini axiale se vizualizează foarte îngust (D, săgeată), fapt ce nu s-a confirmat pe imagini RV-3D (H, săgeată). Anevriism gigant al arterei cerebrale medii pe dreapta (F, săgeată). G – ACT PIM, vizualizare mai bună sacului anevrismal și a relației cu hematumul adiacent. H – RV-3D, vizualizare mai bună a colului larg anevrismal pe traiectul segmentului M1 al arterei cerebrale medii (H, săgeată) și relația anevrismului cu vasul matern.

Fig. 3 F, 33 y.o. A, B – Non-contrast computed tomography. Acute intracerebral haematoma (A, thick arrow), subarachnoid hemorrhage, Fisher 4th degree (A, thin arrow), a rounded hypodense formation at the bottom of the haematoma (B, arrow). Severe global cerebral edema, contralateral displacement of the middle cerebral structures. C, D, E, F – Primary CTA axial images. Acute herniation of the cerebellum amygdala through the foramen magnum involving the brainstem (C). The aneurysmal collum appears very thin on the axial images (D, arrow), which has not been confirmed on the 3D-VR images (H, arrow). Giant aneurysm of the right middle cerebral artery (F, arrow). G – CTA MIP, a better view of the aneurysmal sack and of the contact with the adjacent haematoma. H – 3D-VR, a better view of the enlarged aneurysmal collum on path of M1 segment of the middle cerebral artery (H, arrow) and of the relationship between aneurysm and the mother vessel.

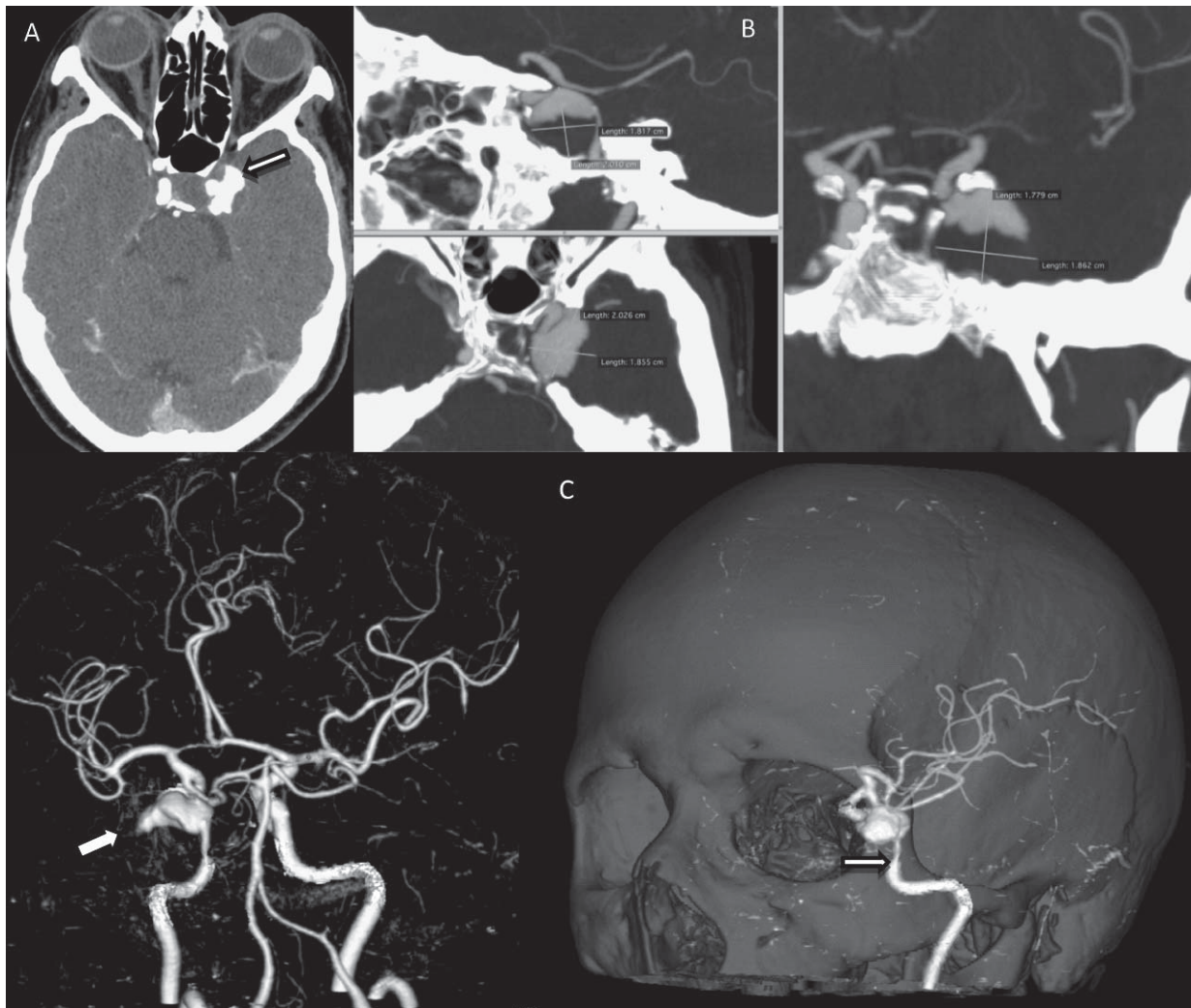


Fig. 4 F, 71 ani. Aneurism gigant, parțial trombozat, al arterei carotide interne pe stânga, segment infraclinoidal. A – ACT axial. Aprecierea formei și dimensiunilor maxime ale sacului aneurismal nu este posibilă pe CT axial, iar dimensiunile și configurația trombului intraluminal și a lumenului aneurismal contrastat (săgeată) nu pot fi evaluate corect. Relația cu structurile sinusului cavernos se vizualizează mai detaliat, comparativ cu alte tehnici. B – ACT PIM. Imaginea care redă cel mai bine configurația sacului integru aneurismal, relațiile cu structurile osoase ale osului sfenoidal și procesului clinoidal anterior adiacent, cu regiunea colului aneurismal. C – RV-3D cu subtracția manuală a osului (pe stânga) și aplicarea transparenței parțiale a oaselor craniene (pe dreapta). Absența vizualizării sectorului trombozat al aneurismului; se evidențiază numai lumenul contrastat (săgeată).

Fig. 4 F, 71 y.o. A giant, partly thrombosed, aneurysm of the left internal carotid artery, infraclinoid segment. A – axial CTA. The estimation of the shape and maximal dimensions of the aneurysmal sac is not possible on the axial CT; also the dimensions and configurations of the intraluminal thrombus and of the contrasted aneurysmal lumen (arrow) cannot be correctly appreciated. Being compared with other techniques, the relation with the cavernous sinus structures can be seen more detailed. B – CTA MIP. The best image reflecting the entire aneurysmal sac configurations, the contacts with the osseous structures of the sphenoid bone and the adjacent anterior clinoid process, with the aneurysmal collum. C – 3D-VR with manual subtraction of the bone (on the left) and applying partial transparency of the skull bones (on the right). The thrombosed area of the aneurysm is unseen, while the contrasted lumen is being shown (arrow).

te pe imaginile diferitor tehnici de reconstrucție ACT, s-au determinat, totuși, unele tendințe. Examenul PIM a evidențiat, că lungimea ($8,5 \pm 0,5$ mm) și lățimea ($6,6 \pm 0,5$ mm) maximă erau mai mari, comparativ cu RV-3D ($8,1 \pm 0,5$ mm și $6,4 \pm 0,4$ mm, respectiv) și cu imaginile axiale ($7,8 \pm 0,5$ mm și $6,3 \pm 0,5$, respectiv), iar diametrul colului aneurismal era mai mare la examenul ACT RV-3D ($3,9 \pm 0,2$ mm), urmat de ACT axial ($3,7 \pm 0,2$ mm) și PIM ($3,7 \pm 0,2$ mm).

Măsurările ACT PIM sunt posibile în toate direcțiile și pla-

this direction doesn't always match the plan with maximal diameter. Linear 3D measurements can be made in any direction, also planes with maximal diameter can be selected and secondary lobules of complex aneurysms can be included, that were not visible on CTA or MIP.

According the opinion of several authors, three orthogonal planes of MIP and 3D-VR images are used for evaluation of aneurysms' morphology [4]. In our study, the shape of the aneurysm was efficiently appreciated on 3D-VR images, fact

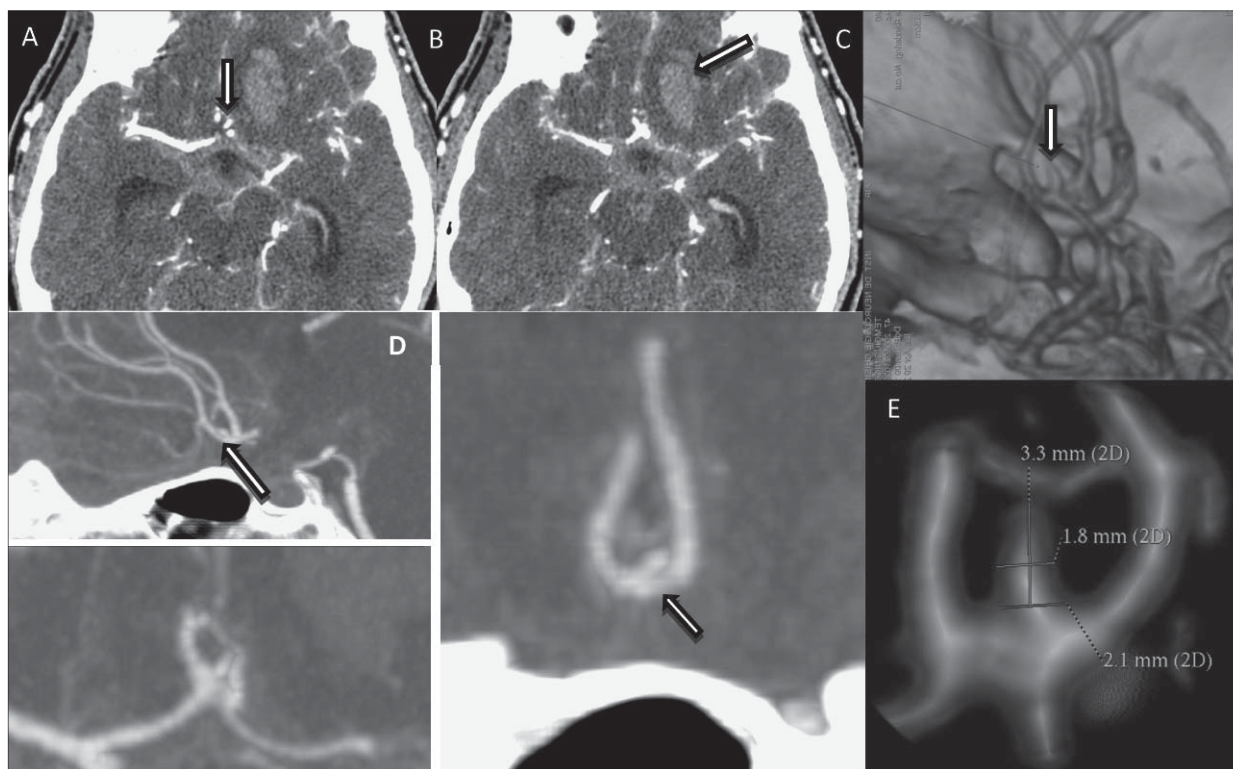


Fig. 5 B, 47 ani. Microaneurism al arterei comunicante anterioare. A, B – ACT axial. Imaginea microaneurismului nu poate fi diferențiată de artera cerebrală anterioară adiacentă, cu diametrul egal (A, săgeată), dar se vizualizează localizarea/dimensiunile/extinderea hematomului intracerebral (B, săgeată). D – ACT PIM, imaginea aneurismului, practic, nu se diferențiază din cauza artefactului de volum parțial (săgeată), contururile vaselor sunt vag delimitate. E – ACT RV-3D, se vizualizează eficient absența contactului dintre aneurism și artera cerebrală anterioară, bilateral; sunt ușor aplicabile măsurările lungimii și lățimii maxime a sacului aneurismal, diametrului colului aneurismal.

Fig. 5 M, 47 y.o. Anterior communicating artery micro aneurysm. A, B – axial CTA. The micro aneurysm image cannot be distinguished from the adjacent anterior cerebral artery, having equal diameter (A, arrow), but the location/dimensions/extension of the intracerebral haematoma can be observed (B, arrow). D – CTA MIP, the aneurysm image is almost undefined due to the partial volume artifacts (arrow), the vessels outlines are slightly defined. E – CTA 3D-VR, there is no contact between the aneurysm and the anterior cerebral artery, that is clearly seen bilateral; the maximal length and width of the aneurysmal sac can be easily measured, as well as the aneurysmal collum diameter.

nurile și sunt foarte exacte pentru anevrismele mari și gigante, dar imaginile microaneurismelor și anevrismelor mici sunt supuse influenței artefactului de volum parțial, care provoacă ștergerea considerabilă a conturului extern aneurismal și face imposibilă stabilirea punctului incipient și celui terminal al măsurărilor liniare, de aceea sunt, deseori, supraapreciate. Cele mai exacte măsurări sunt efectuate pe imagini RV-3D, pentru că pe secțiuni axiale sunt posibile măsurări numai în direcția în care este efectuată achiziția imaginilor primare (paralel cu linia orbito-meatală), dar această direcție, în majoritatea cazurilor, nu corespunde planului cu diametrul maxim. Măsurările liniare 3D pot fi aplicate în orice direcție, de asemenea, pot fi selectate planuri cu diametrul maxim și cu includerea efectivă a lobulilor secundari ai anevrismelor complexe, care deseori nu erau vizibile pe ACT axial sau PIM.

Conform opiniei unor autori, în evaluarea morfologiei anevrismelor sunt utilizate imaginile PIM și RV-3D în cele trei planuri ortogonale [4]. În studiu, forma aneurismului a fost apreciată foarte eficient și ușor pe imaginile RV-3D, fapt

confirmat during the surgery (exception were the clothed aneurysms) in patients that underwent open neurosurgery (microsurgical clipping – 100 patients, hunterian ligation – 6 patients, intra-extracranial by-pass – in one patient). Other structures correlated as well: aneurysm configuration, topographic localization in the anatomic 3D space, direction of the aneurysmal vector, number and position of secondary lobules (additional convexity on the aneurysmal sac surface), three-dimensional shape complexity. Differences between the rate of discovering of different aneurysm shapes using axial CTA and MIP, compared to CTA 3D-VR is determined by the impossibility to estimate correctly the complex shape of the tridimensional object on bidimensional images (axial CTA and CTA MIP).

In the absolute majority of the cases, vasospasm visualizing was medium (compared to excellent visualization on 3D-VR reconstructions). This fact is explained by insufficient growth of density of the vascular lumen after the introduction of an iodine contrast agent, associated with partial volume ef-

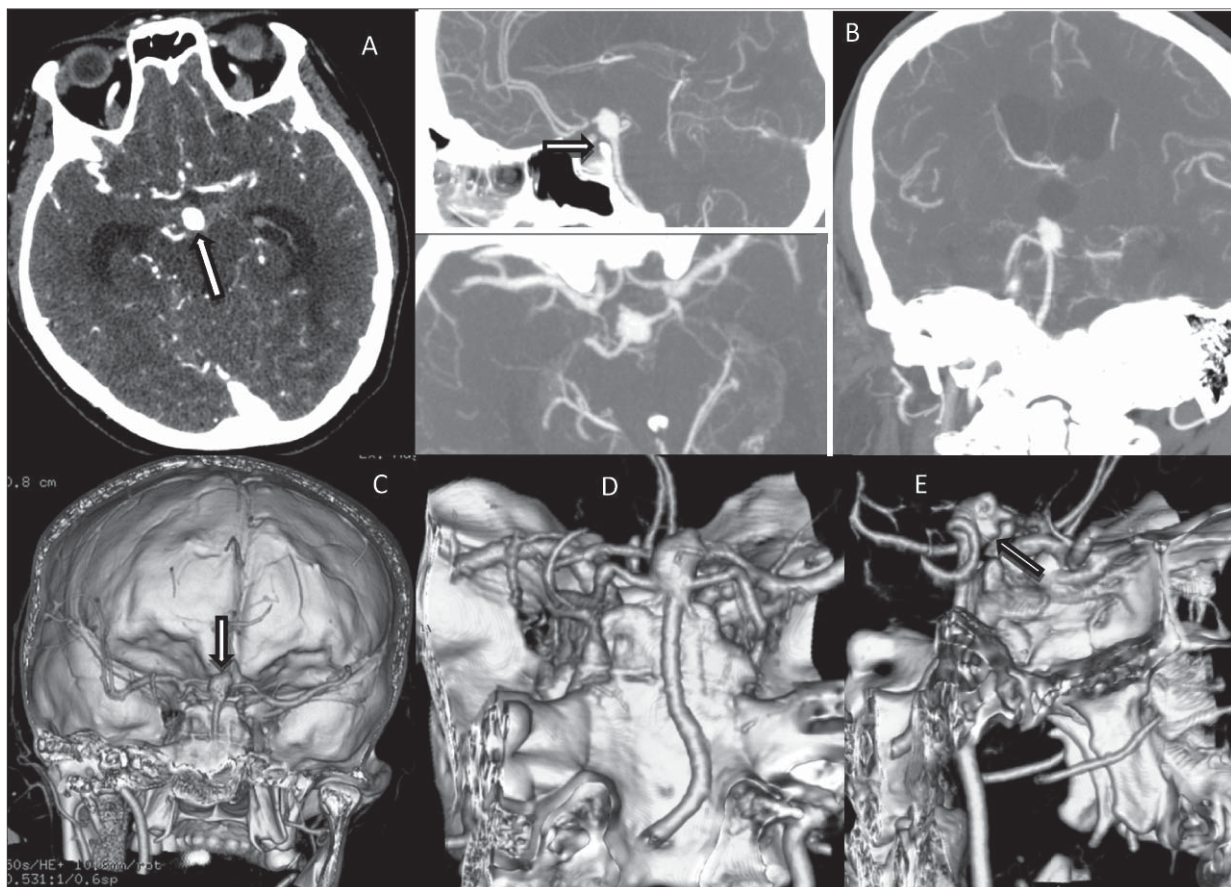


Fig. 6 F, 57 ani. Aneurism sacular cu configurație complexă a arterei bazilare. A – ACT axial: forma aneurismului se apreciază incorect drept ovoidală (săgeată). B – ACT PIM: vizualizare excelentă a formei complexe, polilobulate a aneurismului, vectorului aneurismal, colului larg al aneurismului; se evidențiază relația aneurismului cu dorsumul selar (săgeată). C, D, E – ACT RV-3D: apreciere detaliată a microlobulelor secundare pe conturul anterior al sacului aneurismal (săgeți).

Fig. 6 F, 57 y.o. Saccular aneurysm with a complex configuration of the basilar artery. A – axial CTA: the aneurysm shape is wrongly considered to be ovoid (arrow). B – CTA MIP: an excellent view of the complex, polylobulated shape of the aneurysm, of its vector and its enlarged collum; the contact between the aneurysm and dorsum sellae is evident (arrow). C, D, E – CTA 3D-VR: detailed evaluation of the secondary microlobules on the anterior outline of the aneurysmal sac (arrows).

confirmat intraoperatoriu (cu excepția aneurismelor trombozate) la pacienții care s-au tratat neurochirurgical deschis (clipsarea microchirurgicală – la 100 de pacienți, ligaturarea hunteriană – la 6 pacienți și by-pass-ul intra-extracranian – la 1 pacient). Au corelat nu numai forma generală a aneurismului, dar și configurația, localizarea topografică în spațiul 3D anatomic, direcția vectorului aneurismal, numărul și poziția lobulilor secundari (convexități suplimentare pe suprafața sacului aneurismal), complexitatea formei tridimensionale. Diferența dintre rata depistării diferitor forme a aneurismelor la ACT axială și PIM, comparativ cu ACT RV-3D, este determinată de imposibilitatea de estimare corectă a formei complexe a obiectului tridimensional pe imaginile bidimensionale (ACT axial și ACT PIM). Vizualizarea vasospasmului la ACT PIM, în majoritatea absolută a cazurilor, era medie (comparativ cu vizualizarea excelentă pe reconstrucții RV-3D). Faptul se explică prin creșterea insuficientă a densității lumenului vascular spasmata la introducerea agentului de contrast iodat, în asocieră cu efectul volumului parțial a structurii vasculare subțiate

fect of the thinned vascular structure (due to spasm) and very small diameter (millimetric or submillimetric). Nevertheless, MIP visualization is superior to axial CTA due to a combination of factors: visualization of the entire arterial path and the possibility of selective manipulation in the desired planes.

CTA MIP reconstruction technique is an algorithm for visualizing pixels with maximum luminosity, that, however, has a limited utility in cerebral CTA. This fact is caused by greater attenuation of the skull, compared to intracranial arteries; impossibility to discover small aneurysms and clear description of their relation to adjacent arteries; possibility to use only 10% of the information contained in a given volume [4, 8, 9].

Calcifications of the aneurysmal wall are mostly seen in giant aneurysms with cloths; these aneurysms jeopardize the surgical intervention and sometimes it is impossible to apply the vascular clip. Out of 140 patients from our study, calcification of the aneurysmal wall was found in 5 cases – an insufficient number to make statistical conclusions. On CTA MIP images, excellent visualization of calcifications was attested

(din cauza spasmului) și cu diametru foarte mic (milimetric sau submilimetric). Totuși, vizualizarea PIM este superioară ACT axial, din cauza combinației de factori: vizualizarea întregului traiect arterial și posibilității de manipulare selectivă cu planurile necesare.

Tehnica de reconstrucție ACT PIM este un algoritm pentru vizualizarea pixelilor cu luminozitate maximă, care, cu toate acestea, are o utilitate limitată în ACT cerebrală. Faptul este cauzat de atenuarea mai mare a craniului, comparativ cu arterele intracraniene, imposibilității depistării aneurismelor mici și descrierii clare a relațiilor acestora cu arterele adiacente, posibilității utilizării doar a 10% din informațiile conținute într-un volum dat [4, 8, 9].

Calcificatele peretelui aneurismal se constată, mai des, la aneurisme gigante și trombozate; ele complică substanțial intervenția neurochirurgicală deschisă, uneori cu imposibilitatea aplicării clipsului vascular. Din totalul de 140 de pacienți din studiul nostru, calcifierea peretelui aneurismal a fost constatată doar în 5 cazuri – număr insuficient pentru formularea unor concluzii de ordin statistic. Pe imaginile ACT PIM, vizualizarea excelentă a calcifierilor a fost constatată în 4 din cele 5 cazuri înregistrate. Într-un caz, calcinatul nu a fost evidențiat la ACT PIM (rezultat fals-negativ), pentru că a fost suprapus pe structurile hiperdense ale masivului osos al bazei craniului al unui pacient cu aneurism gigant al segmentului intracranio-dal al arterei carotide interne. Pentru aprecierea mai exactă a posibilităților metodelor de reconstrucție ACT în diagnosticul calcificatelor aneurismale, sunt necesare studii suplimentare pe eșantioane mai mari de pacienți cu aneurisme gigante.

Deoarece structurile osoase fac aneurismele obscure, PIM a fost prima imagine obținută automat, prin utilizarea aplicației pentru eliminarea osului fără postprocesare manuală. Eliminarea selectivă din imagine a structurilor osoase poate îmbunătăți descrierea aneurismelor intracerebrale [7].

Raportul dintre structurile osoase și sacul aneurismal s-a vizualizat excelent la ACT PIM și RV-3D datorită posibilităților largi de manipulare cu planurile de vizualizare în spațiul tridimensional.

Tehnica de reformatare PIM este superioară tehnicii RMP în capacitatea de a sublinia mai complet formele individuale ale arterelor, însă este echivalentă cu RV-3D. În vizualizarea calcificatelor parietale, tehnica PIM, de asemenea, este superioară tehnicilor RMP și RV-3D, prin determinarea mai exactă a formei plăcuțelor de calcificate în raport cu lumenul vascular, datorită selectării pixelilor cu un prag mai mare de luminozitate [4, 6]. Imaginile PIM au fost semnificativ superioare imaginilor RMP în delimitarea tuturor arterelor extracraniene și celor intracraniene, a segmentelor arteriale, a sinusului cavernos și venelor cerebrale interne [6]. Nu au fost constatate diferențe semnificative dintre imaginile PIM și RMP pentru vasele mari, pentru evaluarea vizuală a contrastului vascular sau impactul artefactelor de imagine [6].

Raportul dintre vasul matern, ramificațiile arteriale adiacente, evidențierea ramurilor mici, eferente din sacul/colul aneurismal, reprezintă unul dintre cei mai importanți parametri pentru planificarea, realizarea și pronosticul intervenției chirurgicale deschise. Alt parametru de importanță majoră pentru neurochirurgia vasculară este relația aneurismului

in 4 out of 5 cases. In one case, the calcification has not been seen on CTA MIP (false-negative result), because it was overlaid with the hyperdense bone tissue of the skull base of a patient with a giant aneurysm of the intracranial segment of the internal carotid artery. For better appreciation of the possibilities of the CTA reconstruction methods in diagnostics of aneurysmal calcifications further studies are necessary, on large groups of patients with giant aneurysms.

Because of the fact that bones make aneurysms obscure, MIP was the first image obtained automatically using the application that eliminates the bone without manual post processing. Manual selective elimination of the bone could improve aneurysm description [7].

Relationship between bone structures and aneurysmal sac was excellently visualized at CTA MIP and 3D-VR thanks to great possibilities of manipulation with planes of visualization in three-dimensional space.

MIP reconstruction technique is superior to MPR regarding the highlighting the individual shapes of the arteries, but is equivalent to 3D-VR. MIP technique is superior to MPR and 3D-VR in visualizing wall calcifications; it can determine exactly the shape of the calcification in relation with the vascular lumen, through its possibility to select pixels with higher luminosity [4, 6]. MIP images were significantly superior to MPR images in delimitation of extra and intra cranial arteries, arterial segments, cavernous sinus and internal cerebral veins [6].

The relationship between the mother-vessel, adjacent arterial ramifications and small efferent vessels from the sac/neck of the aneurysm, represents one of the most important parameters for planning, performing and establishing the prognosis of the surgery. Another parameter of great importance in vascular neurosurgery is the relationship of the aneurysm with the anatomical structure of the cavernous sinus. In our study, in most of the cases, CTA MIP visualization was medium for appreciation of fine arterial structures adjacent to the aneurysm, as well as for determining the relationship between the aneurysm and the cavernous sinus. The explanation for this consists in: small vascular structures participate in the image forming and are frequently hidden under hyper dense overlaid structures that are best highlighted through CTA MIP, compared to axial CTA and 3D-VR.

Another important parameter, which influences the quality of angiographic images on computed tomography, is the "partial volume effect" artifact. Partial volume artifact is characterized by blurred contours. Partial volume effect appears when small structures, with different density, don't occupy the whole thickness of a section (for example, when a section contains only a part of the aneurysm, its contour will be poorly delimited). This happens because one voxel cannot record density differences. When attenuation is not homogenous in a voxel, the scanner remakes the voxel with medium values, homogenized in Hounsfield Units. As a result, small aneurysms lose their clarity. The artifact is more evident in MIP images, which is why; small aneurysms must be analyzed in axial slices. This artifact produces difficulties in detailed analysis of small vascular structures (micro-aneurysms, contact between aneurysm and perforated arteries, localization of submillimet-

cu structurile anatomice adiacente ale sinusului cavernos. În studiul nostru, în majoritatea cazurilor, vizualizarea ACT PIM era medie atât pentru aprecierea structurilor fine arteriale, adiacente anevrismului, cât și pentru stabilirea relației dintre anevrism și sinusul cavernos. Explicația este că structurile vasculare mici participă în formarea imaginii și sunt foarte des ascunse sub structurile hiperdense suprapuse, evidențiate cel mai bine la ACT PIM, comparativ cu ACT axial și RV-3D.

Alt parametru foarte important, care influențează calitatea imaginilor angiografice la tomografia computerizată, este artefactul „efectului de volum parțial”. Artefactul volumului parțial se caracterizează prin contururi estompate. Efectul de volum parțial apare atunci când structurile mici, de densitate diferită, nu ocupă toată grosimea unei secțiuni (de ex., atunci când o secțiune cuprinde doar o parte a unui anevrism, marginile acestuia vor fi slab delimitate). Aceasta, deoarece nu pot fi înregistrate diferențe de densitate într-un voxel. Când atenuarea într-un voxel este neomogenă, scannerul reconstruiește voxelul cu valori medii omogenizate de Unități Hounsfield. În rezultat, are loc pierderea clarității conturilor anevrismelor mici. Artefactul este mai accentuat în imaginile PIM, în consecință, contururile și dimensiunile anevrismelor mici trebuie să fie analizate, neapărat, la secțiuni axiale. Artefactul dat produce dificultăți în analiza detaliată a structurilor vasculare mici (micro-anevrisme, contactul anevrismului cu arterele perforante, localizarea vaselor submilimetrice în regiunea sacului anevrismal), prezența cărora a fost întotdeauna verificată pe ACT axial.

În studiul nostru, la majoritatea pacienților, au fost înregistrate asocierea anevrismului poligonului Willis cu modificările cerebrale secundare și/sau concomitente (HSA, HIV, AVC ischemic și hemoragic acut, subacut și cronic), ce are importanță esențială în planificarea intervenției neurochirurgicale deschise. În structura analizei ACT la pacienții cu anevrism intracerebral, este foarte importantă nu doar vizualizarea, localizarea și măsurarea modificărilor cerebrale asociate, dar și stabilirea relației lor cu anevrismul. Toate modificările cerebrale pot fi remarcate simultan cu vizualizarea anevrismului doar la CT axial, pentru că la CT PIM acestea, de fapt, ca și toate țesuturile moi, sunt șterse și suprapuse cu structurile localizate mai cranial și mai caudal, iar la CT 3D – sunt excluse din formarea imaginii tridimensionale vasculare.

Așadar, pentru aprecierea raportului anevrismului cu modificările cerebrale secundare și concomitente, enumerate anterior, imaginile PIM nu au arătat eficiență înaltă, prin urmare, trebuie analizate și imaginile ACT axiale.

În aprecierea eficacității clipsării microneurochirurgicale a anevrismului intracranian, poziției clipsului pe colul anevrismal și excluderii anevrismului din circuit sanguin, dificultatea cea mai pronunțată este generată de artefactul metalic. Structurile vasculare, adiacente clipsului aplicat, se vizualizau clar, mai frecvent la examenul ACT 3D. Imaginile PIM au vizualizat cu dificultate structurile vasculare, adiacente clipsului, dar fără pierdere locală sau difuză a vizibilității vasculare. Pierderea locală sau difuză a vizualizării structurilor vasculare s-a stabilit, mai frecvent, la examenul CT axial, comparativ cu CT PIM și cu CT 3D.

Cu toate că anevrismul trombozat a fost înregistrat doar în 9 (6,4%) cazuri, e de menționat că, produce dificultăți deose-

ric vessels in the region of the aneurysmal sac), that has been always verified on axial CTA.

In our study, most of the patients had an association between aneurysm of the Willis polygon and secondary and/or concomitant cerebral modifications (subarachnoid hemorrhage, intraventricular hemorrhage, ischemic stroke, acute / subacute / chronic hemorrhagic stroke), that play an essential role in planning of open neurosurgeries. During CTA analysis of patients with aneurysms, not only visualization, localization and measurement of cerebral modifications are important, but also defining their relation with the aneurysm as well. All cerebral modifications can be remarked simultaneously with the visualization of the aneurysm only at axial CT, because in MIP CT images, soft tissues appear blurred and are overlaid with tissue situated more cranially and caudally, and in 3D CT they are excluded from the formation of the three-dimensional vascular image.

Therefore, in order to appreciate the relationship of the aneurysm with secondary cerebral modifications and concomitant modifications mentioned above, MIP images have not shown high efficiency, which is why axial CTA must be analyzed as well.

During appreciation of the efficiency of the micro-neurosurgical clipping of the aneurysm, the position of the clip on the aneurysm neck and exclusion of the aneurysm from the blood circuit, the biggest difficulty represents the metallic artifact. Vascular structures, adjacent to the metal clip, were clearly visualized on 3D CTA. MIP images visualized poorly vascular structures adjacent to the metal clip, but they did not lose local or diffuse vascular visibility. Local or diffuse loss of vascular visualization was attested more frequently in axial CT, compared to MIP CT and 3D CT.

Although clothed aneurysm was registered only in 9 cases (6.4%), this fact produces outstanding difficulties in diagnosing, analyzing and operating. Uncalcified cloth masses are hypodense and do not represent a substrate for 3D image formation that is why, detection, size determination and localization of the intra-aneurysmal cloth was not possible with 3D CT. In axial CT, in most of the cases, visibility of the cloth was medium due to impossible exact estimation of the entire volume and cloth localization in different slices. Excellent visualization was attested in most of the cases with MIP CTA. Therefore, attesting, size determination, localization and shape appreciation of the intraluminal aneurysmal cloth must be primarily made with MIP CTA.

The results of the study confirm the fact that MIP images must be the leading technique of reconstruction and must be included in the protocol of standard analysis of CTA for visualization of cervical and cranial arteries. MIP images, 3D-RV and source images play an important role in visualization of intracerebral aneurysms.

Conclusions

1) MIP images must be the leading technique of reconstruction and must be included in the protocol of standard analysis of CTA for visualization of cervical and cranial arteries.

2) MIP images, 3D-RV and source images must be used al-

bite pentru diagnostic, analiză și intervenție chirurgicală. Masele trombotice necalcificate sunt hipodense și nu constituie substrat pentru formarea imaginii 3D, de aceea depistarea și determinarea dimensiunilor, precum și localizarea trombozei intraanevrismale, nu a fost posibilă în toate cazurile la CT 3D. La CT axial, în majoritatea cazurilor, vizibilitatea trombusului intraluminal era medie, din cauza imposibilității estimării corecte a întregului volum și a localizării trombului în diferite planuri. O vizualizare excelentă a fost înregistrată, în majoritatea cazurilor, la ACT PIM. Așadar, depistarea, determinarea dimensiunii, localizării și formei trombului anevrismal intraluminal trebuie efectuată, în primul rând, la ACT PIM.

Rezultatele studiului nostru confirmă faptul că imaginile PIM trebuie să fie tehnica de reconstrucție primară a imaginilor și aceasta trebuie inclusă în protocolul de analiză standard al ACT pentru vizualizarea arterelor cervicocraniene. Imaginile RV-3D, împreună cu cele PIM și imaginile-sursă, au un rol important în vizualizarea anevrismelor intracerebrale.

Concluzii

1) Imaginile proiecției de intensitate maximă trebuie să fie tehnica de reconstrucție primară și necesită a fi incluse în protocolul de analiză standard a angiografiei prin tomografie computerizată pentru estimarea arterelor cervicocraniene.

2) Imaginile-sursă, împreună cu cele PIM și RV-3D, trebuie utilizate în ansamblu pentru vizualizarea și caracterizarea exactă a anevrismelor cerebrale ale vaselor poligonului Willis.

Declarația de conflict de interese

Autorii declară lipsa unui conflict de interes financiar sau non-financiar.

Contribuția autorilor

MA a efectuat colectarea și analiza datelor de postprocesare, a realizat imaginile, a interpretat rezultatele, a formulat concluziile, a scris manuscrisul. TP a efectuat elaborarea design-ului studiului, realizarea tehnică a investigațiilor și a interpretat datele tomografice primare.

Referințe / references

1. Cody D. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: topics in CT. Image processing in CT. *Radiographics*, 2002; 22 (5): 1255-1268.
2. Takhtani D. CT neuroangiography: a glance at the common pitfalls and their prevention. *Am J Roentgenol*, 2005; 185 (3): 772-783.
3. Menke J., Larsen J., Kallenberg K. Diagnosing cerebral aneurysms by computed tomographic angiography: meta-analysis. *Ann Neurol*, 2011; 69 (4): 646-654.
4. Sparacia G., Bencivinni F., Banco A. *et al.* Imaging processing for CT angiography of the cervicocranial arteries: evaluation of reformatting technique. *Radiol Med*, 2007; 112 (2): 224-238.
5. Mehra M., Spilberg G., Gounis M. *et al.* Intracranial aneurysms: clinical assessment and treatment options. *Stud Mechanobiol Tissue Eng Biomater*, 2011; 7: 331-372.
6. Ertl-Wagner B., Bruening R., Blume J. *et al.* Relative value of sliding-thin-slab multiplanar reformations and sliding-thin-slab maximum intensity projections as reformatting techniques in multisection CT angiography of the cervicocranial vessels. *Am J Neuroradiol*, 2006; 27 (1): 107-113.
7. Hwang S., Kwak H., Han Y. *et al.* Detection of intracranial aneurysms using three-dimensional multidetector-row CT angiography: is bone subtraction necessary? *Eur J Radiol*, 2011; 79 (2): e18-e23.
8. Tomandl B., Köstner N., Schempershofe M. *et al.* CT angiography of intracranial aneurysms: a focus on postprocessing. *Radiographics*, 2004; 24 (3): 637-655.
9. Lell M., Anders K., Uder M. *et al.* New techniques in CT angiography. *Radiographics*, 2006, 26 (1): S45-62.
10. Krylov V., Klimov A., Polunina N. Characteristics of the morphology, clinical features, diagnosis, and treatment of patients with giant aneurysms of the brain vessels. *Neurosci Behav Physiol*, 2012; 42 (9): 980-987.
11. Lu H. T., Tan H. Q., Gu B. X. *et al.* Risk factors for multiple intracranial aneurysms rupture: a retrospective study. *Clin Neurol Neurosurg*, 2013; 115 (6): 690-694.
12. Hayashida E., Sasao A., Hirai T. *et al.* Can sufficient preoperative information of intracranial aneurysms be obtained by using 320-row detector CT angiography alone? *Jpn J Radiol*, 2013; 31 (9): 600-607.

together in order to visualize and exactly characterize cerebral aneurysms of the Willis polygon.

Declaration of conflicts of interests

Authors declare no financial or non-financial conflict of interests.

Author's contributions

MA collected and analyzed post processing data, made the images, read the results, formulated conclusions, wrote the manuscript. TP elaborated the design of the study, made the technical investigations and interpreted primary tomography data.