

II Zakład Radiologii Lekarskiej Akademii Medycznej w Lublinie
Kierownik: prof. dr hab. Stanisław Bryc

JANUSZ ZŁOMANIEC, WITOLD KRUPSKI,
STANISŁAW BRYC, MAREK ŁOSICKI

*Ocena zmian urazowych twarzoczaszki
na rekonstrukcjach przestrzennych 3 D TK*

Assessment of traumatic changes of the facial cranium in spatial 3D CT scans

Wzrastająca liczba urazów, głównie komunikacyjnych, jest przyczyną zwiększającej się liczby chorych ze złożonymi obrażeniami twarzoczaszki (14). Ich rodzaj zmienił się ze złamań prostych na bardziej złożone (10). Zastosowanie pasów samochodowych wprawdzie zmniejsza śmiertelność, jednakże zwiększa częstość i złożoność urazów różnego typu.

Postęp techniki TK wytworzył komputerowy program obrazów przestrzennych (three-dimensional – 3D) z danych zespołu standardowych przekrojów osiowych. Obrazy te są nierzadko użyteczne w badaniu pól o złożonej anatomii kostnej, zwłaszcza twarzoczaszki (4, 15).

Celem pracy jest ocena wartości diagnostycznej rekonstrukcji 3 D na tle radiogramów twarzoczaszki i 2 D przekrojów osiowych TK.

MATERIAŁ I METODA

Materiał obejmuje 46 chorych obojga płci w wieku 11–79 lat, badanych w tutejszym Zakładzie w latach 1994–1997. Radiogramy standardowe czaszki i zatok wykazywały złożone złamania masywy twarzowego. Do badań TK wykorzystywano tomograf komputerowy Somatom ART firmy Siemens, wyposażony w matrycę 512 x 521 pixeli.

Przekroje osiowe TK w algorytmie kostnym wykonywano w warstwach ciągłych grubości 2 mm. Podczas wykonywania przekrojów informację cyfrową zapisywano bezpośrednio w pamięci komputera, z której następnie tworzone rekonstrukcje 3 D. Obrazy wyświetlano na monitorze komputera o wysokiej rozdzielczości w dwóch wymiarach jako obrazy trójwymiarowe. Były one dodatkowo

oceniane w czasie rzeczywistym, zarówno przez obracanie, jak i cięcie płaszczyznowe oraz zmiany kierunku oświetlenia. Rekonstrukcje 3 D wykonywano w licznych projekcjach: od przodu, tyłu, prawo- i lewoboczne, skośne, pionowe od góry, tj. szczytu czaszki, od dołu, tj. podstawy oraz w różnorodnych rzutach rotacyjnych od jej wnętrza. Były one manipulowane na monitorze komputera, dając pełną 360° objętościową perspektywę rekonstrukcji, jak również cięcia w dowolnie wybranej płaszczyźnie. Obrazy 3 D weryfikowano z danymi radiogramów, 2 D TK, danymi operacyjnymi u 14 chorych oraz całością badań klinicznych.

WYNIKI

W 6 przypadkach złamań kości czołowej rekonstrukcje 3 D odtwarzały przebieg szczeliny wzdłuż przyśrodkowego, wgłobionego brzegu oczodołu. W uszkodzeniach stropu oczodołu 3 D wykazały liczne fragmenty kostne ze współlistniejącym złamaniem kości czołowej (ryc. 1). W 2 przypadkach projekcje rotacyjne ujawniały ukryte złamania okolicy szczytu oczodołu. Przekroje osiowe u 3 chorych nie uwiarygodniły złamania dna oczodołu i krawędzi dolnej. Również projekcja wieńcowa 2-krotnie nie odtwarzała złamania uderzeniowego dna oczodołu towarzyszącego złamaniu szczęki. Dopiero 3 D uwiarygodniła złożone złamanie oczodołu, obejmujące przednią ścianę zatoki szczękowej (ryc. 2).

Badania 3 D wykonane w różnych projekcjach wykazały u 4 chorych obecność fragmentu kostnego oczodołu w zespole złamań struktur części środkowej twarzoczaszki. Rzuty czołowe przednio-tyłne i skośne o małym stopniu skręcenia odtwarzały głębokość oczodołów i zatok szczękowych, wzajemne stosunki wyrostków zębodołowych szczęki, zuchwy i łuków jarzmowych.

Rozpoznano dwukrotnie oddzielony fragment od ściany przyśrodkowej oczodołu, zaś 3-krotnie znajdował się on w przyśrodkowej części oczodołu. Cienkie ściany oczodołu tworzyły u 7 chorych pseudootwory, wynikające z cienkości struktur zwłaszcza ściany przyśrodkowej. Uszkodzenia ściany bocznej oczodołu były widoczne, zwłaszcza w 3 D, u 3 badanych (ryc. 2).

Złamanie uderzeniowe z wgłobieniem ściany przyśrodkowej współlistniało z zacienieniem komórek sitowych u 3 osób. U chorego z plynotokiem wykazano linię złamania rozciągającą się w obręb blaszki sitowej.

U 2 osób ze złamaniem ścian zatoki czołowej uwiarygodniono fragment kostny w oczodole, zaś u 3 dalszych chorych wgniecenie kości. Wgłobienia skojarzone z przebiegiem wielopoziomowym szczelin były trudne do oceny na przekrojach 2 D TK. Natomiast rekonstrukcje 3 D u 4 osób odzwierciedlały całościowo zasięg wgniecenia i rotacyjne przemieszczenie fragmentów czołowo-oczodołowo-jarzmowych (ryc. 3).

W 6 przypadkach przemieszczenia odłamów były wielokierunkowe, ze skręceniem i nachyleniem skośnym. Dopiero 3 D drogą różnorodnych ujęć umożliwia określenie stopnia przemieszczenia i skręcenia.

Dwukrotnie w złamaniach Le Fort II fragment kostny był oddzielony od podstawy przedniego dołu czaszki. W złamaniach typu Le Fort II–III rekonstrukcje 3 D określały pole i stopień wgnieceń, wielkość, kształt i kierunek przemieszczenia fragmentów (ryc. 4).

Złamania fragmentacyjne zatoki szczękowej u 5 chorych miały charakter wgłobieniowy. U dwóch z nich stwierdzono rozerwanie zatoki ze złamaniem krawędzi oczodołu. U 6 osób wykazano obecność drobnych fragmentów kostnych w obrębie zatoki, współistniejących ze złamaniami żuchwy (ryc. 5). Występowały trudności w rozpoznaniu złamań ściany przedniej zatoki, zwłaszcza o przebiegu poziomym szczelin na przekrojach 2 D. Rekonstrukcje 3 D w rzutach skośno–przednich lewych i prawych uwidaczniały części przednio–boczne zatok, oczodoły, zaś rzut przednio–tylny ujawniał ścianę przednią, gdy przednio–tylny z odcięciem części przedniej zatoki wykazywał zmiany w jej tylnej części. Rzuty boczne uwidaczniały ściany boczne, skośny dolno–boczny – ścianę tylną i boczny wyrostek skrzydłowy.

Dobłą widoczność w rekonstrukcji 3 D wykazywały szczeliny o przebiegu poziomym, pomijane na przekrojach 2 D, w złamaniach typu Le Fort I (5 przyp.) i Le Fort II (3 chorych).

3 D całościowo odtworzyła u 4 osób rotacyjne złamania zespołu jarzmowo–szczękowo–oczodołowego (ryc. 6). W grupie 8 złamań jarzmowo–szczękowych wykazano kierunek i rozciągłość szczelin. Czterokrotnie fragment trzonu kości jarzmowej był przemieszczony do zatoki szczękowej i skręcony w kierunku tylno–przyśrodkowym.

U 19 chorych pooperacyjna 3 D ujawniała właściwe ustawienie fragmentów. Badania 3 D żuchwy w różnych rzutowaniach umożliwiało lokalizację i ocenę rozstępów złamań. Dwukrotnie określono pozycję fragmentu wyrostka kłykciowego w dole żuchwowym.

OMÓWIENIE

Korzyści rekonstrukcji 3 D dotyczą możliwości oceny złożonych okolic anatomicznych. Koncepcja przekształcenia 2 D w przestrzenne 3 D TK łączy się z przedstawieniem wymiaru głębokości, który daje dodatkowe informacje i ocenę odległości (1). Wybrana wartość progu odniesienia określa obrazowanie cienkich struktur kostnych, np. przegród kostnych komórek sitowych.

Rozmieszczenie wyniosłości twarzoczaszki jest trójwymiarowe, dlatego odtworzenie 3 D jest korzystne w złamaniach typu Le Fort I–III środkowej części twarzy (10.). Złożona architektura i liczne zawilości twarzoczaszki wymagają zrozumienia obrazu fragmentacji i odtworzenia wzajemnych stosunków przestrzennych, zwłaszcza przed zastosowaniem stabilizacji chirurgicznej (5).

3 D nie zastępuje przekrojów konwencjonalnych, lecz uzupełnia je w okolicach, gdzie nie są one optymalnie uwidocznione (4, 15). Te same informacje uzyskane z 2 D są odkrywane w 3 D w dodatkowych wymiarach i łatwiejsza jest interpretacja przez oceniającego. Eliminując potrzebę subiektywnych rekonstrukcji myślowych złożonych nieprawidłowości struktur, ułatwia to chirurgowi zrozumienie konfiguracji złamań twarzoczaszki (9).

Dwuwymiarowe obrazy okolic kostnych o budowie trójwymiarowej wymagają ciągłej integracji myślowej. Rekonstrukcje 3 D zintegrowane myślowo przewyższają obrazy dwuwymiarowe w wizualnym przedstawieniu stosunków przestrzennych i wykrywaniu uszkodzeń niewidocznych na radiogramach i przekrojach osiowych TK (1, 2).

Poprawę diagnostyczną tworzą manipulacyjne odtworzenia różnych rzutów, wielopłaszczyznowe odtworzenia przekrojów, różne wartości punktu odniesienia programu dla struktur kostnych i miękkich twarzoczaszki. Obrazy 3 D mogą być obracane, obserwowane z różnych powierzchni skręcenia, z góry ku dołowi i odwrotnie (4). Możliwość komputerowej rotacji obrazu jest istotną perspektywą diagnostyczną.

W złożonych ubytkach pourazowych twarzoczaszki, wymagających rekonstrukcji do produkcji autogennych, unaczynionych przeszczepów kostnych, wykonano komputerowe modele akrylowe, umożliwiające dokładne dopasowanie przeszczepów. W planowanej chirurgii twarzoczaszki 3 D ułatwia zatem wykonanie rekonstrukcji operacyjnych, będących optymalną korekcją chirurgiczną w zniekształceniach urazowych (5, 8).

Obraz 3 D nie może zawierać więcej szczegółów niż przekroje 2 D, lecz szczególnie te są wyraźniej określone. Jednakże rozdzielczość w obrazach 3 D może ustępować przekrojom 2 D. Zasadne jest zatem jej dalsze doskonalenie.

Przekroje 2 D mogą nie określić przebiegu poziomych i skośnych szczelin złamań, rozległości wgłobień, pozycji i skręcenia przemieszczonych fragmentów. Szczeliny złamań nie znajdujące się w płaszczyznach przekrojów mogą być nierozpoznane (10). Podobnie w złożonych zniekształceniach trójwymiarowych, asymetrycznych i skręceniach, ścisła analiza morfologii kostnej na przekrojach 2 D jest nierzadko trudna. Przekroje osiowe TK, ujawniając szczegóły kostne, nie oddają wrażenia głębi przestrzennej. W zmianach rozległych okolic o złożonej anatomii kostnej mogą powodować trudności w integracji myślowej. Pełne zrozumienie

anatomicznych stosunków wzajemnych uzyskuje się przez przetwarzanie danych przekrojów konwencjonalnych w obrazy przestrzenne 3 D o wysokiej rozdzielczości (4). Z danych przestrzennych mogą być bezpośrednio uzyskiwane pomiary odległości anatomicznych, objętości, wzajemnych korelacji tkanek miękkich, struktur kostnych oraz ich pozycji. Geometryczna dokładność i optymalne uwidocznienie przestrzenne uszkodzeń trudne jest do odtworzenia za pomocą innych technik (1).

W materiale Lee (10) przyczyną złamań twarzy były głównie wypadki komunikacyjne (71%), pobicia i upadki z wysokości (15,7%), urazy sportowe (3,3%), przemysłowe (2,8%) i inne (7,2%), co koresponduje z naszymi obserwacjami.

Urazy górnej części twarzy stanowią największe ryzyko powikłań śródczaszkowych. Natomiast w rozległych strzaskaniach kości twarzy urazowość mózgu jest niewielka (10). W złamaniach twarzoczaszki istotny jest kierunek i siła urazu, specyficzny mechanizm zależny jest od energii uszkodzenia, a pełna ocena jest możliwa dzięki obrotom obrazu 3 D (5).

Chociaż 3 D są ścisłym odtworzeniem danych przekrojów osiowych 2 D, te same szczeliny widoczne są w różny sposób. Każda z tych technik ujawnia szczególne cechy szczelin (11, 12). Ocena 3 D złamań uwzględnia komponentę geometryczną, dlatego w rozpoznawaniu urazów twarzoczaszki stanowi istotny postęp (5, 16, 17).

Ważna jest ocena przestrzenna stabilności unieruchomienia w złamaniach obejmujących duże przylegające szczeliny. Połączenia dwu powierzchni tworzą cienkie struktury kostne, znajdujące się na obwodzie jam powietrznych, które zapewniają wsparcie strukturalne twarzoczaszki.

W klasyfikacji wyróżniającej 6 typów złamań twarzoczaszki szczególną postać stanowią złamania wgłobieniowe charakteru uderzeniowego (6). W złożonych uszkodzeniach środkowej części twarzy wgłobione fragmenty wymagają ścisłej oceny ukierunkowania. Ustalenie trójwymiarowej konfiguracji złamanego segmentu jest niezbędne w ocenie przedoperacyjnej. Wielkość i kształt fragmentów złamań określają warunki odpowiedniego unieruchomienia i anatomicznego nastawienia złamanych segmentów.

Złożone złamania szczękowo–jarzmowe i nosowo–oczodołowo–sitowe mogą się kojarzyć ze złamaniami podstawy czaszki (stropu oczodołu) i uszkodzeniami śródczaszkowymi (3). W złamaniach przemieszczonych kości jarzmowej 3 D pozwala ujawnić szczegóły architektury uszkodzeń i rozległości wgłobień. Natomiast w ujawnianiu braku ciągłości powierzchni kostnych małej objętości 3 D może stwarzać trudności. Według Levy (11, 12) 3 D nie uwidaczniało aż 22,5% złamań kości jarzmowej.

Niewiele jest badań krytycznych porównujących wartość 3 D i rekonstrukcji wielopłaszczyznowych 2 D w skuteczności diagnostycznej tych metod (8, 13, 15).

Podkreśla się przydatność 3 D w ciężkich urazach twarzoczaszki z licznymi złamaniami dla uwidocznienia wzajemnych stosunków przestrzennych, dużych rozrywanych fragmentów jam oczodołu i nosa (15).

Papierowato cienkie dno oczodołu stanowi około 5% złamań twarzy (3). Sklepienie jest szczególnie wrażliwe w polu tylnym, okolicy szczeliny oczodołowej górnej i otworu nerwu wzrokowego (3). Trwałość sklepienia i ściany bocznej jest proporcjonalna do grubości kości. Sklepienie mające kształt łukowaty może wytrzymać większe ciśnienie niż płaskie dno. Odporność cienkiego dna jest proporcjonalna do wielkości jego powierzchni (7, 16). Układ więzadłowy w złamaniach traci strukturalną rolę podtrzymującą, co powoduje zapadnięcie gałki ocznej. Ubytki ścian mogą być identyfikowane w licznych płaszczyznach rzutowania. Inni autorzy uważają, że rekonstrukcje 3 D są mniej skuteczne w ocenie złamań uderzeniowych, gdyż nie dostarczają wówczas pełnego uwidocznienia morfologii złamań ścian oczodołu (18). Niemniej mogą ujawnić złamania ukryte. Uwidocznienie złamań oczodołu, ich rozciągłości i przemieszczeń u większości chorych było słabsze w 3 D, gdyż papierowato cienkie ściany tworzyły efekt pseudootworów (8). Koreponduje to z danymi większości autorów. Te sztuczne ubytki w miejscach cienkiej kości są wynikiem małej objętości struktur, zwłaszcza okolicy wokół zatok (8). Wyrażamy zatem przekonanie, że delikatny charakter cienkich płytek kostnych grubości 0,5–1 mm, zwłaszcza w obrębie sklepienia i ściany przyśrodkowej oczodołu oraz ścian zatok szczękowych, jest potencjalnym źródłem omyłek. Mogą się one bowiem ujawnić w postaci pseudootworów (1).

Ponadto stwierdziliśmy, że podobne artefakty pojawiają się niekiedy w postaci prosto przebiegających równoległe linii w kościach podczas wykonywania cienkich przekrojów (2mm). Przypominają one ludzaco szczelinowate złamania (ryc. 3). W dostępnym piśmiennictwie nie znaleźliśmy wyjaśnienia genezy powstawania tych zjawisk. Wydaje się, że spowodowane jest to różnicą oświetlenia na granicy sąsiadujących warstw struktur zakrzywienia. Uważamy zatem, że w takich przypadkach należy potwierdzić bądź wykluczyć złamania innymi technikami.

W omawianym materiale złożonych złamań twarzoczaszki nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy techniką radiograficzną, przekrojami osiowymi i rekonstrukcją 3 D w ocenie struktur oczodołów, zatok czołowych, komórek sitowych. Natomiast urazy szczęki, kości jarzmowej i żuchwy w 3 D były lepiej uwidoczniłone. Rekonstrukcje te umożliwiają znalezienie płaszczyzny ujawniającej szczelinę. Wskutek możliwości różnorodnego rzutowania, a nie tylko rutynowych płaszczyzn przekroju, można wybrać najbardziej korzystną płaszczyznę dowolną. Dodatkowo korzyścią płynącą z wykorzystania opcji 3 D jest możliwość uzyskania przekrojów osiowych na matrycy obrazu przestrzennego. Daje to możliwość uzyskiwania płaszczyzn przekrojów wyznaczanych w stosunku do kostnych elementów anatomicz-

nych oraz uzyskiwanie płaszczyzn doskonale symetrycznych, eliminując błędy wynikające z porównywania przeciwległych elementów symetrycznych na różnych poziomach przekrojów.

WNIOSKI

1. W grupie złożonych złamań twarzoczaszki rekonstrukcje 3 D w korelacji z radiogramami i przekrojami osiowymi TK wyraźniej odtwarzały złamania szczęki i kości jarzmowej, szczególnie dotyczyło to złamań żuchwy.

2. 3 D zwiększa możliwości diagnostyczne okolic o złożonej anatomii kostnej, takich jak twarzoczaszka, drogą całościowego uwidocznienia zmian urazowych i ich stosunków przestrzennych z otoczeniem.

3. Rekonstrukcje 3 D w porównaniu z radiogramami i przekrojami osiowymi TK były istotnie lepsze w ocenie zasięgu i głębokości wgnieceń kostnych.

PIŚMIENNICTWO

1. Bryc S. i wsp.: Złożone uszkodzenia urazowe stawów biodrowych i kości miednicy w obrazach trójwymiarowej rekonstrukcji przestrzennej TK (3 D). Pol. Przegl. Radiol., 61, 332, 1996.
2. Bryc S. i wsp.: Three-dimensional CT imaging for evaluation of vertebral trauma. ECR. S 393, 1997.
3. Chirico P. i wsp.: Orbital "blow-in" fractures: clinical and CT features. J. Comput. Assist. Tomogr., 13, 1017, 1989.
4. Davis R. i wsp.: Three-dimensional high-resolution volume rendering (HRVR) of computed tomography data: applications to otolaryngology head and neck surgery. Laryngoscope, 101, 573, 1991.
5. De Marino i wsp.: Three-dimensional computed tomography in maxillofacial trauma. Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg., 112, 146, 1986.
6. Fain J.: Le repercussion des traumatismes du massif facial sur l'étage antérieur de la base du crane. Rev. Stomatol. Chir. Maxillofac., 81, 31, 1980.
7. Furst G. i wsp.: Stellenwert der 2 und 3 dimensionalen computertomographie bei der Diagnostik und Klasifikation von Mittelgesichts und Orbitafrakturen. Deutsch. Zahn Mund Kieferheilkd. Zentralbl. 80, 199, 1992,
8. Gillespie J. i wsp.: Three-dimensional reformations of computed tomography in the assesment of facial trauma. Clin. Radiol. 38, 523, 1987.
9. Kołtai P., Wood G.: Three-dimensional CT reconstruction for the evaluation and surgical planning of facial fractures. Otolaryngol. Head Neck Surg. 5, 10, 1986.

SUMMARY

Assessment of diagnostic value of spatial (3 D) CT reconstructions obtained from two dimensional axial sections was performed on the basis of the material of patients with compound fractures of the facial cranium. In correlation with radiograms and axial CT sections fractures of the jaw and jugal bone, especially the mandible, were more distinctly reconstructed. 3D reconstructions were also significantly better in the assessment of rotational displacements of intussuceptional fracture fragments. There has not, however, been shown superiority of 3 D CT in revealing small, simple fissures.

OBJAŚNIENIA RYCIN

Ryc. 1. Rzut na stropy oczodołów. Złożone, wieloodłamowe złamanie kości czołowej z dużym wolnym fragmentem w części środkowej, który wykazuje lewoboczne przemieszczenie oraz niewielkiego stopnia rotację. Złamanie górnych brzegów oraz stropów obu oczodołów.

Eye-orbit roof projection. Compound, multifragmental fracture of the frontal bone with a large free fragment in the middle part which shows displacement to the left (sinisterity) and slight rotation. Fracture of both upper orbital margins and roofs.

Ryc. 2. Rekonstrukcja 3 D w rzucie na lewy oczodoł. Skośnie przebiegająca szczelina złamania bocznej ściany oczodołu. Złamanie dolnego brzegu oczodołu oraz przedniej ściany zatoki szczękowej z wydzieleniem kilku drobnych fragmentów kostnych.

3 D reconstruction in the left orbit projection. An oblique fracture fissure in the lateral orbital bone. Fracture of the lower orbital margin and of the anterior wall of the maxillary sinus with separation of a few tiny bone fragments.

Ryc. 3. Złożone, wieloodłamowe złamanie górnego i środkowego masywu twarzy, wolny fragment części środkowej kości czołowej przemieszczony do dołu, widoczne połączenie z jamą czaszki poprzez złamanie ściany zatok czołowych przedniej i tylnej. Zniekształcenie zarysów oczodołów. Fragment kości jarzmowej po stronie lewej przemieszczony ku dołowi.

Compound, multifragmental fracture of the upper and middle part of the face, a free fragment of the middle part of the frontal bone displaced downwards, visible juncture with the cranial cavity through fractured anterior and posterior walls of frontal sinuses. Deformation of orbital contours. A fragment of the jugal bone on the left displaced downwards.

Ryc. 4. Złamanie Le Fort II po stronie prawej. Wylamany fragment blaszki przedniej ściany zatoki szczękowej.

Le Fort II fracture on the right. A broken off fragment of parietal lamina of the maxillary sinus.

Ryc. 5. Strzaskanie środkowego i dolnego masywu twarzy, widoczne bardzo liczne drobne fragmenty kostne. Dobrze widoczny nieco większy fragment przedniej ściany zatoki szczękowej prawej z wyrostkiem zębodołowym oraz zębami. Złamanie ramienia żuchwy po stronie lewej.

Comminuted fracture of the middle and lower part of the face. Visible numerous tiny bone fragments. Distinctly visible slightly bigger fragment of the anterior wall of the right maxillary sinus with alveolar process and teeth. Fracture of the mandibular arm on the left.

Ryc. 6. Złamanie szczękowo-jarzmowo-oczodołowe (SJO). Rotacja fragmentu kości jarzmowej w kierunku oczodołu, powodująca zmniejszenie objętości oczodołu oraz zniekształcająca jego zarys. Złamanie przedniej ściany zatoki szczękowej lewej.

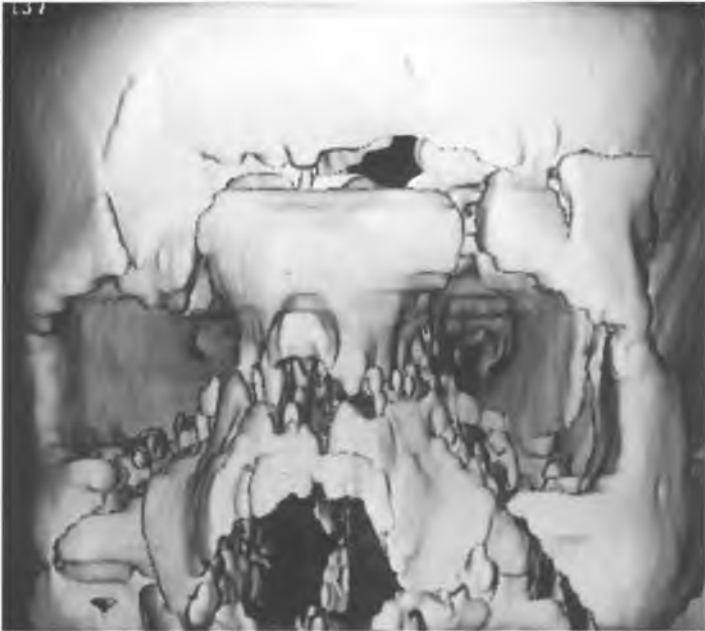
Maxillary-jugal-orbital fracture. Rotation of a jugal bone fragment towards the eye-orbit causing diminution of orbital volume and deforming its contour. Fracture of the anterior wall of the left maxillary sinus.



Ryc. 1



Ryc. 2



Ryc. 3



Ryc. 4



Ryc. 5



Ryc. 6

