

Ghidul Clinicianului pentru Înțelegerea Imagisticii Volumetrice cu Fascicul Conic

Obiectivele articolului:

1. Înțelegerea diferențelor între aparatul pentru imagistică volumetrică cu fascicul conic (CBVI) și CT-ul medical
2. Înțelegerea principiilor CBVI
3. Cunoașterea aparatului disponibil la momentul actual
4. Înțelegerea aplicațiilor actuale ale CBVI și a utilității volumului de date oferit de CBVI

Rezumat

Aparatul pentru imagistică volumetrică cu fascicul conic are numeroase avantaje față de filmul panoramic simplu sau imaginile digitale, inclusiv faptul că facilitează vizualizarea cu precizie a structurilor de la nivelul capului și gâtului și reduce cantitatea de raze X. A fost adoptat rapid, devenind aparatul de bază pentru unele aplicații și preferat pentru altele.

Introducere

De când a fost prezentat medicilor din America de Nord în anul 2001, CBVI, numit uneori și Tomograf Computerizat cu Fascicul Conic sau Tomograf Volumetric cu Fascicul Conic, a fost adoptat rapid de către medicii

dentiști, medicii specialiști în domeniul medicinei dentare și proprietarii clinicilor de radiologie dentară. Adoptarea CBVI pare să fie mult mai rapidă decât adoptarea metodelor imagistice digitale intraorale și/sau panoramice. Suntem de părere că acest lucru se datorează pe de o parte preciziei incredibile cu care CBVI descrie zonele specifice pentru implanturi dentare, și, pe de altă parte din punct de vedere ortodontic, pentru că datele pacientului obținute cu fasciculul conic sunt mult mai exacte și oferă o viziune cu adevărat la scară 1:1 a dentiției și a structurilor învecinate. De asemenea, considerăm că adoptarea CBVI de către chirurgii orali și buco-maxilo-faciali pentru

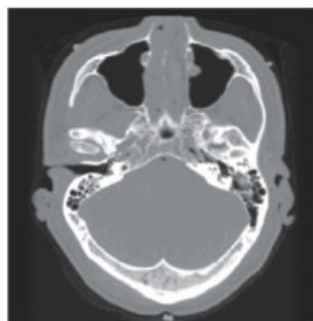


Figura 1a. Secțiune la nivelul condiliilor realizată prin tomografie axială medicală computerizată

Figura 1b. Secțiune bidimensională în tonuri de gri la același nivel, realizată prin imagistică

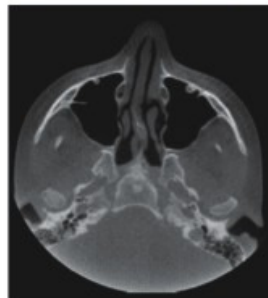


Figura 1c. Redare tridimensională color a unei secțiuni cu grosimea de 70 mm.

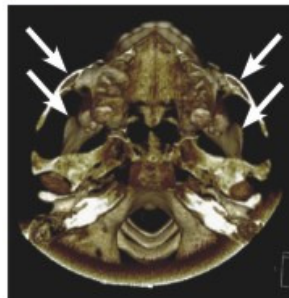
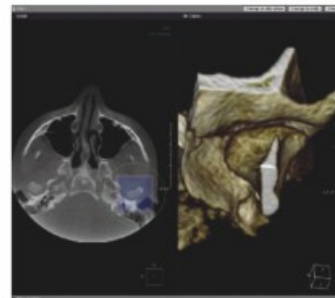


Figura 1d. Un « instrument cubic » simplu realizează o imagine tridimensională color a condilului stâng



identificarea și afișarea color a nervului alveolar inferior în imagini 2D și 3D va crește rapid pe măsură ce această metodă de imagistică și capacitățile ei vor fi mai bine înțelese. O imagine color de înaltă precizie realizată cu CBVI îl ajută pe chirurg să cunoască poziționarea exactă a nervului în raport cu un molar de minte inclus, lucru care nu este posibil utilizând o imagine panoramică simplă.

Suntem ferm convinși că CBVI va deveni un standard de îngrijire medicală pentru luarea deciziilor clinice privind numeroase proceduri stomatologice: Ex. cazurile de extracție, evaluarea ortodontică, evaluarea preoperativă a locului de implant, realizarea ghidajului chirurgical și evaluarea articulației temporo-mandibulare. CBVI devine metoda de examinare imagistică preferată și pentru alte aplicații. Pregătiți-vă să fiți uimiți de imaginile ce însoțesc aplicațiile stomatologice ale acestei incredibile tehnologii.

Obținerea imaginii

Obținerea imaginilor unui volum de date ale pacientului utilizând CBVI se face cu totul diferit față de imaginile obținute utilizând scanarea medicală prin tomografie computerizată axială (CAT) obișnuită. Scanarea prin tomografie computerizată axială presupune rotirea scanner-ului în jurul capului de sute de ori pe secundă, trimițând un fascicul în formă de evantai spre un tablou cu mulți detectori, constând într-un gaz sau un material scintilator (înveliș de Fosfor) - cel mai frecvent lodură de Cesium (Cel). Pacientul este deplasat o distanță cunoscută de scanner, de obicei în jur de 1 cm, 0,5 cm sau, în cazul scanner-elor cu rezoluție înaltă chiar 1 mm. În scanările CAT, această distanță definește grosimea secțiunilor. Pentru secțiuni mai subțiri, operatorul trebuie să selecteze o secționare în interiorul secțiunii inițiale, pentru a reduce secțiunea dorită la 0,5 mm. În schimb, aparatele CBVI realizează obținerea inițială a imaginii, la o secțiune cu grosimea medie de 0,15 mm.

Deși scanarea CAT are o acuratețe crescută, necesită utilizarea unei doze de radiații semnificativă pentru pacient. O scanare CAT obișnuită pentru evaluarea poziționării unui implant maxilar poate utiliza până la 2100 SV, doză echivalentă cu realizarea a 375 de radiografii panoramice sau imagini digitale. La polul opus, aparatele CBVI funcționează cu doze de radiații mult mai reduse, variind între 40 și 500 SV, echivalând cu 4-6 radiografii panoramice.

CBVI și Unitatea Hounsfield

În anul 1972, Sir Godfrey Hounsfield a inventat o scară cantitativă, o măsură a radiodensității țesuturilor corpului utilizată și în ziua de azi pentru evaluarea scanărilor CAT. Pixelii sunt afișați utilizând această scară pentru densitatea relativă. Informațiile obținute cu CBCT/CBVI sunt tratate puțin diferit.

„Valoarea pixelilor este afișată în funcție de atenuarea medie a țesutului cărui îi corespunde pe o scară de la -1024 la +3071 pe scala Hounsfield. Apa are o atenuare de 0 Unități Hounsfield (HU), în timp ce aerul are atenuarea de -1000 HU, osul de obicei +400 HU sau mai mare iar implanturile metalice au de obicei atenuarea de +1000 HU.”

CBVI, spre deosebire de scanarea CAT, utilizează un fascicul conic direcționat spre un detector (un intensificator de imagine cuplat la o matrice CCD sau un detector în stare solidă sub forma unui ecran plat), care se rotește în jurul pacientului total sau parțial. Intensificarea imaginii reprezintă o tehnologie mai veche. Există deformări ale imaginii care trebuie îndepărtate din imaginea ce va fi afișată, și învelișul din lodură de Cesium (Cel) sau Fosforul se vor degrada treptat odată cu trecerea timpului, ridicând probleme cu privire la asigurarea calității. Unitățile ce folosesc un intensificator de imagine vor necesita înlocuirea scintilatorului (Fosfor) după un timp. Senzorii cu ecran plat sunt cei mai noi receptori de imagine pentru câmpurile în

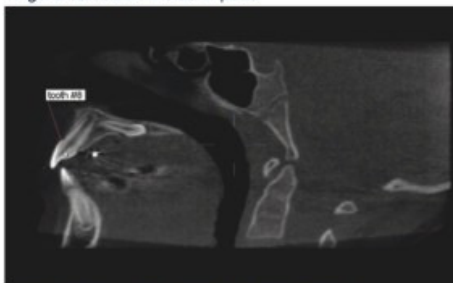
Doza de raze X absorbite

Dozele de radiații de raze X emise de CBVI variază între 40 și 500 Sv, în funcție de aparat și de volumul radiografiat. Obținerea imaginii folosind CBVI diferă față de scanările CT obișnuite, deoarece cantitatea de kV și mA

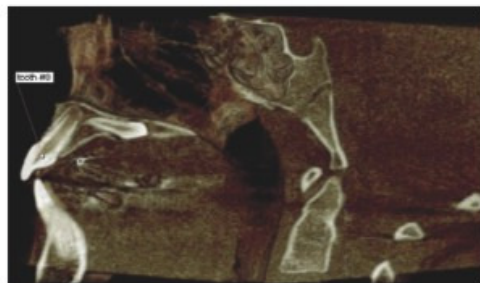
utilizată este mult mai mică decât în cazul aparatelor medicale.

Tabelul 2 arată diferenții factori de expunere și obținerea imaginilor cu momentul reasamblării datelor pentru aparatele CBVI comercializate în prezent în America de Nord.

Figura 5a. Canin inclus în palat



Secțiune subțire – imagine în tonuri de gri



Secțiune de 20 mm cu afișare tridimensională color

Figura 5b. Molari incluși și poziția nervului alveolar inferior.

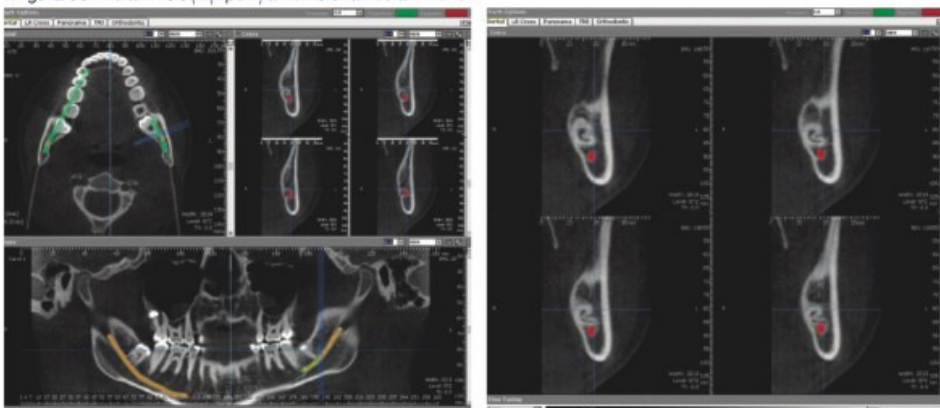


Figura 6. Poziția nervului alveolar inferior. OK în « imagine cubică » și endoscopie. Toate realizate cu un program ajutător

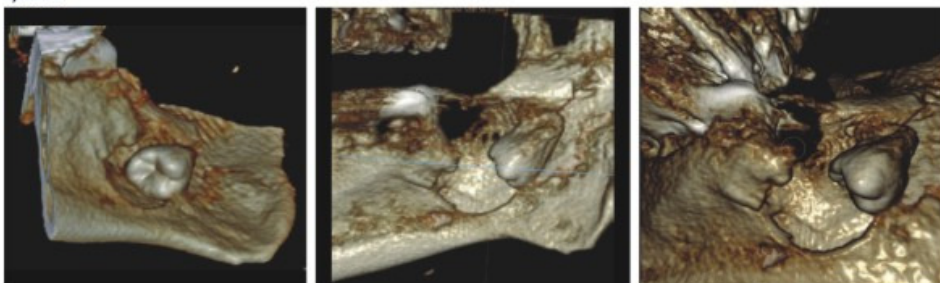
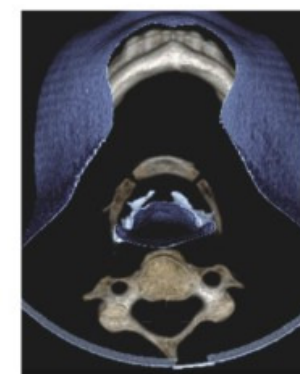
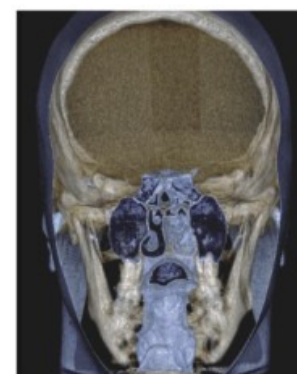
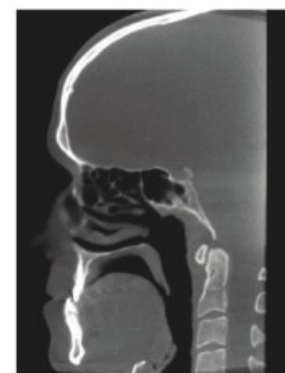


Figura 7. Evaluarea căilor aeriene



Volum marit

Căi aeriene

Volum redus

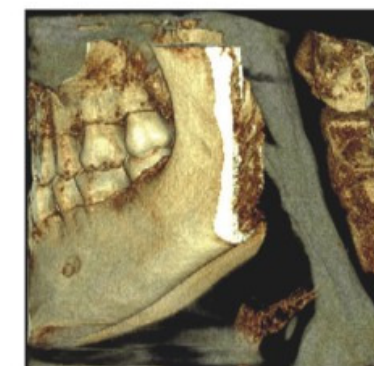
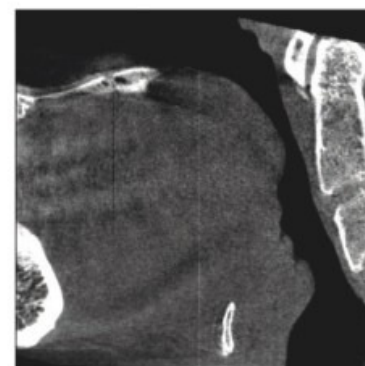
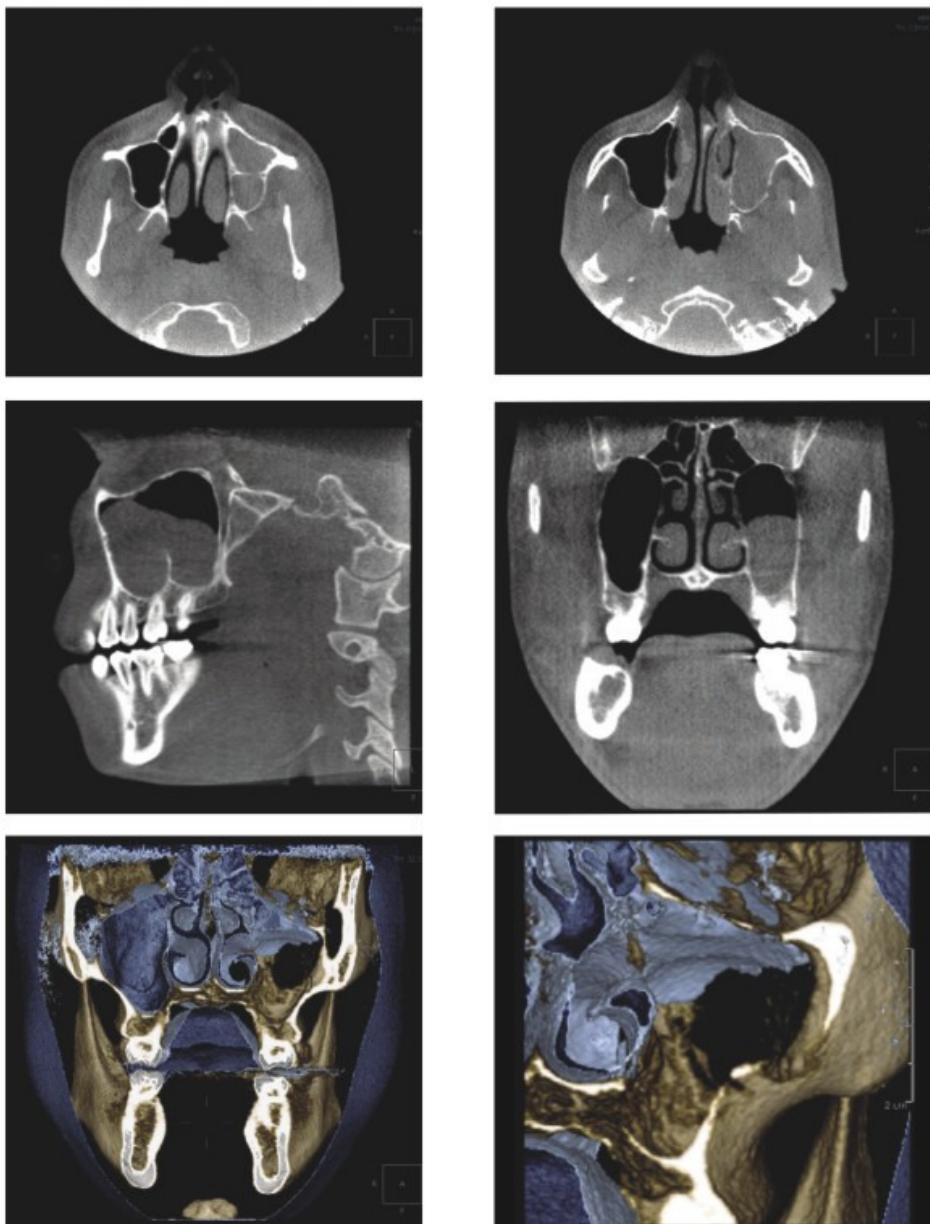


Figura 8. Chist la nivelul mucoasei sinusale.



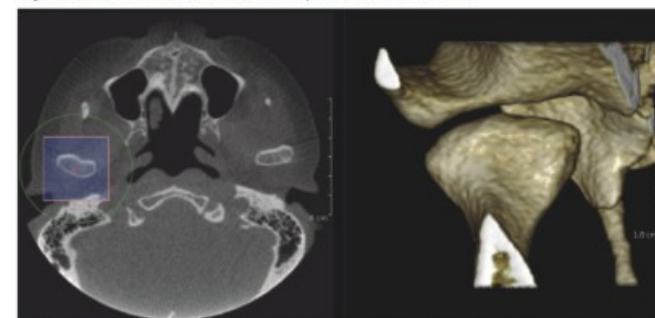
Sinusul drept colorat cu albastru nu prezintă modificări. Sinusul stâng prezintă un gol în regiunea colorată cu albastru reprezentând țesutul lezional al chistului mucoasei sinusale.

Informațiile oferite de imagini

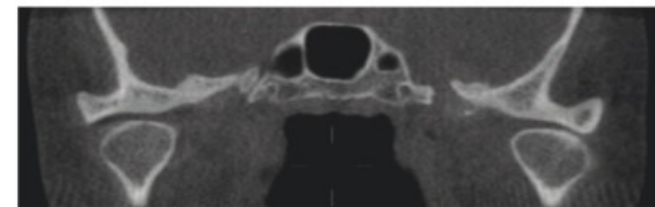
Deși pentru CT-urile medicale volumul de date ale pacientului variază în funcție de regiunea corpului vizată, numărul imaginilor (secțiunilor) realizate pentru un studiu este între 400 și 5000. Dimensiunea reală a fișierului măsurată în megabytes pentru acest volum de date este de asemenea variabilă. În cazul CBVI, dimensiunea fișierului cu datele imagistice ale pacientului poate varia între 65 MB până la 250 MB, depinzând de dimensiunea senzorului și de

regiunea care este radiografiată. Trebuie să privim 512 secțiuni sau imagini, în trei planuri ortogonale, sau 1500 secțiuni pentru a detecta fenomene patologice, și să raportăm rezultatele, atât din sfera dentară cât și din afara acesteia. Volumul de date este mare iar timpul necesar pentru examinarea atentă și realizarea raportului este semnificativ. Majoritatea stomatologilor și a medicilor dentiști specialiști nu vor avea la dispoziție timpul necesar pentru a examina întregul volum de date.

Figura 9 a,b,c. Condil normal la un aparat de volum mărit



a. Secțiune axială în porțiunea mijlocie a condilului și imagine tridimensională color a capului condilului realizată cu programul OnDemand3D



b. Secțiune transversală a cazului de mai sus realizată cu programul OnDemand3D



c. Imagine panoramică realizată cu aparatul i-CAT folosind programul i-CAT Vision

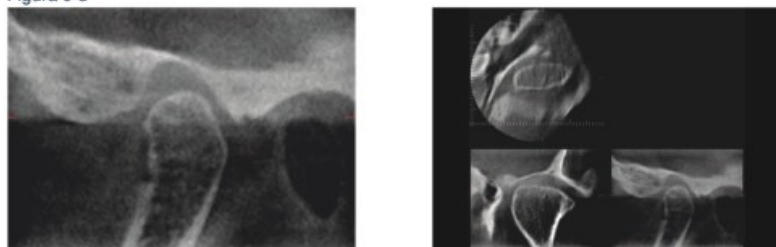
Țesuturi dure versus țesuturi moi

Cu excepția suprafeței tegumentului, imaginile realizate cu CBVI nu sunt foarte utile pentru vizualizarea țesuturilor moi cu densități apropiate. Dacă informațiile ar fi afișate ca în cazul adevăratului CT medical, medicul dentist nu ar putea interpreta informațiile cu suficientă expertiză. Astfel, cantitatea de informații citite de radiologii dentari și maxilo-faciali presupune un proces de examinare organizat, sistematizat, sânguincios pentru a analiza corespunzător datele în vederea identificării proceselor patologice. Aparatura noastră citește

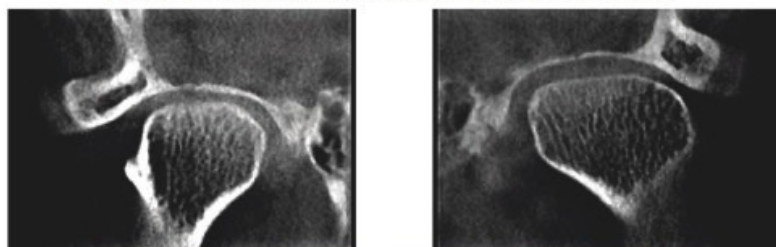
următoarele regiuni și detectează fenomenele patologice: sinusuri paranazale, căi aeriene, cavitatea nazală, structurile articulației temporo-mandibulare, structuri osoase, structuri dentare și alte elemente.

Acestea includ structuri de la nivelul faringelui și nazofaringelui, calcificări la nivelul carotidei, aterosclerotice sau Monckenber, și calcificări craniene. Elementele identificate sunt rezumate, se fac recomandări dacă este cazul iar imaginile din setul de date sunt introduse în raportul clinicianului. În Figura 4 sunt comparate imaginile obținute cu CT-ul medical și cu CBVI la

Figura 9 d

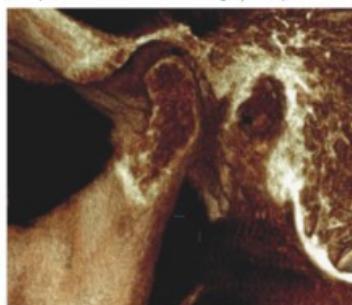
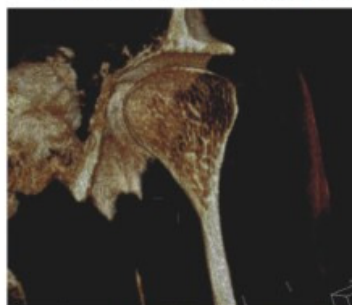


J. Morita, vizualizarea articulației temporo-mandibulare cu volum redus.



J. Morita, vizualizarea condililor articulației temporo-mandibulare stângi și drepte.

Stânga - la o secțiune cu grosimea de 10 mm



Dreapta - la o secțiune cu grosimea de 22.5 mm pentru a vedea interiorul condilului și raportul condil/fosă.

Vizualizarea articulației temporo-mandibulare în imagini tridimensionale color realizate cu aparatul de imagistică volumetrică cu fascicul conic ProMax3D de la Planmeca

același nivel al secțiunii. Observați vizualizarea tridimensională a procesului coronoid. Capetele condiliilor sunt dispuse imediat dedesubtul fosei

craniene mijlocii. Se observă de asemenea podeaua sinusului sfenoid și celulele etmoidiene.

Figura 10. Fractura mandibulară cu deplasarea condilului

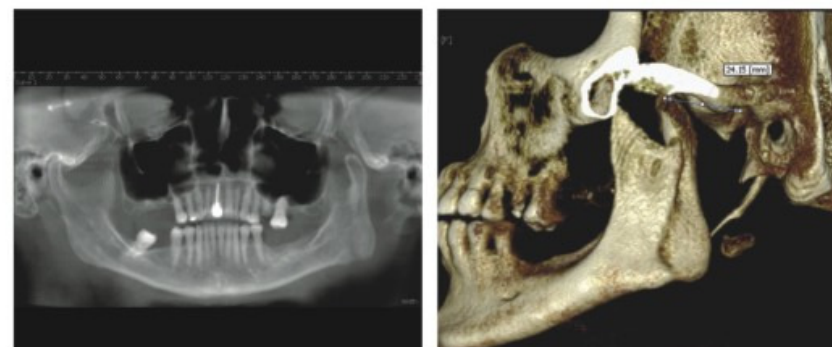
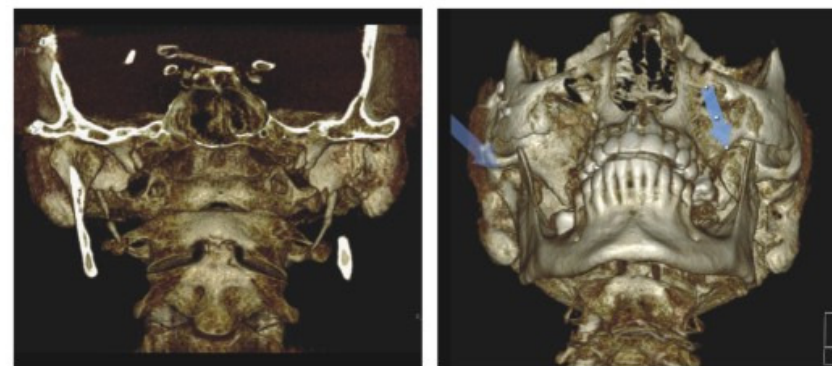
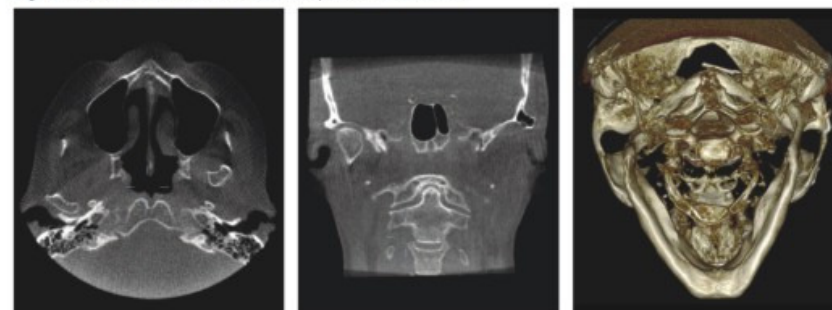


Figura 11. Redare tridimensională color a suprafeței osoase mandibulare cu ligament stiloid alungit și calcificat pe partea stângă a pacientului

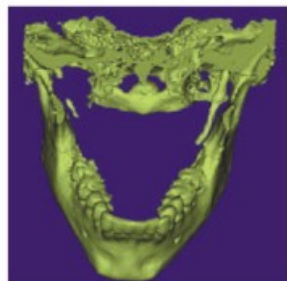
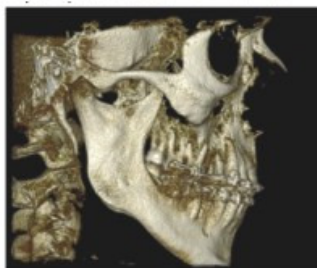


Figura 12. O redare tridimensională color specifică ilustrând o imagine mai « anatomică » a procesului stiloid și a structurilor învecinate



Tabelul 3

Obiecte ce cauzează « imaginile difuze »
• Restaurări din amalgam • Aparatele ortodontice fixe • Coroane de acoperire • Conuri de argint endodontice • Retențiile metalice sferice • Folia de Plumb utilizată pentru marcarea implanturilor • Sulfatul de Bariu (utilizat anterior în tomografiere pentru evaluarea locului de implant)
Obiecte ce nu cauzează « imagini difuze »
• Majoritatea șuruburilor de implant • Gutaperca utilizată în tratamentele endodontice • Gutaperca utilizată ca material de marcarea a implantului

Limitările metodei imagistice cu fascicul conic

Capacitate redusă de afișare a țesuturilor moi

Unii specialiști susțin că posibilitatea redusă de afișare a țesuturilor moi utilizând CBVI nu este un dezavantaj datorită numărului și așa foarte ridicat de structuri anatomice pe care un

Figura 13a

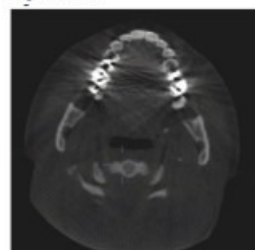


Figura 13b

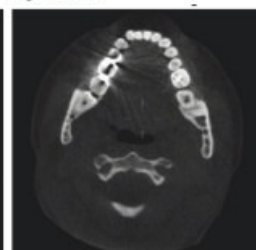


Figura 13c

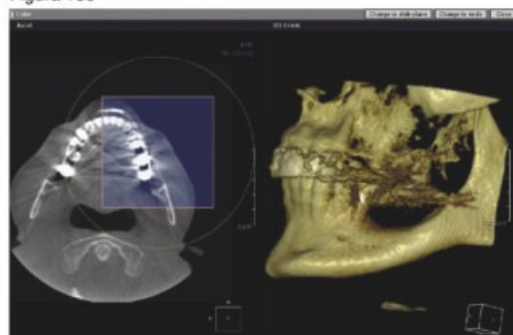
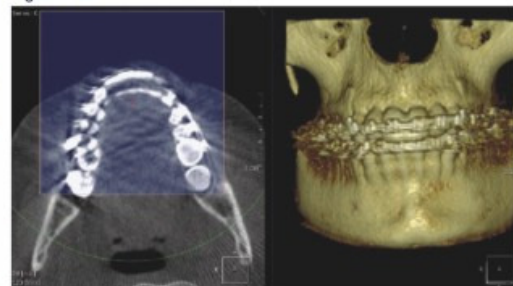


Figura 13d



radiolog trebuie să le cunoască pentru a interpreta profesionalist elementele regiunii craniene. Există suficiente structuri anatomice moi și osoase care să creeze dificultăți medicilor dentiști și specialiștilor dentari. De fapt, majoritatea imaginilor CBVI pe care le citim sunt la cererea dentiștilor și specialiștilor care nu se simt în măsură să revină asupra conținutului craniului și doresc să minimizeze sau să elimine această răspundere a lor, solicitând expertiza unui radiolog oral sau maxilo-facial. Substanța albă și cenușie nu este vizibilă, însă țesuturile moi precum mușchii și glandele, dar și modificări ale mucoasei sinusurilor paranazale pot fi observate suficient de clar. Leziunile de natură dentară ce pătrund în teritoriul cavității nazale și a sinusurilor paranazale sunt evidențiate mai bine decât în cazul radiografiilor cu film obișnuit sau a celor digitale.

Considerații asupra aparaturii și limitările acesteia

Există câteva considerații și limitări cu privire la aparatura, printre care artefactele și calibrarea.

Artefactele

Radiațiile difuze și zgomotul produs în cazul CBVI

CBVI suferă artefacte asemănătoare scanărilor CT medicale obișnuite (Tabelul 3). Gradul de dispersie este mult mai mare pentru fasciculul conic decât pentru fasciculul în formă de evantai utilizat în imagistica prin CT medical. Figura 13 ilustrează imaginile unui pacient cu aparat ortodontic. Acestea prezintă fenomenul de dispersie, urmat de un grad mai mic de dispersie după utilizarea unui program pentru îndepărtarea dispersiei. Majoritatea companiilor utilizează un algoritm « anti-dispersie » sau de « corectare a dispersiei ». CBVI reduce doza de raze X absorbite însă nivelul crescut de radiații dispersate necesită algoritmi de procesare a imaginii înainte de afișare, precum algoritmul

Feldkamp, pentru a optimiza calitatea imaginii. Se lucrează la numeroși algoritmi noi pentru reducerea dispersiei atât în cazul aparatelor de volum mic, cât și a celor de volum ridicat.

Artefacte în formă de cupă

Razele X provenite de la CBVI ce traversează porțiunea mijlocie a unui obiect cilindric cum este un implant, sunt accentuate mai mult decât razele ce trec la nivelul marginilor obiectului, deoarece traversează o porțiune mai mare de material în segmentul mijlociu. Pe măsură ce partea centrală a fasciculului este accentuată, rata de atenuare a razelor X scade iar fasciculul ce ajunge la senzor va fi mai intens. Drept rezultat, profilul de atenuare diferă de profilul ideal care s-ar fi obținut fără accentuarea fasciculului, iar profilul secțiunilor CT efectuate la nivelul implantului va avea o formă caracteristică de cupă.

Intercalări

În secțiunile ortoradiale, în special cele axiale, pot apare intercalări între două obiecte dense din imagine. Din moment ce porțiunea fasciculului care traversează un obiect în anumite poziții ale tubului de raze X va fi intensificată mai puțin decât atunci când traversează două obiecte în poziții diferite ale tubului, sunt generate artefacte de intercalare. Acest tip de artefacte este întâlnit mai ales în regiunile osoase și în zonele cu restaurări metalice.

Cerințe cu privire la calibrare

Unele aparate CBVI necesită calibrare zilnică sau chiar de două ori pe zi. Manualele aparatelor cum este i-CAT al Imaging Sciences sugerează o calibrare dimineața și una după-amiază. Acest lucru poate reduce productivitatea unui laborator de radiologie aglomerat. Mai important însă este faptul că în cazul în care calibrarea nu face parte din programul de asigurare a calității, este posibil să

fie necesară repetarea radiografiilor datorită artefactelor. Aparatele precum ProMax3D de la Planmeca și Morita Accutomo nu necesită calibrare.

Intensificarea imaginii versus starea solidă

Senzorii cu suprafață plană, ecrane cu Silicon amorf (a-Si:H), au o «eficiență de colectare» a razelor X și a fotoelectronilor mai mare decât sistemele indirecte de tipul intensificatorilor de lumină.

Sistemele de captare indirecte au o eficiență estimată la 50 %, în timp ce senzorii direcți cum sunt cei cu suprafață plană pretind că ar avea o eficiență de până la 98% pentru încărcătura colectată la nivelul stratului fotoconductor. Această eficiență poate fi unul din motivele pentru care calitatea imaginii este îmbunătățită în cazul sistemelor directe. În plus, după cum am menționat anterior, Fosforul utilizat de sistemele cu intensificator de imagine se degradează în timp, ducând la reducerea calității imaginii și la nevoia de a înlocui însuși intensificatorul de imagine.

Tabelul 4 - Parametrii aparatelor

Denumirea scannerului	Producător	Tipul senzorului	Dimensiunea maximă a senzorului (cm)	Dimensiunea voxelului (mm3)	Durata de scanare (s)*	Timp de expunere (s)*	Timp de reasamblare (min)	kV	mA	Punct de focalizare	Greutate (livre)
Accutomo	J. Morita	TFT	6 × 6	0.125	18	18	5.0	60 – 80	1 – 10	0.5	882
CBMercuray	Hitachi	II/CCD	10.2 – 19	0.2 – 0.38	10	10	6.0	60 – 120	10/15	N/A	2,000
Galileos	Sirona	II/CCD	15 × 15	0.15 – 0.3	14	14*	4.5	85	5 – 7	N/A	352
Iluma	Imtec	TFT	19 × 24	0.09 – 0.4	10 – 40	10 – 40	4.0 at 0.4 voxel	120	3.8	0.3	770
I Cat	Imaging Sciences	TFT?	20 × 25	0.12 – 0.4	5 – 25	3 – 8*	< 1	120	1-3	0.5	425
NewTom VG	AFP	TFT	15 × 16	0.16 – 0.32	20	5.4	3.0	110	15	0.3	550
ProMax3D	Planmeca	TFT/CMOS	8 × 8	0.16	16 – 18	6*	< 3	84	12	0.5	248
Scanora 3D	Soredex	II/CCD	7.5 × 14.5	0.15 – 0.35	20	5	3	85	8	0.4	690

*ProMax3D, Galileos și probabil i-CAT folosesc o « expunere intermitentă », oprind și pornind sursa de radiații la un anumit interval de timp. Astfel este diminuată considerabil doza de radiații absorbită per total.

Dimensiunile aparatului

Pentru cineva care plănuiește să achiziționeze un aparat CBVI, dimensiunea acestuia, sau «amprenta ergonomică» este un element care va fi luat în considerare. Unele aparate cum este Hitachi CBMercuray au o capacitate mai mare de redare, dar și o dimensiune mai mare a aparatului. CBMercuray poate realiza imagistică «în timp real», cum este înghițitul sau deplasa-rea condiliilor, dar aparatul cântărește o tonă. Nu poate fi amplasat în clădiri la etaje superioare, unde toleranța la greutate a podelei (tavanul etajului inferior) nu este corespunzătoare. În cazul altor aparate cum este ProMax 3D de la Planmeca, imagistica volumetrică cu fascicul conic se realizează pur și simplu printr-un « schimb » de senzori, făcând din acesta cel mai ergonomic sistem disponibil. În plus, acest aparat este singurul sistem cu fascicul conic care este upgradabil pornind de la o platforma panoramică preexistentă. Intre aceste două «extreme» se găsesc numeroase aparate de imagistică volumetrică cu fascicul conic. Parametrii pentru diverse aparate de imagistică volumetrică sunt prezentați în Tabelul 4. [...]

o viziune
asupra
managementului
cariilor în secolul 21

GC EUROPE N.V.
East European Office - România
Bd. N. Bălcescu, nr.5C,
bloc Dunărea 1,
Ap. 57, sect.1
București, România
Tel. +40.21.315.93.15
Fax. +40.21.315.93.15
E-mail romania@eec.gc-europe.com

GC