

Articolo Originale

Pubblicato il 10-04-07

La radiologia volumetrica in odontoiatria.

Applicazioni cliniche.

G. Floria

Abstract:

Scopo del presente articolo è l'analisi della letteratura scientifica recente sulle applicazioni delle tecniche radiologiche digitali al settore ortodontico, con particolare riferimento alla radiologia volumetrica di ultima generazione. L'obiettivo di tale disamina è l'individuazione dei vantaggi diagnostici offerti dalle più recenti tecniche radiologiche, il loro confronto con le tecniche tradizionali e l'analisi degli svantaggi soprattutto nell'ottica di un utilizzo clinico routinario ed estensivo.

Author's affiliations:

DDS Orthod. Specialist
Private Practitioner Florence, Italy
Contract Professor, Università degli Studi di Firenze

Dipartimento di Odontostomatologia,
Università degli Studi di Firenze, Insegnamento
di Ortognatodonzia e Gnatologia
Dipartimento di Odontostomatologia,
Università degli studi di Firenze,
Via del Ponte di Mezzo 46-48
Firenze 50127, Italia

Correspondence to:

Dr. Gabriele Floria

Via Fratelli Cairoli 82 50131
Firenze Italy
gabriele@floria.it

Dates: Accepted 30 February 2006

To cite this article:

G. Floria

La radiologia volumetrica in odontoiatria.

Applicazioni cliniche.

Virtual Journal of Orthodontics [serial online]

2007 April 10; 7 (4): p. 01-29

Available from
URL: <http://www.vjo.it/read.php?file=tcv.pdf>

Introduzione

Nei primi anni del 1900 l'avvento delle apparecchiature radiografiche provocò una comprensibile eccitazione nella comunità medica ed in ortodonzia la cefalometria divenne un importante strumento di ricerca. Per oltre 70 anni gli ortodontisti hanno condotto clinica e ricerca analizzando principalmente i pazienti tramite radiografie latero-laterali del cranio. Pur essendo la cefalometria basata sulla antropometria che misura direttamente tutte le strutture anatomiche, gli ortodontisti hanno dovuto limitare le loro curiosità scientifiche per limiti tecnici, restringendo, di fatto, il pensiero nei limiti della bidimensionalità. All'inizio del nuovo secolo le potenzialità offerte dalle ultime generazioni di apparecchiature radiologiche potenziate con l'ausilio dell'elettronica e dell'informatica ridischiudono orizzonti inesplorati e aprono nuove sfide nella ricerca.

Scopo del presente articolo è l'analisi della letteratura scientifica recente sulle applicazioni delle tecniche radiologiche digitali al settore ortodontico, con particolare riferimento alla radiologia volumetrica di ultima generazione. L'obiettivo di tale disamina è l'individuazione dei vantaggi diagnostici offerti dalle più recenti tecniche radiologiche, il loro confronto con le tecniche tradizionali e l'analisi degli svantaggi soprattutto nell'ottica di un utilizzo clinico routinario ed estensivo.

La radiologia volumetrica ha fatto il suo ingresso in medicina a metà degli anni '70 con le prime TAC (Tomografie Assiali Computerizzate). Da allora molti progressi sono stati compiuti in termini di qualità delle immagini, facilità e velocità d'esecuzione.

In anni recenti e' stata introdotta una diversa metodologia d'acquisizione volumetrica chiamata TCCB/CBCT (Tomografia Computerizzata Cone Beam). Questa tecnologia ha permesso di costruire delle apparecchiature dedicate a certe parti del corpo, con costi contenuti, estrema facilità d'utilizzo, ottima qualità delle immagini e soprattutto bassissima dose di radiazioni, tali da poterle usare di routine in tutta sicurezza anche nei bambini.

L'acquisizione volumetrica, rispetto ad un'acquisizione radiologica convenzionale, piana, permette di avere un'infinita quantità d'informazioni in virtù del fatto che viene ottenuto il volume virtuale della parte anatomica da esaminare. Grazie a questa possibilità, l'odontoiatra, ortodontista, l'otorino-laringoiatra, il chirurgo orale, il chirurgo maxillo-facciale e ogni altro specialista che lavora in ambito cranio facciale, ha la possibilità di poter interagire in modo virtuale con le parti anatomiche interessate per poter trarre tutte le informazioni necessarie per la diagnosi e la pianificazione del trattamento. Per ottenere il massimo vantaggio da questa tecnologia, il rapporto tra laboratorio di radiologia e utilizzatore finale (medico/odontoiatra), deve essere però re-impostato.

Le moderne tecnologie informatiche consentono, infatti, il trasferimento agevole anche di una grande quantità di dati a basso costo, pertanto non trova giustificazione lo stampare immagini statiche per un duplice motivo: La perdita d'informazioni che la stampa comporta nel confronto con l'analisi delle immagini tramite computer sfruttando il cosiddetto "windowing" ovvero la possibilità di definire la "finestra" delle gradazioni di grigio da analizzare, in modo da potenziare quello che è un limite dell'occhio umano che non discrimina più di 256 toni di grigio. Secondariamente perché l'analisi del clinico trarrà maggior vantaggio dall'analisi di tutti i volumi in quanto non sempre il radiologo identifica la migliore immagine diagnostica nel caso di specie, inoltre l'analisi potrà avvenire anche in un secondo momento, anche con differenti finalità ed in diverse aree rispetto alla prima ricerca diagnostica. Pertanto il laboratorio radiologico fornirà l'acquisizione volumetrica della parte interessata, mentre spetterà all'utilizzatore finale di fare l'analisi del volume attraverso le varie sezioni delle aree di pertinenza alla propria specialità. In quest'analisi, potrà essere coadiuvato dalla consulenza di un radiologo dove sia necessario chiarire eventuali dubbi su anomalie che possono avere relazioni con altre specialità.

Proprio in virtù di questo diverso approccio all'uso delle immagini radiologiche, sarà in futuro necessario istruire gli specialisti alla lettura dei volumi ottenuti per trasferire le conoscenze necessarie all'uso immediato di questa tecnologia nella pratica clinica quotidiana.

Oramai in Italia la disponibilità di questi apparecchi inizia ad avere una certa capillarità e quindi risulta più facile il poter inviare i pazienti per fare l'acquisizione. La radiologia volumetrica con tecnologia Cone Beam, decreterà la fine dell'interpretazione soggettiva delle immagini per lasciare spazio alla loro visione oggettiva. Tuttavia l'utilizzo di tale tecnica nella normale pratica clinica richiede una curva d'apprendimento non indifferente, un'organizzazione della mole dei dati ottenuta e soprattutto una grande attività di rielaborazione dei concetti cefalometrici fino ad oggi utilizzati per poter passare dalle due alle tre dimensioni, per poterne sfruttare a pieno i vantaggi.

LA TOMOGRAFIA

La tomografia, detta anche stratigrafia, è un metodo col quale ci si propone di ottenere la rappresentazione radiografica di un solo strato del corpo in esame. Ideato ed attuato da **Alessandro Vallebona** (1899-1987) consiste nell'imprimere un movimento al tubo e alla pellicola (arco di cerchio). Il centro di rotazione è posto allo stesso livello dello strato che interessa. Le strutture poste

sul piano dell'asse di pendolazione si proiettano sul medesimo punto della pellicola durante tutta la durata della pendolazione stessa. Le altre, poste su piani diversi appariranno sfumate perché non a fuoco.

LA TOMOGRAFIA ASSIALE COMPUTERIZZATA

Ideata da Hounsfield¹ nel 1973 ed indicata con le sigle **TAC** o TC (Computed Tomography in inglese), o Tomodensitométrie in francese, non utilizza pellicole radiografiche ma sensori digitali in grado di acquisire le immagini.

Non è finalità di questo articolo entrare nel dettaglio tecnico-matematico che è alla base del funzionamento dei tomografi computerizzati pertanto ci limiteremo ad illustrarne sommariamente il principio d'azione e le innovazioni più recenti. La macchina consiste di un tubo emettitore di raggi X e di una serie di detettori. Le moderne TAC sono in grado di effettuare un'intera scansione del torace in circa 15 secondi, riducendo quindi i rischi di movimento da parte del paziente: sono le cosiddette TAC a spirale (il lettino ed il fascio X si muovono senza interruzione) e TAC multistrato (il rivelatore raccoglie raggi X anche su direzioni vicine a quella diretta, ottenendo quindi maggiori informazioni da ogni immagine). A parte la tri-dimensionalità del risultato, le informazioni ottenibili sono migliori rispetto al metodo tradizionale radiografico per una maggiore differenziazione dei tessuti molli, ma peggiori per la risoluzione spaziale (sono visibili particolari fino a 0,5 millimetri).

I dati raccolti dai detettori sono immagini che rappresentano sezioni assiali (slice) del paziente e da questi il computer ricostruisce la struttura interna del paziente tramite modelli matematici ed algoritmi specifici.

Il sensore è caratterizzato dalla sua risoluzione, cioè dalla quantità di pixel, elementi sensibili che formano l'immagine, che esso contiene. Più alto è il loro numero maggiore sarà la quantità d'informazioni registrabili.

Per la maggior parte dei tomografi la risoluzione ottenibile per ciascuna matrice varia a seconda del numero di pixel (picture element inteso come unità fondamentale dell'immagine). La dimensione di ciascun pixel può variare nell'intervallo 0.5-2 mm ed è omogenea nel piano trasversale. Solitamente la distanza tra due sezioni successive è assegnata in modo tale che siano o interlacciate o contigue. Il numero di slice varia in funzione della distanza tra le sezioni e dell'estensione dell'organo da esaminare.

Ciascun pixel idealmente rappresenta le caratteristiche di assorbimento di un piccolo volume del corpo umano individuato dai limiti fisici del pixel stesso. Questo valore viene misurato in unità Hounsfields.

Ogni immagine radiografica digitale è composta di pixel, piccoli elementi quadrati disposti in righe e colonne ciascuno dei quali ha un valore sulla scala colori del grigio che rappresenta la densità della corrispondente struttura. Una radiografia scannerizzata a 150 dpi (dots per inch) contiene circa 1000 x 1000 pixel, ed assumendo di usare un byte per ciascun pixel questa radiografia occuperà uno spazio di memoria di circa 1 megabyte. Estendendo l'immagine piana nella terza dimensione per avere un volume non parleremo più di pixel ma di voxel essendo l'immagine tridimensionale composta da elementi cubici. Un volume composto da 1000 voxel per ciascun lato necessiterà però di 1 gigabyte, ovvero 1024 megabyte di memoria. Per questo

motivo non tutti i computer sono in grado di gestire adeguatamente le immagini di una TAC. Sebbene i nuovi tomografi siano in grado di produrre volumi più piccoli di 17 milioni di voxel una dotazione minima di 1 gigabyte di RAM ed un accesso veloce al disco è necessaria per la visualizzazione corretta delle ricostruzioni tridimensionali (3D). Sebbene ricostruzioni 3D possono essere generate da qualsiasi serie di slice, la fedeltà dell'immagine finale è dipendente dall'integrità dei dati campionati. Occorre quindi analizzare con cura gli effetti generati sulla qualità dell'immagine finale dai parametri dipendenti dal dispositivo di acquisizione, quali ad esempio la profondità di una slice e la distanza di interscansione. Da tenere presente che seppur tecnicamente si possano ottenere scansioni ad alta risoluzione e di conseguenza ottime immagini, questo per il paziente significa subire più alte dosi di radiazioni e un maggior tempo di attesa all'interno del dispositivo (e quindi maggiori possibilità che il paziente stesso si muova tra una scansione e l'altra con evidenti effetti di distorsione).

L'ultima evoluzione nel campo è data dai tomografi a spirale (Spiral CT o S-CT) che acquisiscono le immagini muovendo il dispositivo emettitore lungo una traiettoria continua a spirale intorno al corpo del paziente anziché scandendo per slice. Questa tecnica permette una riduzione sostanziale del tempo d'acquisizione sino a circa 24 secondi.

Rendering tridimensionale

Con il termine rendering si identifica il processo di generazione di un'immagine a partire da una descrizione degli oggetti tridimensionali per mezzo di un programma per computer. La descrizione è data in un linguaggio o in una struttura dati definiti rigorosamente e deve contenere la geometria, il punto di vista, le informazioni sulla mappatura delle superfici visibili e sull'illuminazione.

Il rendering è una elaborazione molto lenta ed impegnativa per ogni computer e molta ricerca scientifica viene continuamente spesa per cercare di ottenere algoritmi che portino all'ottenimento di immagini sempre più fedeli e realistiche. Un oggetto tridimensionale esiste nello spazio reale ed in quello virtuale ma la sua visualizzazione deve necessariamente, allo stato attuale della tecnologia, passare dal monitor del computer, pertanto deve essere nuovamente ricondotto ad una immagine bidimensionale. Questo si ottiene fondamentalmente con due metodi di proiezione dell'oggetto sullo schermo²: **La proiezione prospettica** e la **proiezione ortografica** (detta anche parallela). La proiezione prospettica produce risultati simili a quelli percepiti dall'occhio nel guardare una fotografia: gli oggetti più vicini appaiono più grandi e le linee parallele sembrano convergere in distanza. La proiezione ortografica mantiene le dimensioni indipendentemente dalla loro distanza dall'osservatore e le linee parallele rimangono parallele. Nel primo caso abbiamo immagini più naturali, ma con la proiezione ortografica otteniamo immagini più valide nel valutare dimensioni e morfologia perché non cambiano con il punto di visuale. Nel caso in cui si debba per esempio valutare la simmetria di una mandibola questa è la proiezione da preferirsi ed in genere è anche quella preferita dagli sviluppatori software perché più semplice da implementare. Un altro aspetto da considerare sono le parti nascoste delle immagini visualizzate in relazione al punto d'osservazione, il computer deve calcolare quale parti sono visibili e quali non lo sono nell'esatto momento d'osservazione altrimenti si otterrebbero immagini irrealistiche ed assolutamente inutilizzabili. Naturalmente tutto ciò è complicato dalle superfici trasparenti o semi-trasparenti e senza ancora considerare il punto d'illuminazione e le relative ombreggiature.

I dati volumetrici

I dati volumetrici acquisiti con una scansione non contengono solo il paziente che ci interessa ma anche tutto lo spazio che lo racchiude in quanto il tomografo non conosce cosa a noi interessa e produce l'output per il quale è stato creato. Quindi se facessimo disegnare al computer l'oggetto acquisito ne otterremmo un cubo nero di 256^3 voxel. Questo perché noi umani tendiamo a dimenticare il fatto che siamo circondati da aria ma il tomografo no. Nasce quindi l'esigenza di rimuovere i voxel di aria ma sfortunatamente la luminosità di un voxel non è motivo sufficiente per farlo a causa della sovrapposizione dei tessuti. Non esiste in parole povere un valore di luminosità che possa essere utilizzato per discriminare l'osso dal resto. Questo è un classico problema che va sotto il nome di "segmentation problem" e naturalmente affligge sia la bi-dimensionalità che la tri-dimensionalità.

Visualizzazione volumetrica

Un primo livello di classificazione dei sistemi di visualizzazione può essere la divisione in **software integrato ai dispositivi di scansione** e **sistemi di post-processing**³.

I vantaggi di un sistema di primo tipo sono il minor prezzo e nessuna necessità di acquistare hardware aggiuntivo. Per contro si ha generalmente un limitato insieme di funzioni di interfaccia utente, un tempo più lento per la generazione delle immagini ed una qualità inferiore delle immagini stesse, dato che il tempo di calcolo del computer integrato nel sistema viene principalmente assegnato agli algoritmi di scansione.

I sistemi esterni sono invece molto più costosi ma garantiscono maggiore flessibilità e possibilità di utilizzo. Includono interfacce user-friendly, algoritmi complessi per la ricostruzione dei dati, una qualità di immagini superiore, ricostruzioni 3D quasi in tempo reale, programmi per la disarticolazione, volumetria e correlazione 2D e 3D.

TECNICA CONE BEAM

La tecnologia "cone-beam" rappresenta un'innovazione nel campo dei sistemi di acquisizione tomografici e delle ricostruzioni volumetriche. Nei tomografi computerizzati tradizionali il volume viene ricostruito attraverso la scansione e la successiva ricostruzione di una serie di "fette" assiali successive, ottenute spostando il lettino porta-paziente tra due successive acquisizioni. Nei tomografi computerizzati volumetrici del tipo "a Spirale" (Spiral-CT) il lettino viene spostato con continuità simultaneamente alla rotazione continua del sistema tubo-rivelatori, velocizzando considerevolmente il processo di acquisizione. Nella tecnica "cone-beam" (cone beam computed tomography) il sistema tubo-rivelatori (fascio X conico e rivelatore bidimensionale) esegue una sola rotazione attorno al paziente acquisendo simultaneamente tutti i dati necessari per la ricostruzione volumetrica. In pratica, i dati acquisiti in ogni step della scansione sono le immagini digitali corrispondenti alla relativa proiezione radiografica e questi dati (detti anche dati grezzi) vengono poi utilizzati nel processo di ricostruzione tomografica volumetrica. I vantaggi di tale tecnologia rispetto ai sistemi tradizionali sono:

1. ricostruzione diretta di qualsiasi insieme di punti dell'oggetto scandito senza il passaggio attraverso le ricostruzioni assiali e la riformattazione dei dati.
2. velocità di scansione complessiva legata all'elettronica di acquisizione, piuttosto che alla potenza del tubo radiogeno e alla sofisticazione meccanica, e quindi, tendenzialmente più elevata.

3. a parità di durata complessiva di scansione: minori esigenze relativamente alla potenza del complesso generatore/tubo e alla meccanica di scansione, con conseguente vantaggi costruttivi e di manutenzione

Evoluzione tecnologica

L'evoluzione delle TAC Volumetriche nel settore odontoiatrico è partita dall'adattamento delle macchine "total body" cercando di risolvere 4 problemi principali: l'elevato costo, l'elevato ingombro, il lungo tempo di scansione, e soprattutto l'elevata esposizione ai raggi X.

Nel 1997 nel dipartimento di radiologia della Nihon University School of Dentistry in Giappone venne ideata e sviluppata una tecnologia nota come "limited cone beam computed tomography" che utilizzava un intensificatore d'immagine al posto della pellicola. Gli sviluppi successivi del prototipo portarono la Morita Corporation a produrre e commercializzare il 3DX multi-image micro-CT, che utilizzando un campo di esposizione limitato a 29 mm di altezza e 38 mm di larghezza al centro di rotazione consentiva una riduzione di dose pari a 1/100 delle TAC elicoidali total body.

Nel giugno 2004 sull' *The Angle Orthodontist* veniva pubblicato un articolo intitolato "Two- and Three-dimensional Orthodontic Imaging Using Limited Cone Beam-Computed Tomography"⁴ che ben illustrava i vantaggi di tale tecnica in tre casi esemplificativi.

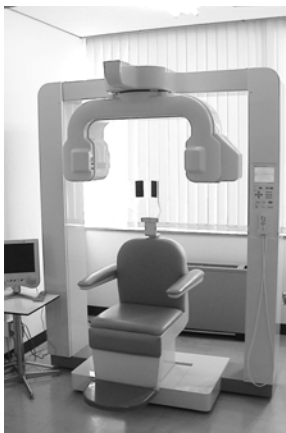


Fig. 1 3DX multi-image micro-computed tomography, Morita Corporation

Caso 1: Il primo caso mostrato era un bambino di 7 anni con malocclusione di prima classe basale e dentale con morso aperto. Venne scelta in base ai parametri cefalometrici e dentali una terapia non estrattiva (Fig. 2 A, B e C).

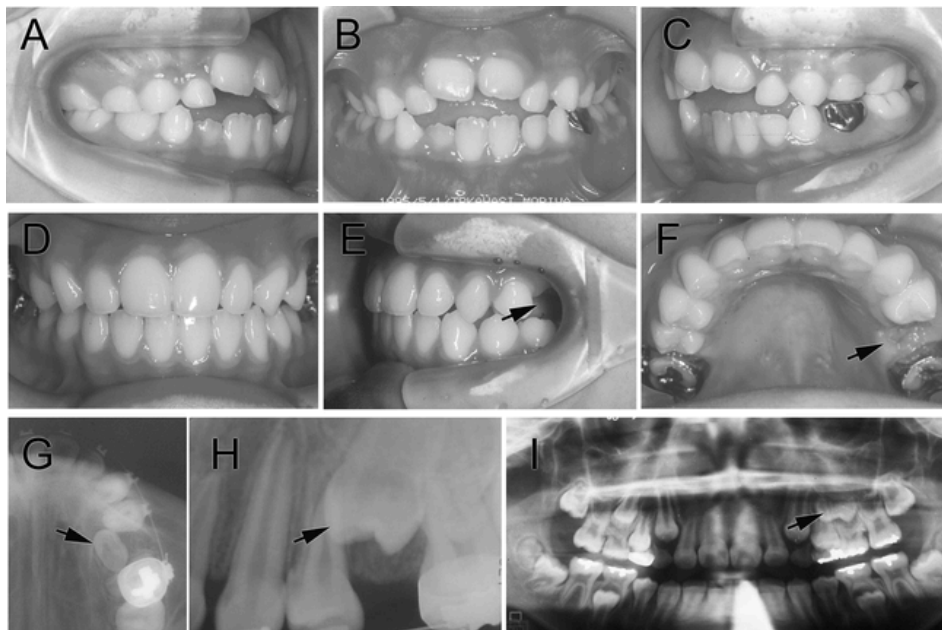


Fig. 2 Caso 1

La prima fase del trattamento avvenne con scudo linguale e terapia miofunzionale per eliminare l'abitudine linguale, dopo un anno e mezzo il morso aperto era chiuso. Due anni dopo vi era la permanenza protratta del secondo molare deciduo superiore di sinistra. I record della seconda fase di trattamento (Fig. 2 D, E ed F) mostrano il ritardo di eruzione del secondo premolare superiore di sinistra seguente all'estrazione del secondo molare deciduo. La radiografia occlusale (Fig. 2 G) mostra la rotazione della corona ma lo sviluppo radicolare è difficile da determinare dalla panoramica o dalle normali radiografie endorali (Fig. 2 H ed I).

Le immagini della tomografia computerizzata mostrano invece chiaramente la rotazione del dente nell'osso (Fig. 3). Le immagini sagittali e frontali mostrano le condizioni della corona e la formazione di oltre un terzo della radice dentale (Fig. 3A e 3B). Le immagini assiali mostrano chiaramente che la corona è posizionata lingualmente (Fig. 3C). Venne eseguita la fenestrazione chirurgica e la trazione ortodontica dal lato linguale (Fig. 3 D, E ed F). I record finali mostrarono un'occlusione normale e buona forma d'arcata (Fig. 3 G, H ed I).

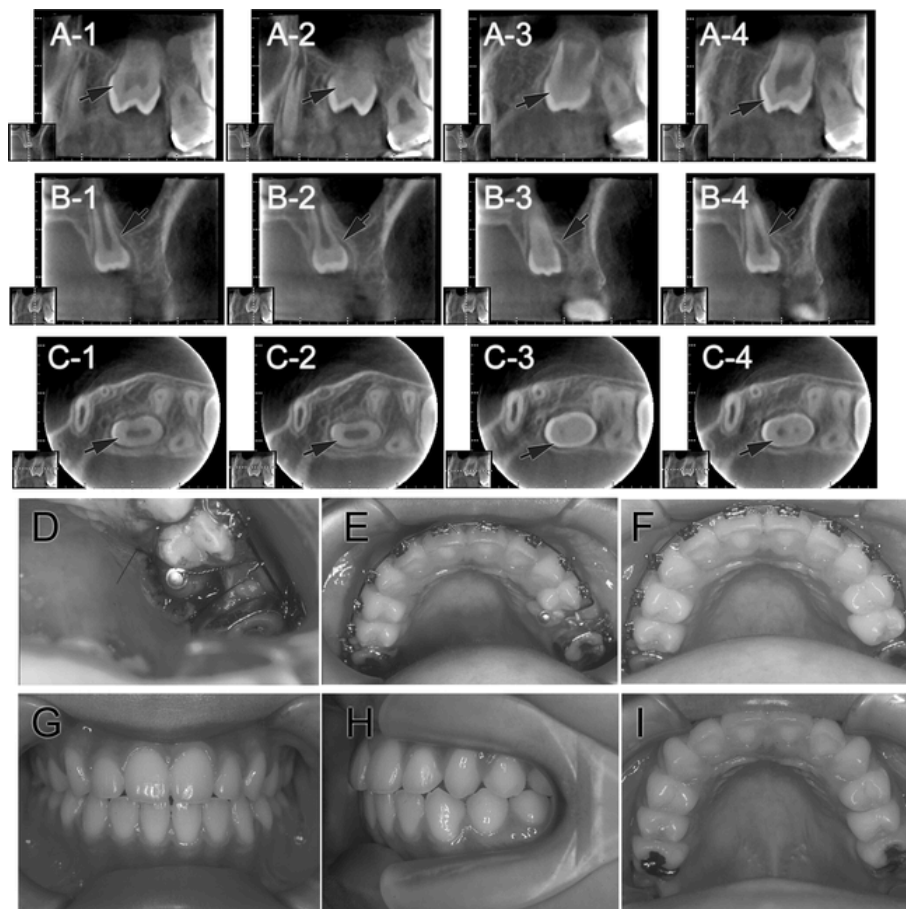


Fig. 3 Caso 1 immagini TAC

Caso 2: Nel seguente caso clinico fu diagnosticata una seconda classe basale, con inclusione mascellare dei secondi premolari superiori (Fig. 4 A, B e C). Il paziente maschio di 13 anni all'analisi cefalometrica secondo Tweed e Steiner mostrava l'indicazione ad un trattamento non estrattivo. Sebbene l'eruzione del secondo premolare fu ritardata un parte della cuspid del premolare destro era apparentemente nel tessuto gengivale (freccia singola).

I record convenzionali e l'esame clinico mostrano un secondo premolare destro in eruzione palatale una permanenza protratta del secondo molaretto destro e l'inclusione molto alta del secondo premolare superiore sinistro (Fig. 4 D, E ed F).

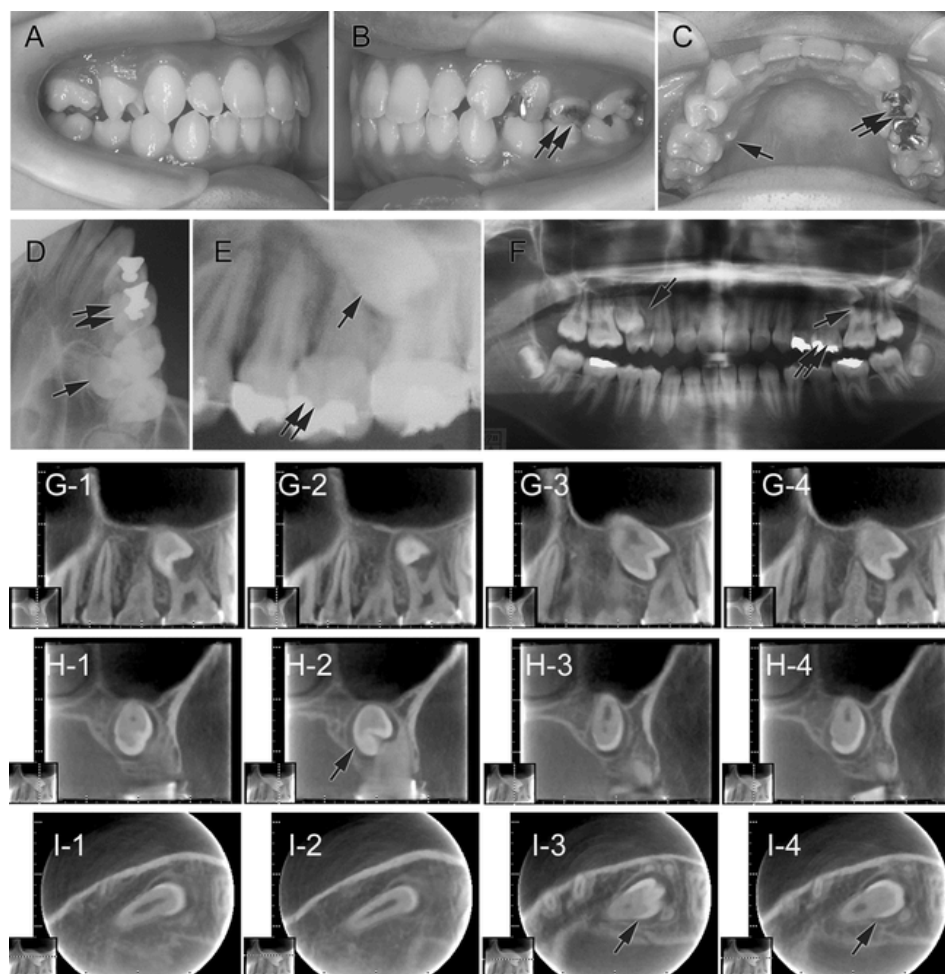


Fig. 4 Caso 2

Sebbene le radiografie occlusali e periapicali siano qualitativamente ottime, la precisa posizione e condizione dell'elemento più alto sono indeterminabili.

Nelle immagini della tomografia computerizzata invece le immagini delle radici sono facilmente distinguibili dal tessuto osseo circostante e dagli elementi vicini (Fig. 4 G, H ed I).

Le immagini della TAC in proiezione assiale e sagittale mostrano la radice del secondo premolare tra le radici del primo molare (Fig. 4 I). Inoltre nella visione assiale l'incluso mostra all'incirca 45 gradi di tipping disto-labiale ed è posizionato tra le radici del primo molare (Fig. 4 G ed I). L'elemento incluso si trovava quasi al centro dell'osso mascellare.

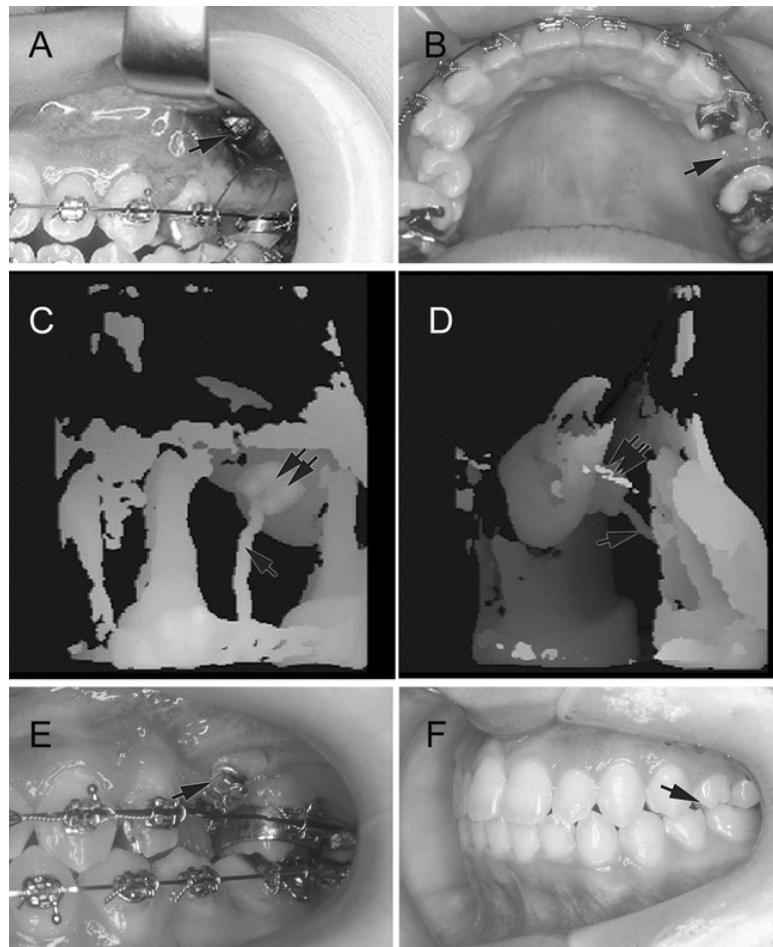


Fig. 5 Caso 2 immagini TAC

Perciò, dopo l'analisi delle immagini della TAC si optò per un primo piano di trattamento con arretramento del premolare sinistro perché l'estrazione venne considerata a più alto rischio di danneggiamento del primo molare. La radice del dente incluso si trovava più palatale che vestibolare comunque la corona era nel centro della cresta alveolare tra le radici vestibolari e la radice palatale (come mostrato dalla freccia singola in Fig. 4). Sebbene l'osso corticale fosse più sottile del vestibolare, il chirurgo desiderò una visuale superiore per diminuire il rischio di lesione di entrambi gli elementi. Quindi il deciduo venne estratto, venne effettuata la fenestrazione chirurgica e l'arretramento del secondo premolare superiore sinistro dal lato vestibolare. Il premolare di sinistra eruppe dopo un anno e sei mesi in buona occlusione senza danneggiamento delle radici del primo molare e con buona copertura di osso corticale (Fig. 5).

Caso 3: Come terzo caso clinico per mostrare l'utilità della radiologia volumetrica riportiamo un caso di patologia temporo-mandibolare in un paziente di 21 anni che lamentava dolori all'articolazione di sinistra durante la masticazione di cibi duri o appiccicosi.

Il trattamento venne effettuato con un bite di stabilizzazione con supervisione del chirurgo per un anno e mezzo, dopo di che il paziente venne riferito all'ortodontista per ottenere una normale occlusione. La cefalometria mostrò una prima classe con open bite laterale e necessità di un approccio non estrattivo. La radiografia panoramica tradizionale (Fig. 6 D) fu di limitata utilità

nell'osservazione dell'articolazione in quanto, come si può osservare non mostra segni di erosione. A causa dell'anamnesi del paziente e dei sintomi venne eseguita una risonanza magnetica (Fig. 6 E ed F) che mostrò in T1 un dislocamento anteriore del disco ed in T2 non mostrava erosioni o infiammazione della zona bilaminare né dei muscoli pterigoidei bilaterali (Fig. 6 F). Tuttavia siccome anche in queste immagini la zona corticale dell'articolazione era difficile da osservare venne eseguita una scansione volumetrica. L'articolazione sinistra chiaramente mostrò erosione dell'osso corticale sul lato medio-frontale (Fig. 6 G ed H).

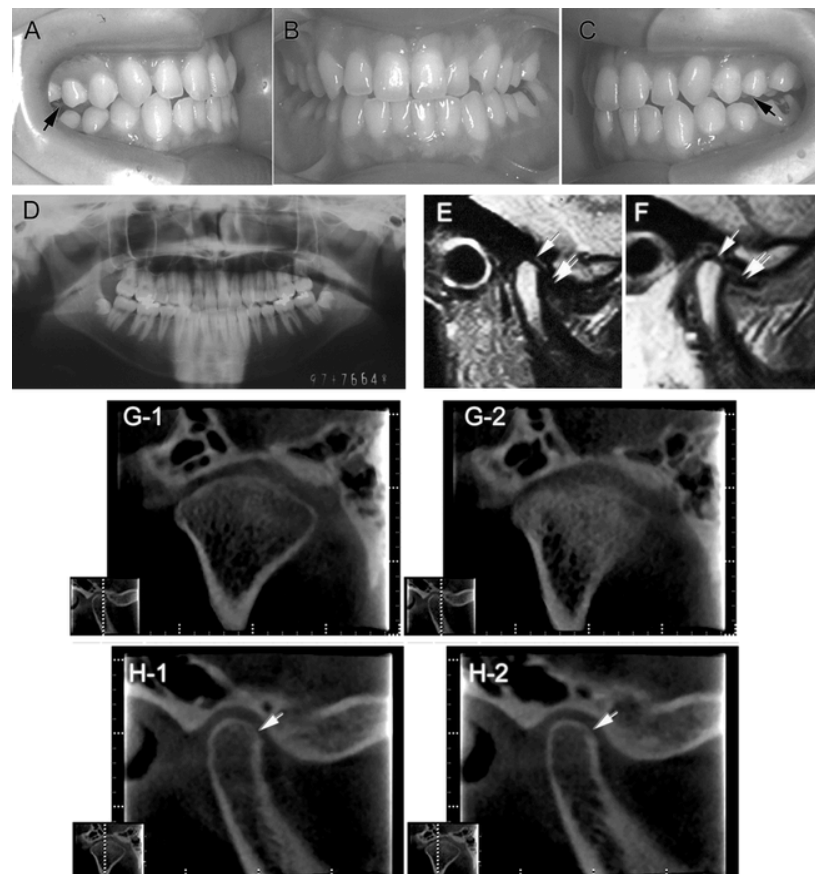


Fig. 6 Caso 3

Conseguentemente venne effettuato un trattamento ortodontico con bite in posizione di massimo rilassamento muscolare. Venne prima livellata l'arcata superiore per ottenere una normale occlusione ed un'ottima posizione per l'articolazione e poi si ottenne la coordinazione dell'arcata inferiore con l'ausilio del bite indossato solo durante la notte (Fig. 7). Due anni e due mesi dopo la prima visita si ottenne una buona occlusione in assenza di sintomatologia dolorosa. Venne poi ripetuta la scansione volumetrica per la comparazione delle immagini pre e post trattamento. Le immagini di erosione erano scomparse e nuova apposizione ossea risultava visibile (Fig. 7 G ed H) inoltre non vi era stata modificazione di posizione articolare in rilassamento e la cefalometria non mostrò alcuna modifica nella dimensione verticale.

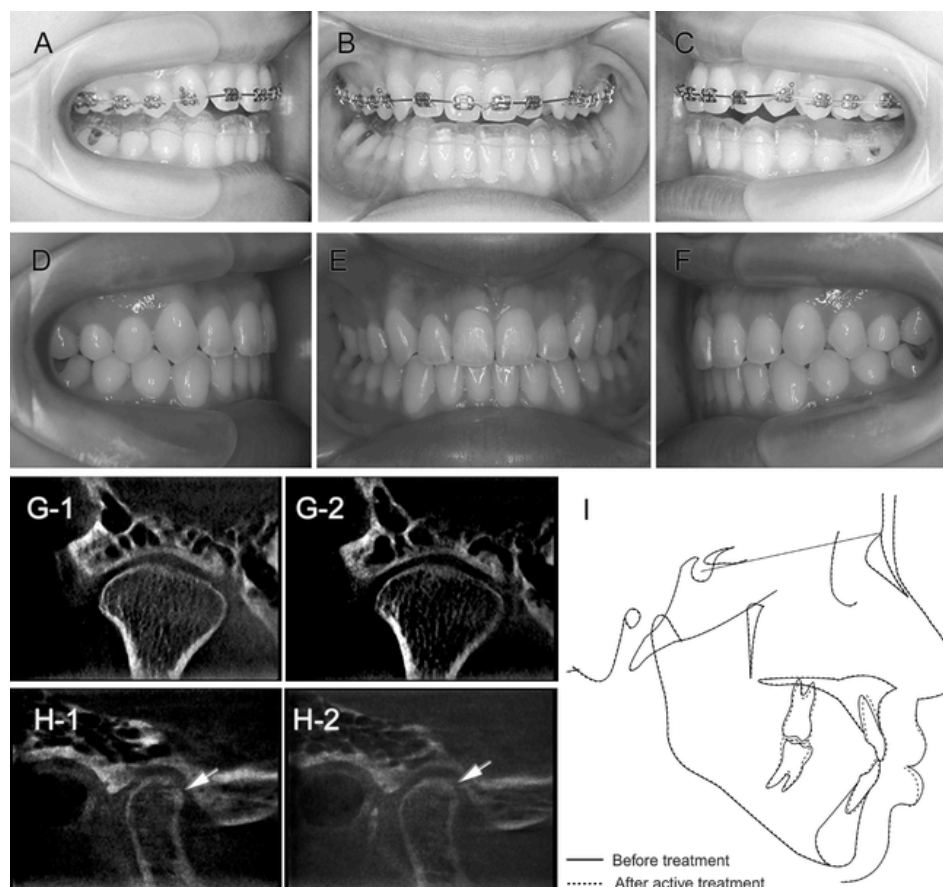


Fig. 7 Caso 3 dopo trattamento

I tre casi clinici presentati sono esemplificativi delle potenzialità diagnostiche offerte dalla radiologia volumetrica, infatti da una singola scansione a basso dosaggio il clinico ha la possibilità di osservare un elemento incluso nei tre piani dello spazio. Con un grado di accuratezza di molto superiore alle tecniche convenzionali l'ortodontista ed il chirurgo posso prendere decisioni operative più consapevoli e più rapide che si traducono in una maggiore facilità d'intervento, in una minore asportazione di osso ed in un tempo operatorio ridotto. Il terzo caso mostrato poi è paradigmatico dell'accuratezza del dettaglio radiografico risultando superiore alle tecniche radiografiche convenzionali e alla risonanza magnetica nell'analisi dell'articolazione temporo-mandibolare ed inoltre i dosaggi sono sensibilmente inferiori alle normali tecniche radiografiche d'indagine per l'articolazione temporo-mandibolare. I dosaggi radiologici utilizzati furono con il Morita 3DX rispettivamente per il molare superiore, il molare inferiore e l'articolazione temporo-mandibolare rispettivamente di 6.3, 11.7, e 7.4 μ Sv. E' opportuno però sottolineare che trattasi di apparecchiatura non paragonabile con altre che acquisiscono tutto il volume cranico come il NewTom 9000 che ha una dose effettiva di 50.3 μ Sv. Si tratta di macchine all'apparenza simili ma con finalità diverse, il Morita 3DX può vantare una migliore risoluzione in funzione di un volume ridotto per analisi dentali di 29 mm (240 voxels) $\times$ 38 mm (320 voxels) con ciascun voxel di 0.125 mm, ma tale dimensione è chiaramente insufficiente per acquisire un volume cranico con singola scansione da cui derivarne immagini craniche latero-laterali o semplici visioni panoramiche.

Nell'aprile 2001 un'azienda italiana, la QR s.r.l. di Verona, ottenne dalla Food and Drug Administration l'autorizzazione alla commercializzazione del tomografo volumetrico chiamato **NewTom QR 9000** che con una singola scansione di 17 secondi catturava 360 immagini per un volume maxillofacciale di 13 cm di diametro⁵. La dimensione di ciascun voxel era di 0,29 mm. Per la prima volta era disponibile un apparecchio in grado di visualizzare tutte le sezioni anatomiche strato per strato, e fornire la ricostruzione tridimensionale (Fig. 8 e 9).

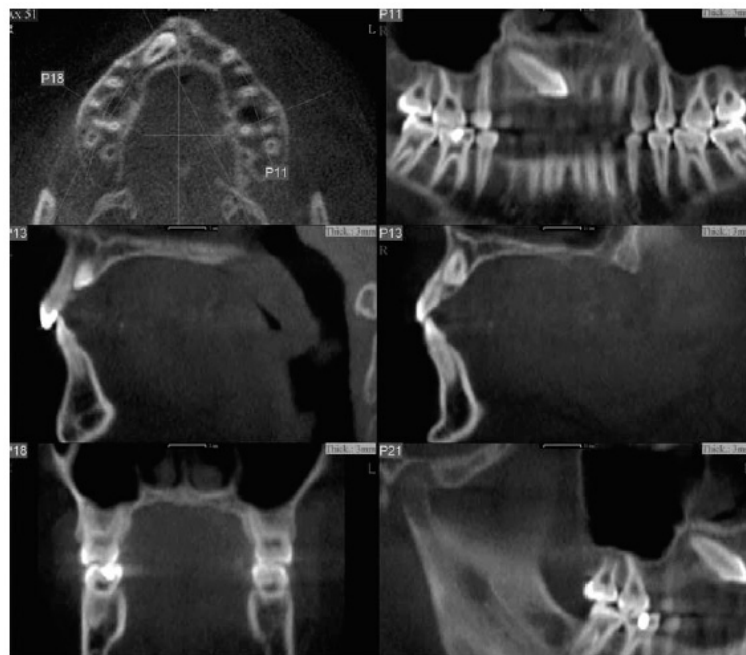


Fig. 8 Immagini acquisite con NewTom QR 9000

Con un articolo pubblicato sull' American Journal of Orthodontics intitolato: "Diagnosis goes digital"⁵ gli autori Hatcher e Aboudara, illustrarono agli ortodontisti le possibilità offerte da questa apparecchiatura ma, come alcuni lettori di tale periodico fecero notare all'editore, furono piuttosto evasivi sulle dosi effettivamente utilizzate e questo evidenziò che la dose assorbita per una scansione era dalle 3 alle 20 volte superiore rispetto ad un panoramica convenzionale e che quindi soprattutto nei bambini, notoriamente 10 volte più radiosensibili degli adulti, dovesse indurre alla prudenza per l'effetto cumulativo ed il rischio di sviluppare tumori alla parotide o meningiomi.

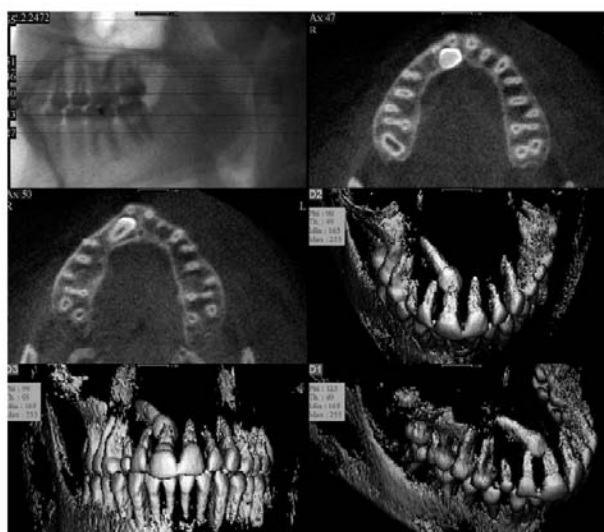


Fig. 9 Immagini acquisite con NewTom QR 9000

Prima di affrontare il tema della comparazione sulla dose effettiva introduciamo un altro tomografo volumetrico per uso maxillo-facciale chiamato **i-CAT** e prodotto dalla Imaging Sciences International. Si tratta di un tomografo volumetrico che anziché utilizzare l'intensificatore d'immagine come tutti gli altri, propone un pannello al silicio amorfo. I vantaggi di questa scelta sono principalmente da riferirsi ad una migliore qualità, secondo il costruttore, e soprattutto ad una maggior durata nel tempo ed essendo il decadimento qualitativo dell'intensificatore d'immagine piuttosto rapido (Fig. 10).

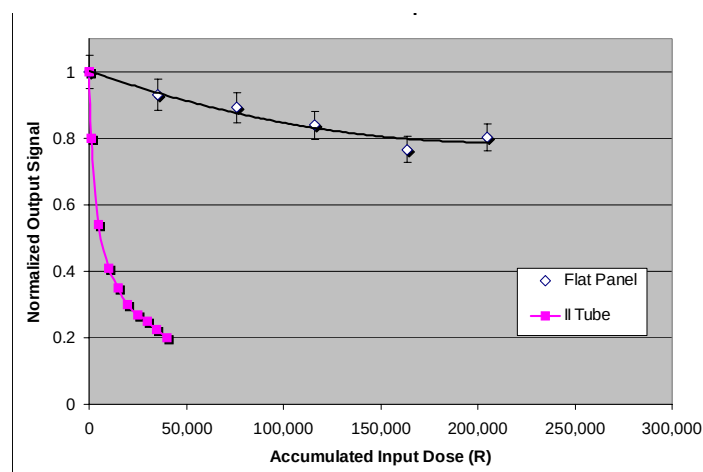


Fig. 10 Decadimento qualitativo dell'immagine

Difficile al momento dire quale delle due tecnologie in futuro possa prevalere, perché l'elemento fondamentale nel confronto non è l'aspetto economico quanto la dose effettiva che pare, al momento, significativamente maggiore nel caso del pannello al silicio amorfo.

Un vantaggio dell' i-CAT nel confronto con il NewTom è senz'altro da riferirsi al minore ingombro dell'apparecchiatura e soprattutto al posizionamento del paziente che non avviene su lettino, bensì su poltrona (Fig. 11) evitando problematiche con pazienti claustrofobici ed ottenendo una migliore compliance del paziente non ancora adulto.



Fig. 11 i-CAT, Imaging Sciences

L'ultima generazione del **NewTom QR 9000 DVT**, chiamato **3G** presenta una migliore risoluzione, un volume di scansione più ampio ed un irraggiamento più che dimezzato rispetto agli apparecchi precedenti (Fig. 12). Inoltre offrono la possibilità di modificare l'ampiezza del campo visivo (FOV = Field of View), permettendo di ottenere immagini con caratteristiche differenziate, tali da poter soddisfare le molteplici esigenze non solo del parodontologo, implantologo, ortodontista, endodontista e protesista ma anche del chirurgo maxillofaciale e dell'otorinolaringoiatra.

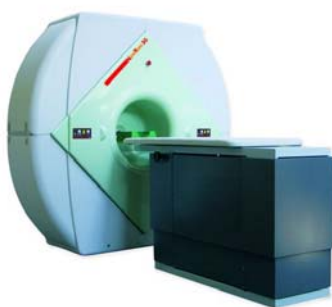


Fig. 12 NewTom QR 9000 DVT, QR srl.

Questo apparecchio utilizza sempre la tecnologia CBCT “cone beam computed tomography” e può acquisire tutto il volume dell’area maxillo-facciale. Il paziente viene posizionato sul lettino scorrevole, inserito nel “gantry” e centrato con l’ausilio di un sistema di puntamento laser. In circa 36 secondi il sistema compie una rotazione completa ed acquisisce le informazioni necessarie per la ricostruzione volumetrica dell’area interessata. I dati così ottenuti vengono definiti “raw data” ovvero dati grezzi. Su questi dati l’operatore lancia il processo di ricostruzione primaria con il quale il software ricostruirà il volume dell’area acquisita come sequenza di tagli assiali. Lo spessore dei tagli è definibile dall’utente ed al termine di tale processo otterremo i “**dati volumetrici**”, intendendo con questo termine l’insieme delle immagini assiali (Fig. 13) ottenute. Tramite questi dati è possibile visualizzare sezioni coronali (Fig. 14) e sagittali (Fig. 15) dell’area ricostruita in tempo reale.

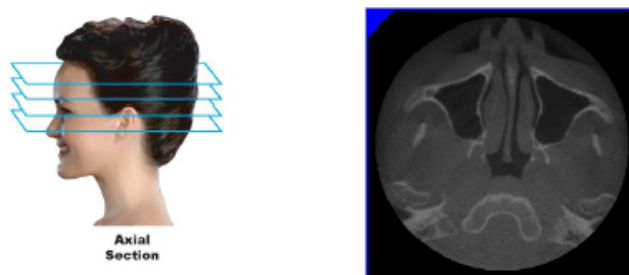


Fig. 13 Sezione assiale



Fig. 14 Sezione coronale

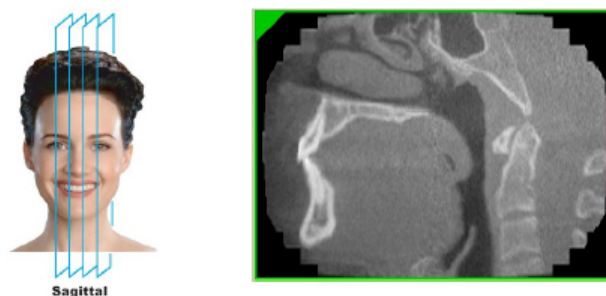


Fig. 15 Sezione sagittale

Partendo dai dati volumetrici, tramite la definizione di una Regione Di Interesse (ROI), l’operatore avvia la ricostruzione dello **studio**. Tale processo crea uno studio che include l’insieme di immagini assiali contenute all’interno della regione definita precedentemente, e due scout view.

Lavorando sui dati dello studio è possibile effettuare le ricostruzioni secondarie, che portano alla generazione di immagini panoramiche, transassiali e tridimensionali. Su ciascuna di queste immagini è possibile intervenire successivamente per tracciare distanze, angoli, inserire commenti etc. Al termine le nuove immagini verranno salvate all'interno dello studio. Le immagini dello studio possono essere utilizzate a loro volta per compilare un **referto**, che può successivamente essere stampato e/o salvato su supporto elettronico.

DOSIMETRIA

Dall'analisi della letteratura sull'argomento emerge come le apparecchiature prese in esame (Morita, i-CAT, NewTom 9000, NewTom 3G), pur nella diversità della dimensione scansionata, qualitativamente producano risultati soddisfacenti e misurazioni affidabili^{7,8,9}, tuttavia grande differenza è ad oggi riscontrabile sulle dosi effettive erogate. Questo dato è spesso difficile da trovare in letteratura perché i produttori non lo comunicano volentieri e perché l'evoluzione tecnologica porta a continue riduzioni delle dosi radiologiche erogate. Nella tabella I che segue sono riportati dei valori medi che abbiamo trovato in questa ricerca bibliografica.

Comparazione sulla dose effettiva	Dose media in μSv
TAC Convenzionale*	1200-3300
Status radiografico convenzionale**	150
i-CAT scansione di 20 secondi**	68
NewTom 9000	50
i-CAT scansione di 10 secondi**	34
New-Tom 9000 3G	20
Ortopantomografia analogica**	15
Ortopantomografia digitale**	10
Morita 3DX (TAC volumetrica solo dentale)	10
Dose di fondo giornaliera**	8
*Dr. Stuart White, Dept. of Radiology, UCLA ** Dr. Sharon Brooks, Dept. of Radiology, University of Michigan	

Tabella I

Se escludiamo la TAC convenzionale, che esula dal nostro settore, appare evidente che lo status radiografico (Fig. 17) esponga ad una radiazione spropositata rispetto al risultato diagnostico ottenuto, cosa forse poco enfatizzata dalla letteratura di settore, mentre i dosaggi delle varie TAC volumetriche appaiono più che accettabili, soprattutto nella considerazione che da un volume cranico completo è possibile estrarre l'immagine laterolaterale, l'antero-posteriore e la panoramica. Considerando la sommatoria di tale irraggiamento con tecnica analogica si passano sicuramente i 60 μSv ovvero circa tre volte l'irraggiamento ottenuto con un NewTom 3G. Se ne deriva quindi che la paura di esporre il paziente a dosaggi eccessivi, pare non supportata da evidenze scientifiche. Allo stato attuale della tecnologia per un paziente ortodontico senza particolari sospetti malformativi le indagini radiologiche che seguono il principio ALARA (as low as reasonable achievable) dovrebbero prevedere teleradiografia e panoramica digitali, ma nel caso in cui necessitino ulteriori o particolari informazioni la radiologia volumetrica di tutto il cranio effettuata con apparecchi di ultima generazione come il NewTom 3G è senz'altro la scelta più conveniente in rapporto al dosaggio.

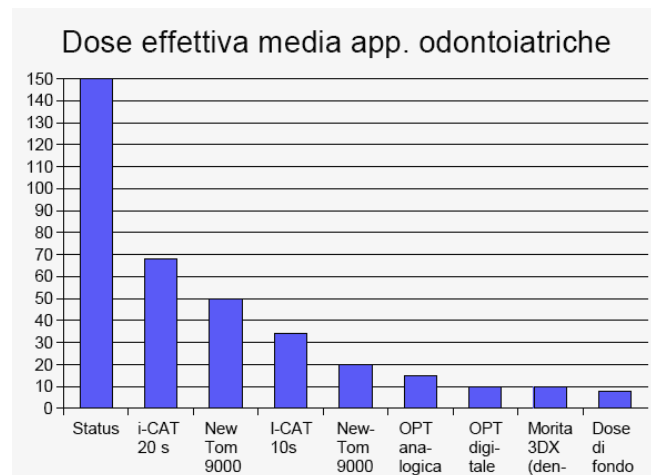


Fig. 17 Comparazione sulla dose effettiva media

LA CEFALOMETRIA TRIDIMENSIONALE

La cefalometria tridimensionale^{10,11} non è di per se una novità in ortodonzia, nasce infatti come combinazione di cefalogrammi laterale ed antero-posteriore. Ma tale approccio ha grandi limitazioni derivanti dall'accuratezza e dall'individuazione di un comune riferimento, oltre che dall'impossibilità d'utilizzo di punti non visibili su entrambe le proiezioni. Con la tomografia volumetrica possiamo disporre di una vera rappresentazione tridimensionale accurata, sulla quale individuare i punti di repere necessari. Non è necessario, ne consigliabile, abbandonare le tecniche della cefalometria bidimensionale, piuttosto saranno individuati nuovi punti di repere fino ad oggi inutilizzabili.

Altri **vantaggi** offerti dalla radiologia volumetrica in ambito diagnostico:

- 1) Valutazione dell'osso alveolare: l'osso alveolare è valutabile in tutti i suoi aspetti e non solo mesialmente e distalmente rispetto al dente. Questo consente la valutazione dello spessore disponibile per movimenti vestibolo-linguali quali espansioni d'arcata o movimenti labiali degli incisivi e la valutazione delle fenestrazioni e deiscenze sulle superfici vestibolari e linguali. Anche lo spessore delle creste alveolari per il posizionamento di impianti ortodontici o protesici può essere agevolmente ed accuratamente visualizzato.
- 2) Inclinazione e torque: Essendo possibile ogni tipo di sezione non esiste miglior sistema per la valutazione dell'inclinazione e del torque radicolare reale.
- 3) Posizione degli elementi inclusi: L'esatta posizione degli elementi dentali ed i loro rapporti con gli elementi adiacenti, o con altre strutture anatomiche, per esempio il nervo alveolare inferiore, può essere compresa affinché sia l'esposizione chirurgica che i movimenti ortodontici seguenti abbiano un rischio operatorio minore.
- 4) Riassorbimenti radicolari: Se le risoluzioni dei tomografi volumetrici, come ci auguriamo, miglioreranno ancora sarà agevole, in futuro, anche individuare segni iniziali di riassorbimento radicolare.
- 5) Relazioni dei tessuti molli: La lunghezza del labbro è oggi misurabile sulle radiografie latero-laterali, ma non lo è la larghezza della bocca. I dati tridimensionali possono riportare il posizionamento degli angoli della bocca con la sottostante dentatura, ma an-

che lo spessore delle guance e la loro prominenza possono essere valutati in relazione alle strutture dure sottostanti.

- 6) Dimensione e posizione della lingua: La loro valutazione è importante nella diagnosi degli open-bite o delle discrepanze delle arcate.
- 7) Valutazione delle vie aeree: la misurazione del volume delle vie respiratorie può testimoniare la pervietà, specialmente nei respiratori orali, oppure consentire una diagnosi sicura di ipertrofia adenoidea. Anche la morfologia nasale e dei turbinati diviene facilmente visibile.
- 8) Articolazione temporo-mandibolare: Come nel terzo caso clinico mostrato la tomografia volumetrica può essere di grande aiuto, specie se combinata con la risonanza magnetica per la valutazione muscolare e del disco articolare.
- 9) Pazienti chirurgici, sindromici o con schisi: La pianificazione chirurgica trova in questa tecnica di imaging un valido aiuto soprattutto nei pazienti asimmetrici dove le misure reali possono essere misurate senza i problemi legati all'ingrandimento e alla distorsione che ogni tecnica bidimensionale comporta.

SVANTAGGI ATTUALI DELLA RADIOLOGIA VOLUMETRICA

Risulta difficile poter definire dei reali svantaggi nel confronto con le potenzialità offerte da questa nuova tecnica di imaging, tuttavia esistono degli aspetti gestionali che attualmente frenano la diffusione di tali apparecchiature.

- 1) **Curva d'apprendimento:** Come ogni nuova tecnologia ha bisogno di essere conosciuta, ed attualmente la maggior parte dei colleghi ne ignora l'esistenza, appresa ed utilizzata. L'utilizzo passa appunto da un percorso informativo e formativo che presuppone buone conoscenze anatomiche ma anche informatiche essendo la massa delle informazioni notevole per le attuali dotazioni informatiche medie a disposizione degli ortodontisti. Si dovrà pertanto, per esempio, apprendere come da un volume di dati si estraiga un'immagine laterolaterale qualora si voglia eseguire un tracciato cefalometrico, tagliando virtualmente le strutture ossee che impediscono la visualizzazione della sella turca, come si effettuino le sezioni coronali, assiali, sagittali di determinate strutture anatomiche o ancora come si ottenga la ortopantomografia più diagnostica nel caso di specie.
- 2) **Dotazione informatica:** Ottenute le immagini più significative queste possono essere salvate nella scheda informatica del paziente ma il volume del paziente deve essere conservato per ulteriori indagini ed essendo ciascuno studio circa 500 megabyte, si comprende come una struttura media, quale un normale studio ortodontico, abbia bisogno di una memoria di massa di almeno 1 TB (terabyte = 10^6 byte) per 2.000 pazienti, solo per l'archiviazione dei volumi. Altrettanto è necessario per il back-up di questi dati, perciò è ipotizzabile, allo stato attuale, un terabyte di spazio per ogni 1000 pazienti. Si potrebbe obiettare che questi dati potrebbero essere salvati su supporti esterni quali cd o dvd tuttavia considerando l'evoluzione tecnologica di tali dispositivi è necessario tenere ben presente che non sempre ciò che è stato registrato con uno standard di scrittura in passato è oggi leggibile dai nuovi apparecchi. Pertanto la gestione dei dati richiederà sempre più conoscenze tecnico-informatiche sia per l'aspetto operativo, sia per la conservazione dei dati, sia per la normativa sui dati biometrici (sicurezza, privacy, etc.).
- 3) **Dose effettiva:** Come abbiamo visto deve essere rapportata alle necessità ed è grandemente ridotta nelle macchine di ultima generazione. Addirittura da preferirsi nel confronto con le tecniche analogiche convenzionali che richiedano almeno due radiografie,

ma superiore alla singola radiografia digitale quando questa sia sufficiente a dirimere un quesito diagnostico.

- 4) **Rapida evoluzione tecnologica:** Può sembrare strano l'inserimento tra gli svantaggi, non lo è se pensiamo all'evoluzione tecnologica di un prodotto innovativo come questo, si guardi per confronto agli scanner per documenti. Ad una prima fase caratterizzata da prezzi di acquisto e spesso gestione elevatissimi, supportata e motivata da incrementi tecnologici importanti e significativi segue una discesa dei prezzi per la concorrenza tra prodotti qualitativamente paragonabili. La diffusione e la produzione in larga serie porta ad un ulteriore abbattimento dei prezzi in quanto raggiunto il limite tecnologico del momento o superata la necessità della maggior parte dei potenziali acquirenti. Da questo ragionamento ne deriva che la svalutazione economica di un oggetto acquistato nella prima fase è molto elevata ed il prezzo da pagare per essere dotati della migliore tecnologia disponibile difficilmente potrà essere recuperato. Inoltre, tali apparecchiature, invecchiando tecnologicamente molto rapidamente non hanno praticamente un mercato dell'usato e questo crea problemi qualora si decida di aggiornare l'attrezzatura acquistata anche l'anno prima. In un ottica prettamente economica appare quindi più conveniente attendere che il progresso tecnologico si stabilizzi su di un plateau, sebbene temporaneo, per poter beneficiare di un periodo di minor svalutazione. Per contro tale ragionamento frena ed antepone logiche economiche all'aspetto più importante che dovrebbe essere la salute del paziente, in termini di minor dose irradiata e migliori possibilità diagnostiche e terapeutiche attuabili.
- 5) **Ingombro:** Gli apparecchi per radiologia volumetrica sono piuttosto grandi e necessita praticamente di un locale apposito specie se dotati di lettino scorrevole e gantry.
- 6) **Radiazione dispersa:** Prima di un installazione di qualsiasi dispositivo di tipo radiologico è necessaria una valutazione da parte dell'esperto qualificato che poi ne rilascerà le certificazioni di legge. Dai dati ottenuti ed esaminati possiamo dedurre che se un tomografo volumetrico di ultima generazione è installato in una stanza con una dimensione non inferiore a 3x3 metri con muri normali (per i quali si può assumere un fattore di attenuazione del 50% per la radiazione dispersa), fino a 1000 esami all'anno non è necessaria nessuna protezione aggiuntiva per i muri, persino nella peggiore delle ipotesi con stanze confinanti con gente non radio esposta per motivi professionali (Fig. 18 e 19).

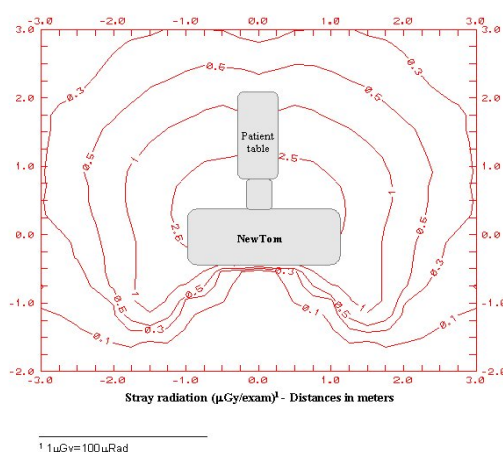


Fig. 18 Dispersione della radiazione secondaria in NewTom 3G

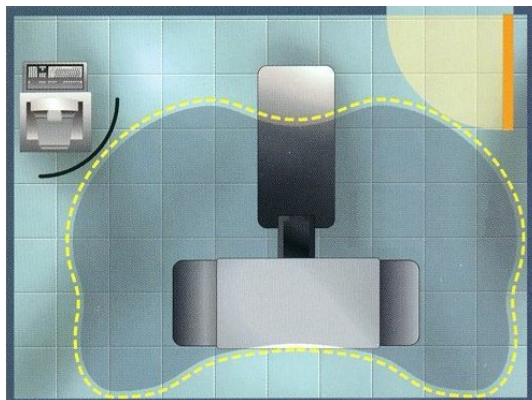


Fig. 19 Dispersione della radiazione secondaria in NewTom 3G

CONCLUSIONI

La radiologia volumetrica cranica, indipendentemente dalla visualizzazione tridimensionale (esempio in Fig. 20) che può avere utilità pratica in alcuni casi ma che in genere è principalmente d'impatto visivo, diverrà presto di comune utilizzo in tutti i settori della medicina che operano sul distretto maxillo-facciale. Servirà a chi si occupa di:

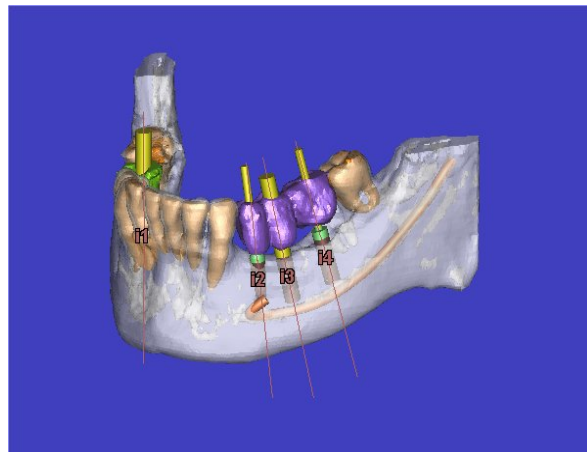
- Implantologia¹²
- Chirurgia Odontoiatrica¹³
- Chirurgia Ortognatica¹⁴
- Diagnosi disturbi ATM^{15, 16}
- Studio delle vie aeree¹⁷
- Studi della spina dorsale
- Ortodonzia^{4, 5, 7, 10, 11, 18}



Fig. 20 Esempio di visualizzazione 3D

In **implantologia** fornisce informazioni tridimensionali per la pianificazione del posizionamento degli impianti (Fig. 21 e 22) permettendo di :

- Identificare siti critici
- Determinare se sono necessari innesti o rialzi di seno mascellare
- Scegliere le migliori misure e tipologie d'impianti in funzione dell'anatomia soggettiva
- Ottimizzare collocazione ed angolazione
- Ridurre lo stress meccanico per le componenti protesiche e di connessione
- Realizzare dime chirurgiche (Fig. 22)



▪ Fig. 21 Elaborazione mediante software specifico per implantologia



Fig. 22 Dima chirurgica su simulatore anatomico 3D

In **chirurgia odontoiatrica** consente di avere:

- Visione più accurata tridimensionale degli elementi inclusi e di elementi sovranumerari (Fig. 23 e 24)
- Migliore visualizzazione dell'osso alveolare e delle strutture anatomiche adiacenti (nervi e vasi)

- Maggiori informazioni portano ad una chirurgia meno invasiva, più sicura che riduce i tempi d'intervento

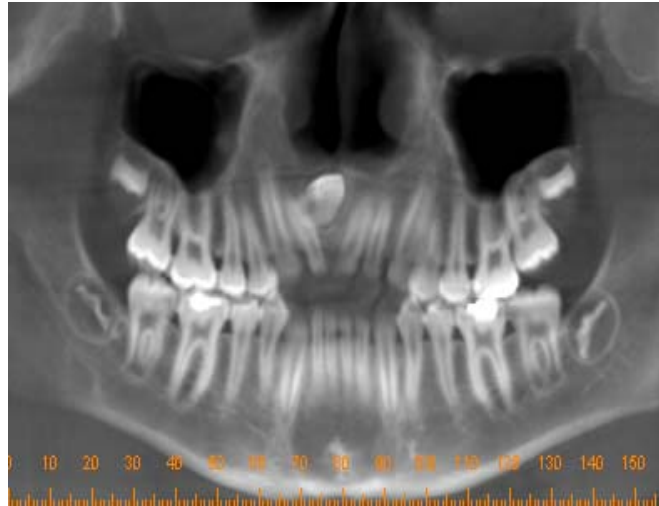


Fig. 23 Panoramica da scansione volumetrica

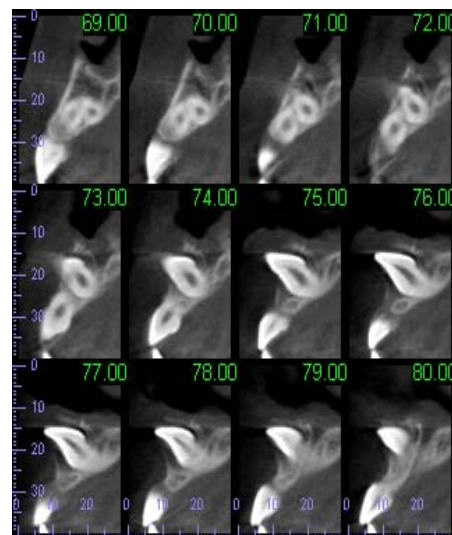


Fig. 24 Sezioni sagittali area interessata

Nella diagnosi delle **disfunzioni articolari**:

- Una perfetta visualizzazione delle strutture anatomiche per una migliore diagnosi (e-
sempio in Fig. 25)

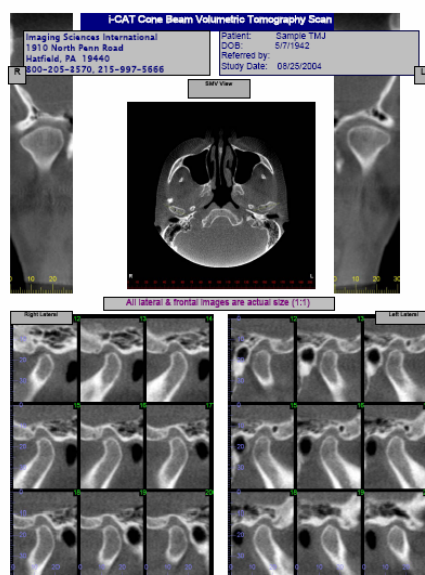


Fig. 25 Report ATM da i-CAT

Nello studio delle **vie aeree**, consente una visualizzazione degli spazi aerei e delle ostruzioni, diagnosi di sinusite, mucoceli etc. (esempio in Fig. 26).

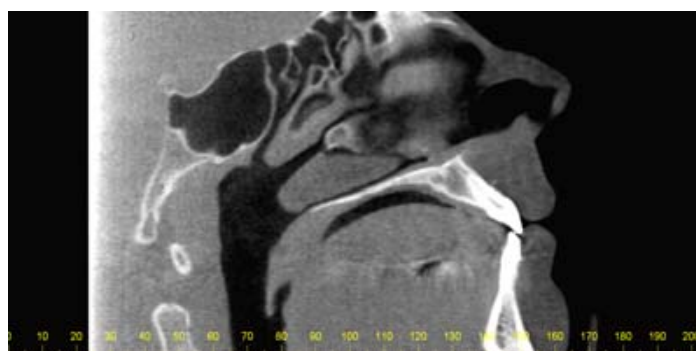


Fig. 26 Visualizzazione vie aeree

Nello studio delle **vertebre cervicali** permette studi auxologici e posturali (Fig. 27).



Fig. 27 Visualizzazione vertebre cervicali in sezione coronale

In **ortodonzia** consente:

- Prospettive multiple in diverse proiezioni (Fig. 28, 29 e 30)
- Visualizzare senza distorsioni gli esiti del trattamento
- Compiere studi tridimensionali sulla crescita (Fig. 31 e 32)
- Comprendere i limiti del trattamento
- Analisi accurata dell'osso alveolare
- Valutazione dell'inclinazione e del torque accurata
- Localizzare un dente incluso nei rapporti con le strutture anatomiche circostanti e programmare il movimento necessario e sufficiente per la disinclusione
- Per evidenziare rischi di riassorbimento radicolare (seno mascellare, spazi aerei, cisti, nervi, vasi, etc.).
- Studiare la relazione dei tessuti molli delle labbra ma anche della bocca in tutti suoi volumi, evidenziando tra l'altro i rapporti degli angoli labiali con la dentatura, oppure lo spessore delle guance
- Misurare la dimensione, la forma e la postura della lingua che può essere d'aiuto nei casi di morso aperto o nelle discrepanze d'arcata
- Analizzare la morfologia nasale e tutte le vie aeree superiori per i casi con respirazione mista o buccale, nelle ipertrofie adenoidee o nella sleep apnea
- Analizzare la forma, l'inserzione, ed il volume muscolare dei muscoli masticatori
- Analizzare l'articolazione temporomandibolare in tutte le sue componenti
- Programmare terapie chirurgico-ortodontiche.



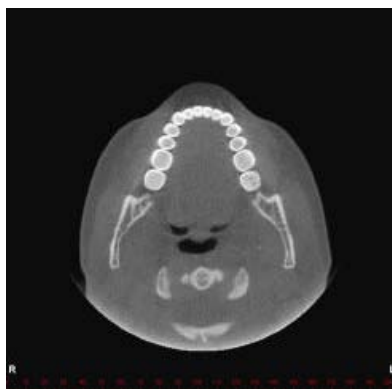


Fig. 28 Sezioni assiali ottenute con NewTom 9000 3G



Fig. 29 Sezione sagittale ottenuta con NewTom 9000 3G

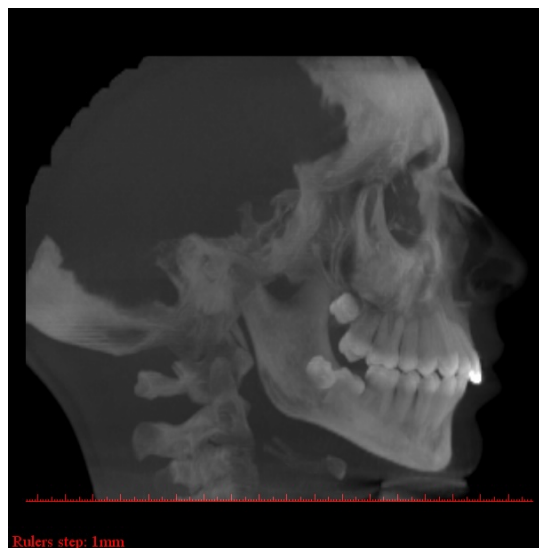


Fig. 30 Immagine volumetrica elaborata per esecuzione cefalometria 2D

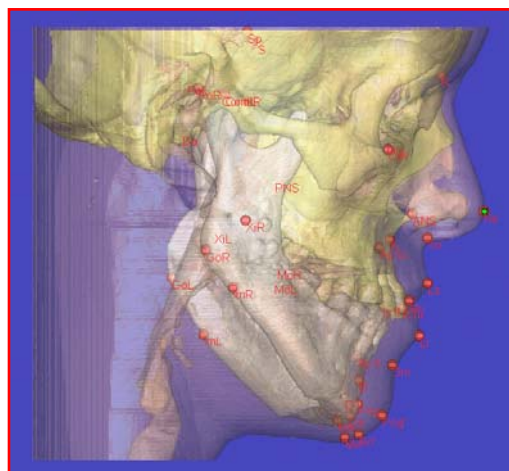


Fig. 31 Esempio di cefalometria 3D visualizzazione laterale

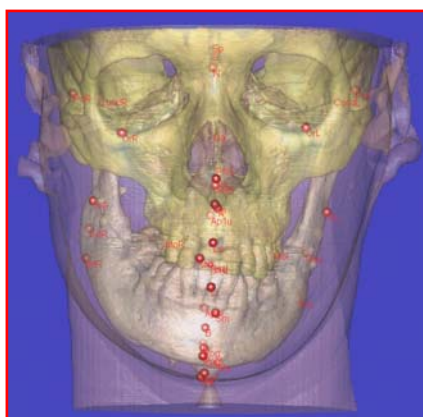


Fig. 32 Esempio di cefalometria 3D visualizzazione frontale

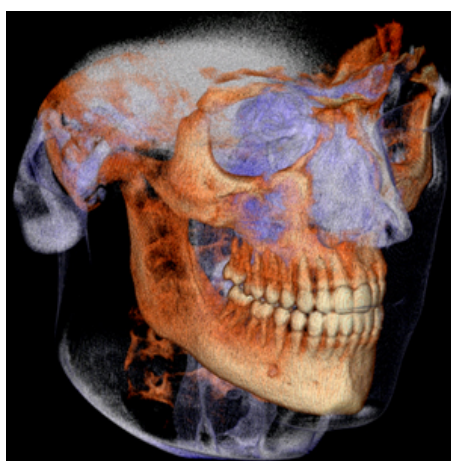


Fig. 33 Esempio di ricostruzione tridimensionale

Le ricostruzioni tridimensionali (esempio di elaborazione in Fig. 33) ottenibili non hanno solo finalità diagnostiche od esplicative, consentono già oggi di inviare ad opportuni macchinari (stampanti tridimensionali o stereolitografi) i dati mediante i quali si possano costruire oggetti reali (simulatori anatomici, dime chirurgiche, etc.).

L'acquisizione volumetrica, rispetto ad un esame radiologico convenzionale, permette di avere un'infinita quantità d'informazioni in virtù del fatto che viene acquisito il volume virtuale della parte anatomica da esaminare¹⁹. Grazie a questa possibilità, l'odontoiatra, ortodontista, l'otorinolaringoiatra il chirurgo orale, il chirurgo maxillo-facciale e ogni altro specialista che lavora in ambito cranio facciale, ha la possibilità di poter interagire in modo virtuale con le parti anatomiche interessate per poter trarre tutte le informazioni necessarie per la diagnosi e la pianificazione del trattamento. Per ottenere il massimo vantaggio da questa tecnologia, il rapporto tra laboratorio di radiologia e utilizzatore finale (medico/odontoiatra), deve essere però re-impostato.

Le moderne tecnologie informatiche consentono infatti il trasferimento agevole anche di una grande quantità di dati a basso costo, pertanto non trova giustificazione lo stampare immagini statiche per un duplice motivo: La perdita d'informazioni che la stampa comporta nel confronto con l'analisi delle immagini tramite computer sfruttando il cosiddetto "windowing" ovvero la possibilità di definire la "finestra" delle gradazioni di grigio da analizzare, in modo da potenziare quello che è un limite dell'occhio umano che non discrimina più di 256 toni di grigio. Secondariamente perché l'analisi del clinico trarrà maggior vantaggio dall'analisi di tutti i volumi in quanto non sempre il radiologo identifica la migliore immagine diagnostica nel caso di specie, inoltre l'analisi potrà avvenire anche in un secondo momento, anche con differenti finalità ed in diverse aree rispetto alla prima ricerca diagnostica. Pertanto il laboratorio radiologico fornirà l'acquisizione volumetrica della parte interessata, mentre spetterà all'utilizzatore finale di fare l'analisi del volume attraverso le varie sezioni delle aree di pertinenza alla propria specialità. In quest'analisi, potrà essere coadiuvato dalla consulenza di un radiologo dove sia necessario chiarire eventuali dubbi su anomalie che possono avere relazioni con altre specialità.

Proprio in virtù di questo diverso approccio all'uso delle immagini radiologiche, sarà in futuro necessario istruire gli specialisti alla lettura dei volumi ottenuti per trasferire le conoscenze necessarie all'uso immediato di questa tecnologia nella pratica clinica quotidiana.

Oramai in Italia la disponibilità di questi apparecchi inizia ad avere una certa capillarità e quindi risulta più facile il poter inviare i pazienti per fare l'acquisizione in centri radiologici. Tuttavia l'utilizzo di tale tecnica nella normale pratica clinica richiede una curva di apprendimento non indifferente, un'organizzazione della mole dei dati ottenuta e soprattutto una grande attività di rielaborazione dei concetti cefalometrici fino ad oggi utilizzati per poter passare dalle due alle tre dimensioni, per poterne sfruttare a pieno i vantaggi nella ricerca e nell'utilizzo clinico.

Marcel Proust scriveva: *"Il vero atto della scoperta non consiste nel trovare nuovi territori, ma nel vedere con occhi nuovi."*

Sebbene il passaggio da una cefalometria bidimensionale ad una tridimensionale possa creare iniziale disorientamento dobbiamo, con l'esperienza acquisita, ricalibrare intelligentemente tutti i nostri riferimenti per "vedere con occhi nuovi" appunto ciò che prima era nascosto dai limiti tecnici se vogliamo progredire nelle scoperte morfologiche ed anatomiche ed assicurare sempre il miglior trattamento possibile ai nostri pazienti.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Goaz PW, White SC. Radiologia Odontoiatrica. 1992 Piccin Editore
- 2) Pili P, Scateni R, Zanarini P, Zanetti G. Visualizzazione Volumetrica in Ambiente Medico. Disponibile a: http://www.crs4.it/Multimedia_Reports/Aica1.html#Table%20Of%20Contents
- 3) Hadwiger M, Kniss JM, Engel K, Rezk-Salama C. High-quality volume graphics on consumer PC hardware. Course notes 42, from SIGGRAPH 2002 Conference; San Antonio, Tex; July 21-26, 2002. Disponibile anche a: http://www.cs.utah.edu/~jmk/sigg_crs_02/courses_0067.html
- 4) Nakajima A, et al. Two- and Three-dimensional Orthodontic Imaging Using Limited Cone Beam-Computed Tomography. The Angle Orthodontist: Vol. 75, No. 6, pp. 895-903.
- 5) Hatcher D, Aboudara C. Diagnosis goes digital. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2004;125:512-515.
- 6) Lorensen WE, Cline HE. Marching cubes: a high resolution 3D surface construction algorithm. Computer Graphics 1987;21: 163-9.
- 7) Miller A, Maki K, Hatcher D. New diagnostic tools in orthodontics. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics October 2004: 395-396
- 8) Mah JK, Danforth RA, Bumann A, Hatcher D. Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003;96:508-13.
- 9) Ngan DC, Kharbada OP, Geenty JP, Darendeliler MA. Comparison of radiation levels from computed tomography and conventional dental radiographs. Aust Orthod J 2003;19:67-75.
- 10) Lagravere MO, Major PW. Proposed reference point for 3-dimensional cephalometric analysis with cone-beam computerized tomography. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2005 Nov;128(5):657-60.
- 11) Halazonetis D. From 2-dimensional cephalograms to 3-dimensional computed tomography scans. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005;127:627-7.
- 12) Aranyarachkul P, et al. Bone density assessment of dental implant sites:2. Quantitative Cone-Beam Computerized Tomography. Int J Oral Maxillofac Implants 2005;20:416-424.
- 13) Maki K, Inou N, Takanishi A, Miller AJ. Computer-assisted simulations in orthodontic diagnosis and the application of a new cone beam X-ray computed tomography. Orthod Craniofac Res. 2003;6 Suppl 1:95-101; discussion 179-182.
- 14) Yamamoto K, Ueno K, Seo K & Shinohara. Development of dento-maxillofacial cone beam X-ray computed tomography system. Orthodontics & Craniofacial Research 6 (s1), 160-162.
- 15) Honda K, et al. Evaluation of the usefulness of the limited cone-beam CT (3DX) in the assessment of the thickness of the roof of the glenoid fossa of the temporomandibular joint. Dentomaxillofac Radiology (2004) 33, 391-395.
- 16) Hilgers ML, Scarfe WC, Scheetz JP, Farman AG. Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2005 Dec;128(6):803-11.
- 17) Ogawa T, Enciso R, Memon A, Mah JK, Clark GT. Evaluation of 3D airway imaging of obstructive sleep apnea with cone-beam computed tomography. Stud Health Technol Inform. 2005;111:365-8. (abstract)
- 18) Walker L, Enciso R, Mah J. Three-dimensional localization of maxillary canines with cone-beam computed tomography. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2005 Oct;128(4):418-23.
- 19) Kak AC, Slaney M. Principles of computerized tomographic imaging. Philadelphia: Society of Industrial and Applied Mathematics; 2001. Disponibile anche a: <http://www.slaney.org/pct/>.