



Ricevuto il:

16 febbraio 2012

Accettato il:

15 giugno 2012

Disponibile online:

8 novembre 2012

Proposta di analisi cefalometrica 3D per un'analisi facciale globale in ortodonzia e implantologia

Proposal of a 3D cephalometric analysis for a total face analysis in orthodontics and implantology

G. Perrotti^{a,*}, L. De Vecchi^b, T. Testori^c, R.L. Weinstein^d

^a Responsabile Reparto di Ortodonzia, Odontoiatria Infantile e Ortodonzia Pre-chirurgica, Clinica Odontoiatrica – IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi, Università degli Studi di Milano

^b Reparto di Ortodonzia, Odontoiatria Infantile e Ortodonzia Pre-chirurgica, Clinica Odontoiatrica – IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi, Università degli Studi di Milano

^c Responsabile Reparto di Implantologia e Riabilitazione Orale, Clinica Odontoiatrica – IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi, Università degli Studi di Milano

^d Direttore Clinica Odontostomatologica Galeazzi, Università degli Studi di Milano

Parole chiave:

CBCT

Cefalometria tridimensionale

Diagnosi implantare

Diagnosi ortodontica

Implantologia

Key words:

CBCT

Three-dimensional cephalometry

Implant diagnosis

Orthodontic diagnosis

Implantology

*Autore di riferimento:

g.perrotti@libero.it

(G. Perrotti)

Riassunto

Obiettivi: L'analisi facciale globale è un approccio diagnostico che fornisce un quadro ampio e ben strutturato delle problematiche del paziente candidato a complesse riabilitazioni implanto-protesiche, a complessi trattamenti ortodontici o interventi di chirurgia maxillo-facciale. Gli obiettivi di questo articolo sono proporre alla comunità scientifica e clinica un modello di analisi cefalometrica 3D a scopo diagnostico in ortodonzia, chirurgia maxillo-facciale e implantare e illustrare le attuali potenzialità dei nuovi campi di acquisizione delle indagini 3D.

Materiali e metodi: Per sviluppare questo modello cefalometrico sono stati analizzati i rapporti scheletrici cefalometrici di 30 pazienti a cui era stata comunque richiesta una CBCT per formulare una corretta diagnosi e un successivo piano di trattamento. Non è stata richiesta l'approvazione del Comitato Etico dato che il clinico non ha fatto nulla di differente rispetto a un caso clinico di routine in cui viene richiesto un esame CBCT invece di molteplici esami 2D. L'analisi è stata effettuata con il software dedicato Materialise Simplant OMS (Leuven, Belgio).

Abstract

Objectives: The Total Face Approach is a diagnostic evaluation that gives a comprehensive vision of the patient's parameters candidate to complex treatments in implant dentistry, orthodontics or maxillo-facial surgery. Such assessment needs a cephalometric 3D evaluation whose interpretation allows to formulate a correct diagnosis and an adequate treatment plan. The aim of this paper is to introduce the scientific community with a 3D cephalometric model for diagnostic purposes in orthodontics, maxillo-facial and implant surgery and to illustrate the potential of the latest 3D technologies.

Materials and methods: To develop this cephalometric analysis, the intermaxillary skeletal relationships of 30 patients to whom a CBCT examination was prescribed for diagnostic purposes are presented. An approval of the Ethical Committee was not requested since the clinicians did not do anything different from a normal routine case in which a CBCT examination is requested instead of multiple 2D radiologic examinations. The analyses have been studied using a dedicated software (Materialise Simplant OMS, Leuven, Belgium).

Risultati: La dose radiogena somministrata e il tempo di esposizione influenzano la qualità dell'immagine. Confrontando le indagini radiografiche CBCT con le convenzionali TC-multi-slice si può rilevare come la CBCT sia l'esame di scelta per la ridotta esposizione alle radiazioni, l'accessibilità e il vantaggioso rapporto costi-benefici. L'analisi dei piani e l'analisi delle distanze fra i diversi piani forniscono utili indicazioni diagnostiche per individuare importanti alterazioni ossee e dentali.

Conclusioni: Si può quindi concludere che la proposta di analisi cefalometrica 3D può essere un utile strumento in fase diagnostica terapeutica nei casi ortodontici, di chirurgia maxillo-facciale e implantare in cui è richiesta una più approfondita valutazione di parametri scheletrici di tutto il distretto maxillo-facciale.

© 2012 Elsevier Srl. Tutti i diritti riservati.

Results: The radiation dose and the exposure time influence the quality of the examination. Comparing CBCT to conventional CT scans, CBCT could become the examination of choice to lower the radiation dose. It is easily accessible and has an advantageous cost-benefit ratio.

Conclusions: It can thus be concluded that our proposal of 3D cephalometric analysis can be defined a useful diagnostic tool. In all clinical cases of orthodontic surgery, maxillo-facial and implant surgery which request a more detailed evaluation of skeletal parameters regarding the entire maxillo-facial area.

© 2012 Elsevier Srl. All rights reserved.

CLINICAL IMPLICATIONS

In questo lavoro viene presentata una Proposta di Analisi Cefalometrica Tridimensionale, che potrebbe in un futuro prossimo sostituire le analisi 2D: si analizzano dimensioni verticali, distanze antero-posteriori e proporzioni facciali.

The paper presents a Three Dimensional Cephalometric Analysis that may substitute the 2D examinations in a near future, analyzing vertical dimensions, antero-posterior distances, and facial proportions.

Introduzione

L'analisi facciale globale

L'analisi facciale globale è un approccio diagnostico/terapeutico che prende in considerazione non solo la componente dento-alveolare, ma allarga il campo di analisi alla componente scheletrica del viso in toto. "Analisi facciale globale" significa

partire da una base diagnostica adeguata in cui i parametri analizzati comprendono l'intero blocco maxillo-facciale, ossia parametri scheletrici, arcate dentali, tessuti molli, da cui nasce un'analisi diagnostica estetica. Dall'analisi tridimensionale delle strutture facciali emerge un quadro completo dello stato del paziente, i cui dati vengono utilizzati per la progettazione di complesse riabilitazioni impianto-protesiche.

Il concetto diagnostico di partenza è simile a quello utilizzato in ortodonzia e nella chirurgia ortognatica: si parte dall'assunto che le arcate dentarie sono inserite in un contesto strutturale costituito da ossa, articolazioni, muscoli e tessuti molli e l'intervento implantare deve essere progettato in armonia con le sopra citate strutture. Se l'obiettivo finale è ripristinare una dentatura efficiente, piacevole esteticamente e mantenibile nel tempo, l'analisi facciale globale permette di finalizzare ogni caso clinico di riabilitazione implanto-protetica complessa avendo più fattori da analizzare per formulare una diagnosi più precisa. L'analisi facciale globale consente in fase preliminare di intercettare problematiche esterne al cavo orale, relative alle strutture maxillo-mandibolari, e integrarle con la progettazione implantare. Questa integrazione rende più predicibile il risultato finale dal punto di vista sia estetico sia funzionale. Il percorso che conduce verso risultati di eccellenza nella riabilitazione orale complessa è costellato di figure specialistiche che devono interagire fra di loro in fase sia diagnostica sia terapeutica.

L'approccio diagnostico preliminare raccoglie dati analitici seguendo uno schema di macroanalisi (viso), minianalisi (labbra e dentatura) e microanalisi (dentatura) [1–3]. Questi dati sono analizzati dalle figure specialistiche coinvolte al fine di formulare un progetto terapeutico efficace e individualizzato al singolo caso clinico. Nel caso delle riabilitazioni implanto-protetiche complesse e nella chirurgia ortognatica si deve tenere in considerazione che l'equilibrio funzionale ed estetico di un caso clinico non deve prescindere da una corretta funzionalità delle articolazioni temporo-mandibolari (figg. 1,2). L'analisi facciale globale inizia in prima visita con un percorso anamnestico completo, individuando le aspettative del paziente mediante la compilazione di cartelle diagnostiche specifiche per questo approccio integrato. I passaggi chiave dell'analisi facciale globale sono in sintesi:

- esame anamnestico;
- esame clinico: parametri di macro-, micro- e miniestetica;
- esame clinico dell'articolazione temporo-mandibolare;
- valutazione degli esami strumentali (montaggio in articolatore, esami radiografici bidimensionali e tridimensionali) e sue correlazioni con la clinica.

In base ai dati desunti dalla visita clinica e dalle analisi strumentali integrate viene formulata una corretta diagnosi e approntato un piano di trattamento e le sue possibili alternative terapeutiche tenendo conto delle esigenze di ogni singolo paziente.

Analisi della TC e della cone beam e indicazioni cliniche

La fase diagnostica in ortodonzia è necessaria per sviluppare un piano di trattamento accurato e completo. L'esame anamnestico e clinico resta sempre il primo step diagnostico per richiedere esami strumentali mirati. Gli esami strumentali di routine in campo ortodontico sono la radiografia ortopantomica e la telerradiografia del cranio in proiezione latero-laterale e, come approfondimento diagnostico nei casi di asimmetria scheletrica, la radiografia postero-anteriore. Queste radiografie forniscono il dettaglio bidimensionale delle strutture ossee maxillo-mandibolari e dentali. Dagli anni '90 si è cominciato a utilizzare scansioni provenienti da esami tomografici per lo studio tridimensionale delle ossa maxillo-facciali.

Gli studi di Jacobson [4] e di Swennen et al. [5] hanno fornito la base concettuale per eseguire un'analisi cefalometrica 3D che utilizzi come supporto tecnico un software dedicato.

Le immagini TC di prima generazione fornivano immagini provenienti dai piani assiale, coronale e sagittale. Negli ultimi anni le ricostruzioni volumetriche delle immagini provenienti dai tre piani dello spazio sono divenute altamente affidabili grazie all'elaborazione con software di lavoro sempre più accurati e maneggevoli per il clinico. Le nuove indagini radiografiche permettono la costruzione di modelli anatomici in 3D il cui grado di precisione e accuratezza è attualmente provato e scientificamente validato [6]. Oggigiorno utilizzate in campo medico-diagnostico, le ricostruzioni provenienti da DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) vengono adottate in campo ortodontico, implantologico e maxillo-facciale. L'obiettivo è di ottenere fasi diagnostiche accurate e di poter progettare e simulare gli interventi chirurgici in implantologia e chirurgia maxillo-facciale.

In campo ortodontico, l'aspetto tridimensionale è stato da anni richiesto in fase diagnostica nei casi di inclusione dentaria, gravi malocclusioni scheletriche ed esiti di labiopalatoschisi. Recentemente è

Fig. 1a

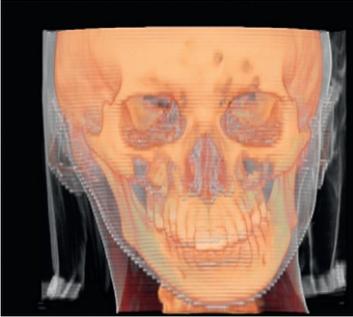


Fig. 1b

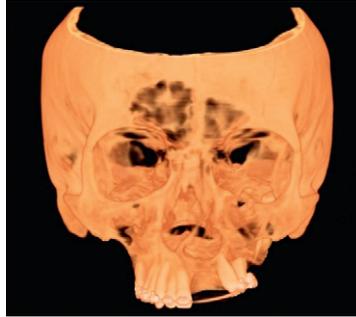


Fig. 1c

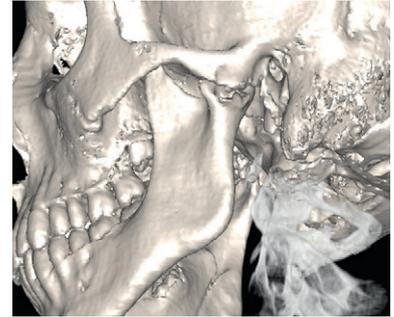


Fig. 1d

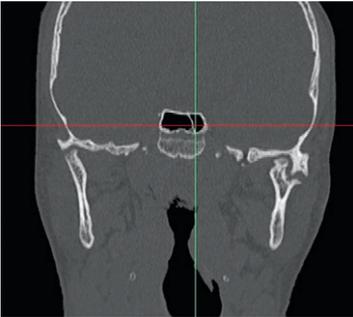


Fig. 1e

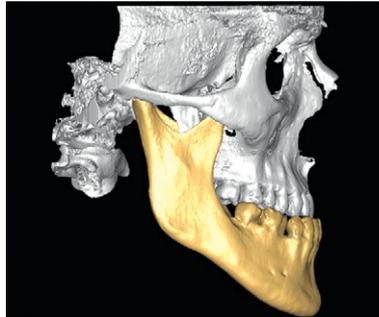


Fig. 1f



Fig. 1g



Fig. 1h

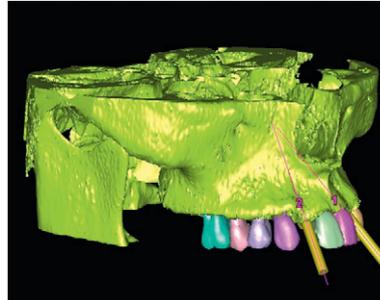


Fig. 1

(a) Ricostruzione 3D: visione frontale di paziente con microsomia emifacciale. (b) Ricostruzione 3D: visione frontale di paziente con labiopalatoschisi. (c) Ricostruzione 3D di un paziente con problematiche dell'articolazione temporo-mandibolare. (d) Sezione coronale passante per i condili mandibolari dello stesso caso di paziente con problematiche dell'articolazione temporo-mandibolare. (e) Ricostruzione 3D di un paziente con malocclusione di terza classe scheletrica. (f) Ricostruzione 3D di un paziente con malocclusione di seconda classe scheletrica. (g) Ricostruzione 3D con progettazione implanto-protesica in un caso di agenesia degli incisivi laterali superiori. (h) Sezione trasversale a livello del mascellare superiore che mostra elemento dentario 13 incluso.

Fig. 2

(a) Ricostruzione 3D: paziente con mascellare atrofico. (b) Ricostruzione 3D con chirurgia implantare guidata. (c) Mascherina per la chirurgia guidata. (d) Caso clinico ultimato.

Fig. 2a

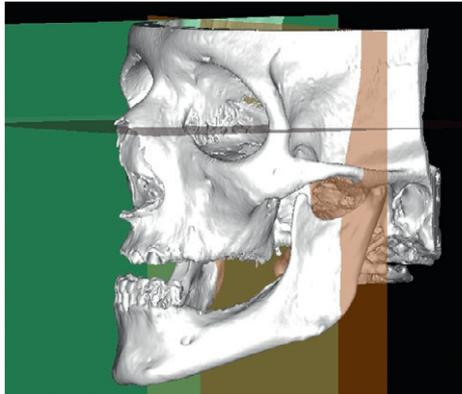


Fig. 2b

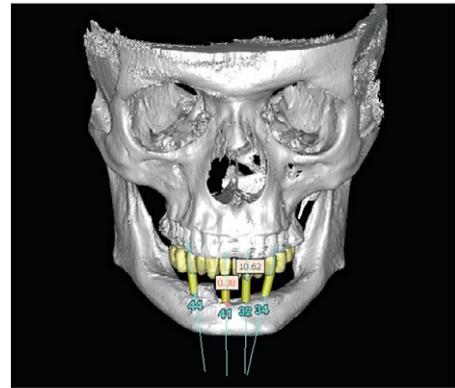


Fig. 2c



Fig. 2d



aumentata la richiesta di esami con beam TC (CBCT) per effetto della minor dose radiogena rispetto alla TC tradizionale del cranio. Le indicazioni alla richiesta di esame CBCT del distretto maxillo-facciale totale o parziale sono esposte nella *tabella 1*.

In letteratura, la maggior parte degli studi si occupa dell'attendibilità e dell'accuratezza tra la posizione dei landmark cefalometrici delle acquisizioni 2D rispetto ai modelli 3D [7]. La cefalometria 2D che sfrutta immagini latero-laterali unite a immagini

TABELLA 1 – INDICAZIONI ALLA RICHIESTA DI CBCT IN CAMPO ODONTOSTOMATOLOGICO E MAXILLO-FACCIALE

*ORTODONZIA	<ul style="list-style-type: none"> • microsomie facciali (<i>fig. 1a</i>) • labiopalatoschisi (<i>fig. 1b</i>)
*CHIRURGIA MAXILLO-FACCIALE	<ul style="list-style-type: none"> • patologie dell'articolazione temporo-mandibolare (<i>figg. 1c-d</i>) • seconde e terze classi scheletriche (<i>figg. 1e-f</i>)
*CHIRURGIA ORALE	<ul style="list-style-type: none"> • asimmetrie scheletriche (<i>fig. 1a</i>) • agenesie multiple (<i>fig. 1g</i>) • inclusioni dentarie (<i>fig. 1h</i>)
IMPLANTO-PROTESI	<ul style="list-style-type: none"> • atrofie totali o settoriali dei mascellari (<i>fig. 2a</i>) • chirurgia del seno mascellare • chirurgia implantare guidata (<i>fig. 2b</i>) • seconde e terze classi scheletriche • asimmetrie scheletriche • agenesie multiple (<i>fig. 1g</i>)

postero-anteriori cerca di fornire un'analisi tridimensionale della struttura cranica; tuttavia, questa integrazione non è semplice soprattutto in casi di asimmetria scheletrica. Lo studio cefalometrico 3D è più complesso, ma fornisce informazioni attendibili in termini di morfologia, posizione e orientamento delle strutture anatomiche partendo da riferimenti planari e puntiformi specifici. Lo studio cefalometrico 3D proposto da Jacobson [4] è basato sull'analisi di piani cranici e di punti anatomici; in base a questo modello di analisi, vengono definiti le distanze lineari, gli indici facciali scheletrici e la dimensione verticale scheletrica anteriore. La valutazione della posizione antero-posteriore del naso, del filtro, delle labbra e del mento viene analizzata rispetto al piano facciale anteriore. Il volto può essere analizzato per tipologia facciale e proporzioni: l'indice facciale è il rapporto tra altezza facciale (N-Gn) e larghezza facciale (Zy-Zy). Tutte le misurazioni per i tessuti duri vengono effettuate relativamente al piano facciale anteriore. L'analisi cefalometrica scheletrica 3D viene divisa in valori lineari, angolari e misurazioni volumetriche [4]. Inoltre, Jacobson analizza la posizione dei denti, l'angolo interincisivo, i valori di tip e torque degli incisivi e la posizione 3D di tutti gli elementi dentari. Un nuovo modello cefalometrico sviluppato dallo University of Texas Health Science Center di Houston [8] propone un approccio di tipo geometrico rivolto all'analisi della morfologia e della posizione e orientamento delle differenti componenti maxillo-facciali e propone un nuovo metodo di misura della simmetria di queste ossa. Un altro modello di cefalometria 3D è quello proposto dalla Scuola di Milano [9], in cui

vengono considerati 10 punti cefalometrici; in questo studio sono state valutate le misure cefalometriche lineari e angolari di 10 pazienti analizzate confrontando metodiche convenzionali 2D e quelle 3D.

Lo scopo del presente lavoro è proporre un modello cefalometrico di analisi tridimensionale del cranio attraverso l'utilizzo di un software diagnostico.

Proposta di una nuova analisi cefalometrica 3D

L'obiettivo di un'analisi cefalometrica 3D deve essere fornire informazioni attendibili e confrontabili in termini di misure, forma, posizione e orientamento delle strutture craniche. L'obiettivo di un'analisi cefalometrica 3D deve essere quello di mantenere gli aspetti positivi dell'analisi 2D convenzionale liberandosi degli aspetti negativi che la contraddistinguono. Un'analisi cefalometrica 2D come aspetto positivo fornisce la possibilità di misurare valori, lineari e angolari; tuttavia, è operatore-dipendente nell'acquisizione di corretti landmark scheletrici. L'analisi 3D fornisce informazioni di tipo volumetrico e allo stato attuale delle conoscenze analizza piani ben definiti passanti per specifici punti cefalometrici che possono essere confrontati fra di loro. Le misure lineari ottenute dall'analisi cefalometrica 3D sono considerate attendibili in base a uno studio comparativo fra misure lineari ottenute su crani secchi e medesime misure tratte da ricostruzioni virtuali 3D [7].

La discrepanza esistente fra misure lineari su crani secchi e misure rilevate da ricostruzioni lineari oscilla fra 0,2-0,5 micron e non esistono differenze sostanziali fra immagini ottenute da voxel di 0,25 e/o 0,40. Le misurazioni antero-posteriori e verticali sono ottenute misurando la distanza fra i piani cefalometrici passanti per punti assiali, coronali e sagittali delle immagini 2D e valutabili anche sulla ricostruzione volumetrica 3D.

La simmetria fra lati opposti del cranio è stata valutata analizzando e comparando le misure lineari passanti fra punti cefalometrici specifici.

Lo studio cefalometrico da noi proposto si basa sull'identificazione di *piani di riferimento* (fig. 3):

- piano sagittale;
- piano coronale;
- piano assiale.

Questi piani sono dipendenti dalla posizione naturale del capo (NHP) del paziente e sulla base di questi

Fig. 3

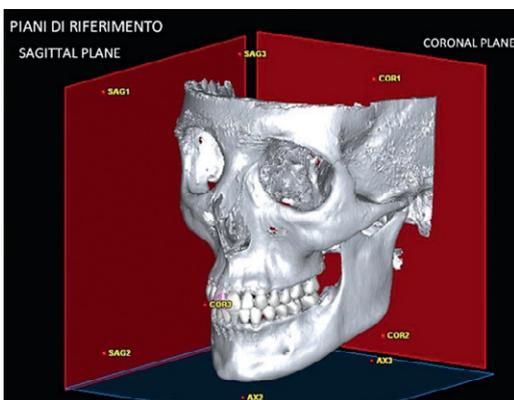


Fig. 3

Piani di riferimento: piano sagittale, piano assiale e piano coronale.

Fig. 4

Piani di costruzione:
 piano sagittale mediano,
 piano facciale superiore,
 piano bimascellare, piano
 bigoniaco.

piani si costruisce il modello volumetrico 3D acquisibile mediante il software dedicato. È stata inoltre costruita una serie di piani sulla base di landmark craniali che non sono dipendenti dalla posizione del capo. Sono piani di riferimento interni costruiti attraverso punti cefalometrici seguendo la regola geometrica della costruzione dei piani:

- piano passante per 3 punti;
- piano passante per 2 punti e normale a un piano di riferimento;
- piano passante per 1 punto e parallelo a un piano.

I piani di costruzione (fig. 4) sono:

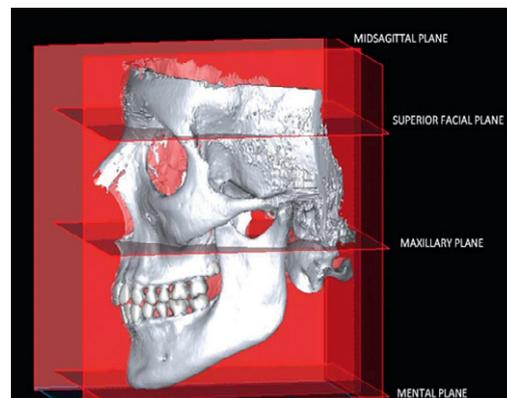
- piano sagittale mediano;
- anterior facial plane (AFP) o piano facciale anteriore: piano passante per il punto SNA, parallelo al piano coronale; importante per valutare la posizione antero-posteriore della maxilla e della mandibola rispetto alla base del cranio;
- superior facial plane (SFP) o piano facciale superiore: piano passante per il punto N parallelo al piano assiale;
- piano bimascellare: piano passante per i punti JR e JL e parallelo al piano coronale;
- piano bigoniaco: piano passante per i punti gonniaco destro e sinistro e perpendicolare al piano coronale;
- piano mentale: piano passante per il punto Me (Menton) e perpendicolare al piano coronale;
- piano basale: piano passante per il punto S (centro della sella turcica) e il punto N (punto esterno dell'osso nasale) e perpendicolare al piano sagittale.

Materiali e metodi

Lo studio cefalometrico 3D è stato eseguito avvalendosi di un sistema computerizzato che utilizza un software commercializzato dalla Materialise Simplant OMS, Belgio. Sono state acquisite immagini provenienti da scansioni effettuate su un campione di 30 pazienti. In cinque pazienti è stato eseguito un esame TC e in 25 un esame CBCT. È stata condotta una comparazione fra dati provenienti da esami CBCT ed esame TC-multislice.

Le linee guida per eseguire una buona CBCT, fruibile dal punto di vista ortodontico cefalometrico, prevedono

Fig. 4

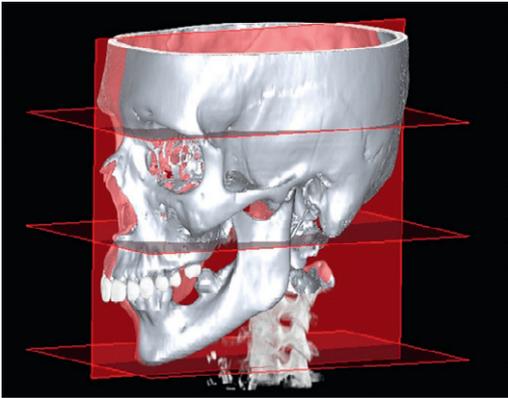


che il paziente sia seduto comodamente, con il capo normoestesoso, invitando il paziente a guardare l'orizzonte, i denti leggermente a contatto, labbra a riposo, i condili mandibolari alloggiati nella fossa glenoidea in posizione di relazione centrica [4]. Questo aspetto è particolarmente importante nei soggetti che presentano importanti discrepanze fra massima intercuspide (MI od occlusione abituale [CO]) e relazione centrica condilare, nei soggetti portatori di gravi malocclusioni scheletriche di 2^a e 3^a classe e nei soggetti asimmetrici, negli edentuli in cui si può verificare un'importante modificazione della postura mandibolare in seguito alla perdita degli elementi dentari (pseudo-prognatismo). Il protocollo per l'acquisizione dell'esame CBCT nei pazienti edentuli o parzialmente edentuli richiede la costruzione di una cera idonea a mantenere nel paziente la condizione di relazione centrica e la corretta dimensione verticale maxillo-mandibolare.

Esistono numerose problematiche inerenti alla rilevazione 3D dei tessuti dentari, in quanto la sovrapposizione delle arcate dentarie può risultare difficile e laboriosa. A questo proposito si consiglia di interporre un sottile layer di cera fra le cuspidi che possa procurare una disclusione minima, che non interferisca con la relazione intracapsulare dei condili e con la misurazione della verticalità scheletrica.

In alternativa, si può utilizzare una scansione ottica dei modelli delle arcate dentarie che secondariamente vengono inserite all'interno della ricostruzione volumetrica del cranio. Questa procedura impedisce però la segmentazione individuale di ogni elemento dentario, fattore che invece risulta utile

Fig. 5



nella fase di set-up diagnostico sia ortodontico sia implantologico.

Le immagini 2D sono state elaborate per ottenere l'immagine volumetrica 3D e tramite il processo di segmentazione sono stati separati i dettagli delle componenti scheletriche del massiccio facciale, comprese le arcate dentarie. È stato preparato anche il dettaglio dei tessuti molli e il photomapping relativo alla ricostruzione dei tessuti molli. L'analisi cefalometrica è stata eseguita tramite lo studio di piani selezionati passanti per punti ossei rilevati a livello cefalometrico e messi a confronto tramite misure lineari e angolari. Sono stati analizzati rapporti verticali e sagittali delle ossa del massiccio facciale rispetto ai piani assiale, sagittale e coronale. Sono stati creati piani specifici passanti per punti cefalometrici ortogonali o paralleli ai piani di riferimento assiale, coronale e sagittale. Tali piani sono stati messi a confronto con misure sia lineari sia angolari.

La costruzione dei piani passanti per landmark specifici della mascella e della mandibola è stata eseguita seguendo uno schema relativo a uno studio antropometrico eseguito da Jacobson [4], il quale aveva ripartito per piani superiori, mediani e inferiori il cranio in visione digitale 3D ricavandone misure lineari valide ai fini di una classificazione di proporzione delle classi scheletriche e delle asimmetrie maxillo-mandibolari.

Le immagini provenienti dalla scansione CBCT forniscono buoni dettagli della morfologia dentale. La disposizione spaziale degli elementi può essere riferita ai tre piani dello spazio x, y, z ed è possibile

inquadrare spazialmente le radici e le corone dentarie e il rapporto con le basi scheletriche. Il piano occlusale, messo a confronto con i piani passanti per punti cefalometrici, è un ottimo indicatore della presenza di asimmetrie dento-alveolari e/o scheletriche. L'analisi cefalometrica 3D ha analizzato inoltre il parametro delle dimensioni verticali (2.2, 2.3).

Dimensioni verticali (fig. 5)

Si è proceduto alla suddivisione del cranio con tre piani:

- piano facciale superiore (SFP) passante per N (Nasion);
- piano della spina nasale anteriore (piano SNA);
- piano mentale (piano Me).

Sono state calcolate le misure lineari:

- N-Sna: distanza dal punto Nasion (N) alla spina nasale anteriore (Sna)
- Sna-Me: distanza dal punto spina nasale anteriore (Sna) al punto Menton (Me)
- N-Me: distanza dal punto Nasion (N) al punto Menton (Me). I valori di riferimento sono nell'uomo 116 ± 6 mm e nella donna 106 ± 6 mm

I valori norma sono quelli medi riportati in letteratura secondo dati antropometrici. Il rapporto tra la distanza N-Sna e Sna-Me è mediamente di 1:1. Valori maggiori di Sna-Me rispetto a N-Sna indicano la presenza di long-face (dolico facciale), ossia il terzo inferiore risulta più lungo rispetto al terzo medio del viso. Al contrario, valori inferiori di Sna-Me rispetto a N-Sna indicano presenza di short-face (brachio facciale), ossia il terzo inferiore del viso risulta più corto rispetto al terzo medio. I soggetti long-face possono essere associati a morso aperto anteriore o a normocclusione; i soggetti short-face possono presentare morso coperto o normocclusione.

Distanze antero-posteriori della mascella e della mandibola (fig. 6; tabella II)

Si è proceduto alla costruzione di un piano di riferimento denominato *anterior vertical plane* passante per N e il punto subnasale. Si è calcolata la distanza lineare tra il punto A e l'anterior vertical plane per la valutazione spaziale sagittale antero-posteriore della mascella. Si considera valore norma una distanza di

Fig. 5

Analisi cefalometrica 3D: dimensioni verticali.

Fig. 6
Analisi cefalometrica 3D: distanze antero-posteriori.

0 ± 3 mm: valori superiori a 3 mm indicano una prognazia mascellare; valori inferiori a 3 mm indicano retrognazia mascellare.

Si è calcolata la distanza tra il punto pogonion duro e l'anterior vertical plane per la valutazione sagittale antero-posteriore della mandibola. Si considera valore norma una distanza di 0 ± 3 mm: valori superiori a 3 mm indicano una prognazia mandibolare; valori inferiori a -3 mm indicano retrognazia mandibolare. Con questo tracciato si possono individuare le proiezioni di 1^a, 2^a e 3^a classe scheletrica.

Fig. 6

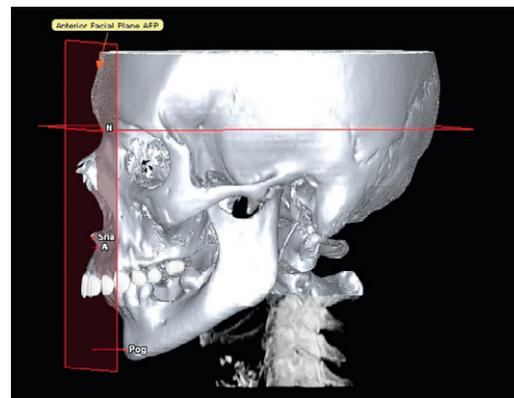


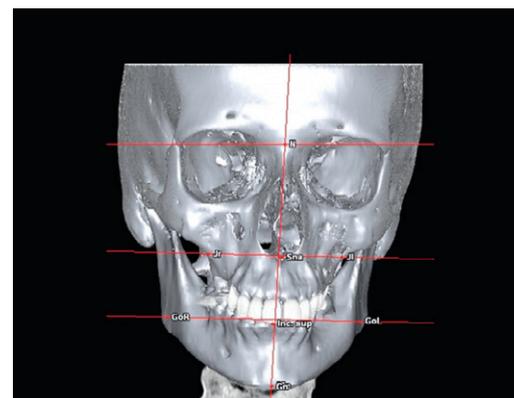
Fig. 7
Analisi cefalometrica 3D: proporzioni facciali.

Per la valutazione delle proporzioni facciali e degli indici di simmetria scheletrica si è elaborato il seguente sistema di piani:

- piano passante per il punto all'apice dell'angolo solido sul bordo posteriore del processo zigomatico dell'osso zigomatico di destra e di sinistra (JR e JL) e perpendicolare al piano coronale;
- piano oclusale: piano passante per i punti molari destri e sinistri e per un punto incisale superiore;
- piano passante per il punto goniaco destro e punto goniaco sinistro (GoR e GoL).

Vengono confrontate le altezze verticali destra e sinistra rispetto a piani passanti per punti definiti valutando casi e indici di simmetria fra i lati destro e sinistro. Si è preso come indice di asimmetria un valore che superasse 4 mm di discrepanza fra un lato e il suo controlaterale.

Fig. 7



Risultati

La qualità delle acquisizioni dipende dalla qualità dell'immagine acquisita ed è direttamente proporzio-

nale alla quantità di dose radiogena somministrata e al tempo di esposizione. Mettendo a confronto le indagini radiografiche CBCT con le convenzionali TC-multislice dei due tipi di esame tridimensionale, si può rilevare come la CBCT sia l'esame di scelta per la ridotta esposizione alle radiazioni, l'accessibilità e il vantaggioso rapporto costi-benefici.

È stato rilevato che incrementare la risoluzione dei voxel da 0,40 a 0,25 millimetri al fine di una

TABELLA II – DISTANZE ANTERO-POSTERIORI DELLA MASCELLA E DELLA MANDIBOLA

Distanza punto A-AFP	Valore norma	0 ± 3 mm
	Prognazia mascellare	>3 mm
	Retrognazia mascellare	<3 mm
Distanza punto Po-AVP	Valore norma	0 ± 3 mm
	Prognazia mandibolare	>3 mm
	Retrognazia mandibolare	<3 mm

ricostruzione 3D più dettagliata non modifica di fatto la misura lineare. Misurazioni ottenute da ricostruzioni CBCT hanno dimostrato valori di accuratezza entro un range di 0,1 a 0,2 mm, comparabili con quelli TC.

La *qualità delle immagini* dipende anche dall'algoritmo che trasforma le immagini 2D in ricostruzioni volumetriche 3D.

L'*analisi dei piani* e l'*analisi delle distanze fra i diversi piani* forniscono utili indicazioni diagnostiche per individuare:

- asimmetrie scheletriche;
- proporzioni facciali dei terzi medio e inferiore del volto;
- posizione sagittale e verticale del mascellare e della mandibola nello spazio;
- forma e posizione degli elementi dentari.

Sono in corso aggiuntive valutazioni statistiche per fornire ulteriori dati che possono trasformare la presente proposta in un modello cefalometrico.

Discussione

Il nostro obiettivo è stato quello di individuare una metodica che fosse in grado di fornire informazioni di tipo cefalometrico per la diagnostica ortodontica e pre-implantare dei casi complessi. In questi casi, la richiesta di ricostruzione 3D di tutto il massiccio facciale è giustificata dalla complessità della riabilitazione orale, che spesso coinvolge aspetti ortognatici, aspetti di ricostruzione ossea, implantologia full arch e riabilitazione protesica che si deve inserire in un complesso di alterazioni scheletriche ed estetiche, oltre che funzionali, di grande respiro.

Il metodo di analisi cefalometrico usato nel presente studio è apparso attendibile, come dimostrato in altri recenti studi. Le informazioni rilevabili comparando le misure lineari calcolate su piani passanti per punti cefalometrici 2D, e non direttamente sulla ricostruzione volumetrica tridimensionale, si sono dimostrate attendibili. La tracciatura dei landmark viene infatti eseguita sulle proiezioni assiale, coronale e sagittale e non sulla ricostruzione tridimensionale per evitare perdita di accuratezza e quindi errori nell'identificazione del singolo punto cefalometrico [10].

Alcuni autori [11–15] che hanno confrontato le informazioni derivanti da un'indagine CBCT e TC-multislice sono giunti ai nostri medesimi risultati, concludendo che la qualità delle immagini dipende dalla dose radiogena e dal tempo di esposizione e che il rapporto costi-benefici pende a netto favore dell'esame CBCT.

Conclusioni

Il modello di analisi cefalometrica da noi proposto può essere indicato in pazienti adulti candidati a complesse riabilitazioni orali di tipo ortognatico-ortodontico e/o implanto-protesico.

L'analisi cefalometrica 3D si presenta come un modello geometrico basato su misure lineari e concetti di proporzionalità e individua i più importanti parametri scheletrici utili per formulare una corretta diagnosi. Le misurazioni forniscono inoltre informazioni sulla disposizione antero-posteriore della zona del massiccio facciale. In aggiunta, le misure lineari sono utilizzabili in senso comparativo e indicano la presenza di simmetria o asimmetria delle ossa mascellari. Sono indicativi di asimmetria valori che superino i 4 mm di discrepanza tra un lato e il lato controlaterale.

Conflitto di interessi

Gli autori dichiarano di non aver nessun conflitto di interessi.

Finanziamento allo studio

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

Bibliografia

1. Sarver DM, Ackerman MB. Dynamic smile visualization and quantification: Part II. Smile and treatment strategies. *Am J Orthop Dentofacial Orthop* 2003;126:116-27.
2. Arnett GW, Gunson MJ. Facial planning and oral surgeons. *Am J Orthop Dentofacial Orthop* 2004;126:290-5.

3. Sarver DM. Principles of cosmetic dentistry in orthodontics: Part I. Shape and proportionally of anterior teeth. *Am J Orthop Dentofacial Orthop* 2004;126:749-53.
4. Jacobson RL. Three dimensional cephalometry. In: Jacobson A, Jacobson RL, editors. *Radiographic Cephalometry: From Basic to 3D Imaging*. Hanover Park IL: Quintessence Publishing; 2006. p. 249-66.
5. Swennen GR, Mollemans W, Schutyser F. Three-dimensional treatment planning of orthognatic surgery in the era of virtual imaging. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:2080-92.
6. Moshiri M, Scarfe WC, Hilgers ML, Scheets JP, Silveira AM, Farman AG. Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone beam computer tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:550-60.
7. van Vlijmen OJ, Maal T, Berge SJ, Bronkhorst EM, Katsaros C, Kuijpers-Jagtman AM. A comparison between 2D and 3D cephalometry on CBCT scans of human skulls. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010;39:156-60.
8. Gateno J, Xia JJ, Teichgraeber JF. New three dimensional cephalometric analysis for orthognatic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69:606-22.
9. Farronato G, Garagiola U, Dominici A, Periti G, de Nardi S, Carletti V, et al. "Ten-point" 3D cephalometric analysis using low-dosage cone beam computed tomography. *Prog Orthod* 2010;11:2-12.
10. Gribel BF, Gribel MN, Franzão DC, McNamara Jr JA, Manzi FR. Accuracy and reliability of craniometric measurements on lateral cephalometry and 3D measurements on CBCT scans. *Angle Orthod* 2011;81:26-35.
11. Swennen GR, Schutyser F. Three-dimensional cephalometry: spiral multi-slice vs cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:410-6.
12. Cattaneo PM, Bloch CB, Calmar D, Hjortshøj M, Melsen B. Comparison between conventional and cone-beam computed tomography-generated cephalograms. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:798-802.
13. Damstra J, Fourie Z, Huddleston Slater JJ, Ren Y. Accuracy of linear measurements from cone-beam computed tomography-derived surface models of different voxel sizes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:16.e1-6.
14. Grauer D, Cevidanes LS, Proffit WR. Working with DICOM craniofacial images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:460-70.
15. Kapila S, Conley RS, Harrell Jr WE. The current status of cone beam computed tomography imaging in orthodontics. *Dentomaxillofac Radiol* 2011;40:24-34.