

# CBCT in Ortodonzia

**Autori** G. Farronato, F. Bellincioni, M. Moffa, C. Maspero, S. Salvadori, P. Pereira & L. Esposito, Italia



Fig. 1

Fig. 1\_i-CAT Classic cone beam 3D dental imaging system.

## \_Cefalometria 3D

La diagnosi ortodontica ha come obiettivo l'identificazione delle alterazioni scheletriche e funzionali del complesso maxillo facciale. La diagnosi e la pianificazione del trattamento si basano sull'analisi combinata dei modelli delle arcate dentarie del paziente, delle immagini intra ed extra orali e della serie di radiografie tradizionali rappresentate da ortopantomografia e teleradiografie del cranio nelle varie proiezioni. L'analisi cefalometrica (AC) gioca un ruolo fondamentale nella diagnosi e nella pianificazione del trattamento ortodontico. La AC viene tradizionalmente eseguita su teleradiografie eseguite nelle tre proiezioni dello spazio: latero-laterale, postero-anteriore e assiale del cranio. Questo tipo di immagini presenta tuttavia una grande limitazione legata alla rappresentazione bidimensionale di strutture tridimensionali. Le dismorfosi dento facciali si sviluppano tridimensionalmente e ogni alterazione su ciascun piano inevitabilmente si ripercuote anche sugli altri due; analizzare le tre dimensioni separatamente è insufficiente per poter eseguire una diagnosi corretta.

**Tabella 1** Dose radiante efficace (background radiation 8  $\mu$ Sv/day).

Method	Scan parameters in kV	Dose in $\mu$ Sv
Cephalometric analysis	69/15mA/14.1 s	50
Latero-lateral teleradiography	80	30
Postero-anterior teleradiography	80	40
Multi-slice CT	120/400 mA/0.5 s	2370
CBCT	120/5 mA/20 s	110
CBCT	120/5 mA/10 s	60

Le limitazioni principali della cefalometria tradizionale sono:

- la distorsione delle immagini in quanto si tratta di immagini proiettive;
- gli errori nel metodo di misurazione dovuti all'operatore;
- gli errori nell'identificazione dei punti cefalometrici dovuti alle sovrapposizioni tra strutture omologhe;
- l'incapacità di visualizzare e analizzare il complesso cranio facciale nelle tre dimensioni contemporaneamente<sup>1</sup>.

La recente introduzione della CBCT e la diffusione di numerosi software hanno reso possibile la diffusione e l'applicazione di questa nuova tecnologia in diversi campi dell'odontoiatria inclusa l'ortodonzia (Fig. 1)<sup>2</sup>. Grazie all'uso della CBCT la morfologia tridimensionale delle strutture scheletriche craniali può essere analizzata correttamente. La dose radiogena cui sono sottoposti i pazienti con la CBCT è simile a quella che subiscono eseguendo tutta la serie di radiografie tradizionali ma è 20 volte inferiore a quella di una TC classica multi slice (Tabella 1)<sup>3</sup>.

Presso il Dipartimento di Ortodonzia dell'università degli Studi di Milano, è stata sviluppata un'analisi cefalometrica tridimensionale eseguita su CBCT. Tale AC è caratterizzata dalla semplicità di realizzazione e dalla ripetibilità, fattori che concorrono a ridurre notevolmente gli errori dipendenti dall'operatore caratteristici della cefalometria tradizionale<sup>4</sup>.

La cefalometria tridimensionale si basa sull'identificazione di 18 punti cefalometrici (10 sagittali mediani e 8 laterali omologhi), punti rigorosamente anatomici che vengono identificati e

posizionati in una sezione TC, successivamente verificati nelle sezioni delle due rimanenti proiezioni e infine vengono visualizzati e controllati su un rendering volumetrico generato dal programma SimPlant OMS (Materialise).

I 18 punti di cui è costituita la cefalometria tridimensionale generano 36 misurazioni, lineari e angolari, che forniscono informazioni sul piano sagittale, sul piano verticale e su quello trasversale (Fig. 2).

Presso l'Università di Milano è stato realizzato uno studio su 44 pazienti in prima classe scheletrica, normodivergenti a partire da un archivio di circa 500 TC Cone Beam. Il campione di I classi scheletriche, normovertebite è stato inizialmente selezionato in base alla cefalometria tradizionale della Scuola di Milano e successivamente è stata eseguita la cefalometria tridimensionale con lo scopo di identificare i range di valori, per ciascuna misurazione, attribuibili a un campione di pazienti cosiddetto normale (Tabella 2).

La tecnica di analisi tridimensionale permette di superare le limitazioni dell'analisi tradizionale bidimensionale grazie a:

- rappresentazioni effettive della vera morfologia delle strutture craniali senza distorsioni, ovviando agli errori dovuti alle immagini proiettive e alla difficile identificazione dei punti;
- riduzione degli errori operatore-dipendenti nel calcolo delle misurazioni che vengono eseguite automaticamente dal software;
- semplicità e ripetibilità dell'identificazione dei punti che sono tutti punti anatomici, realmente presenti nell'anatomia delle strutture e pertanto non risentono delle sovrapposizioni e degli errori legati a costruzioni geometriche;
- possibilità di analizzare le alterazioni nelle 3 dimensioni contemporaneamente consentendo una pianificazione adeguata del trattamento.

### Trattamento combinato ortodontico-chirurgico

L'introduzione delle tecnologie di imaging 3D ha rivoluzionato la pianificazione degli interventi combinati ortodontici chirurgici. L'uso del computer insieme a software dedicati ha permesso di realizzare procedure veloci, precise e standardizzabili di pianificazione dei trattamenti.

La pianificazione virtuale richiede:

- una TC Cone Beam;
- un'impronta eseguita con materiali di precisione;

- una cera di masticazione;
- una scansione digitale del modello;
- un'interfaccia digitale tra il modello e la TC Cone Beam.

Avvalendosi della pianificazione virtuale è possibile visualizzare gli obiettivi sia del trattamento chirurgico sia di quello ortodontico e di ottenere modelli digitali. L'impronta di precisione viene eseguita utilizzando polyvinyl silossano, materiale che garantisce un'ottima definizione dei dettagli consentendo la colatura di due modelli in gesso.

I due modelli realizzati a partire dall'impronta di precisione sono necessari per ottenere la ricostruzione completa delle arcate e, mediante



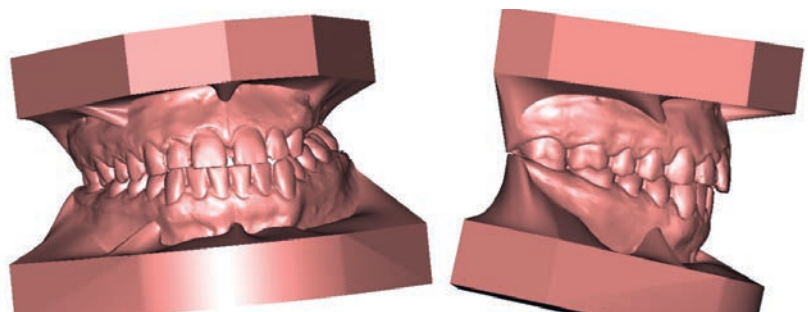
Fig. 2\_Rendering volumetrico ed esame cefalometrico 3D.

GoSx – Me - 77,46 mm ± 2	GoDx – Me – 77,35 mm ± 2,03
CdSx – GoSx – 51,49 mm ± 3.69	CdDx – GoDx – 52,18 mm ± 3,48
S – GoSx – 80,05 mm ± 2,4	S – GoDx – 80,15 mm ± 2,37
ANS PNS ^ GoSx Me – 41,12° ± 0,81	ANS PNS ^ GoDx Me – 41,12° ± 0,9
S N ^ GoSx – 46,21° ± 1,11	S N ^ GoDx Me – 45,94° ± 1,24
CdSx GoSx Me – 118,88° ± 2,58	CdSx GoDx Me – 118,88° ± 2,51
CdSx GoSx N – 54,31° ± 1,22	CdSx GoDx N – 54,31° ± 1,2
N GoSx Me – 65,64° ± 0,98	N GoDx Me – 65,58° ± 1,09
PNS – A – 44,82 mm ± 1,1	S – N – 65,3 ± 1,35
N – Me – 106,33 ± 1,62	N – ANS – 47,92 mm ± 1,33
ANS – Me – 59,49 mm ± 1,62	S N A – 80,66° ± 0,89
S N B – 78,24° ± 0,93	A N B – 2,62° ± 0,31
Ba S N – 130,03° ± 1,76	

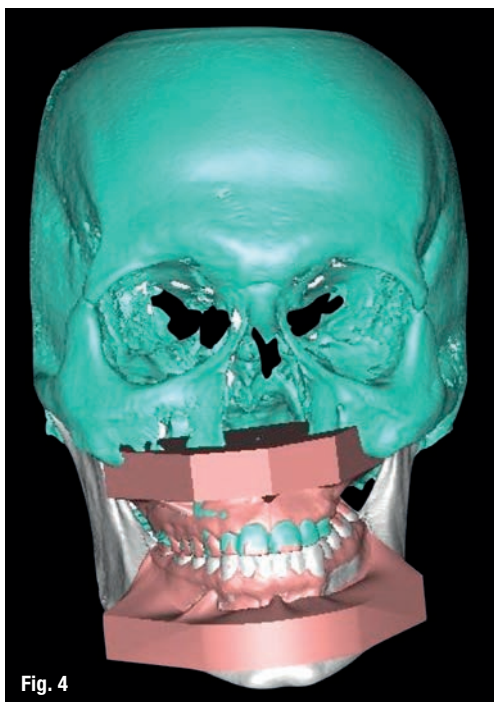
Tabella 2\_Valori normali.

la tecnica di segmentazione alternata, la definizione precisa e dei singoli elementi dentari. Ciascun elemento dentario viene infatti scansionato singolarmente garantendo una precisa riproduzione anche dei punti di contatto interdentali. Per la scansione viene utilizzato uno scanner a luce strutturata che cattura le immagini 3D e le processa grazie a un software che rielabora una nuvola di punti da cui vengono generate le immagini 3D (Fig. 3)<sup>5</sup>.

Fig. 3\_Sviluppo modelli digitali.



**Fig. 4** Sovrapposizioni modelli virtuali su CBCT.



**Fig. 4**

**Fig. 5** Reference aligner, fase clinica.

**Fig. 6** Sovrapposizione tra set-up ortodontico e termine di trattamento ortodontico pre-chirurgico, arcata superiore.



**Fig. 5**

Il modello digitale creato può inoltre essere interfacciato con la TC Cone Beam fornendo immagini ad altissima definizione sia delle strutture scheletriche sia di quelle dentali. Le immagini degli elementi dentali ottenute con la sola CBCT non sono infatti in grado di fornire i dettagli necessari a produrre un modello adeguato agli usi ortodontici (Fig. 4)<sup>6</sup>.

Per poter sovrapporre precisamente la scan-

sione del modello alle immagini ottenute con la Cone Beam, è stata realizzata una specifica cera di masticazione costituita da un morso in cera. La cera utilizzata è del tipo Moyco (cera extra dura) fissata a un arco di supporto su cui sono applicate 3 sfere di un materiale radioopaco a base di calcio.

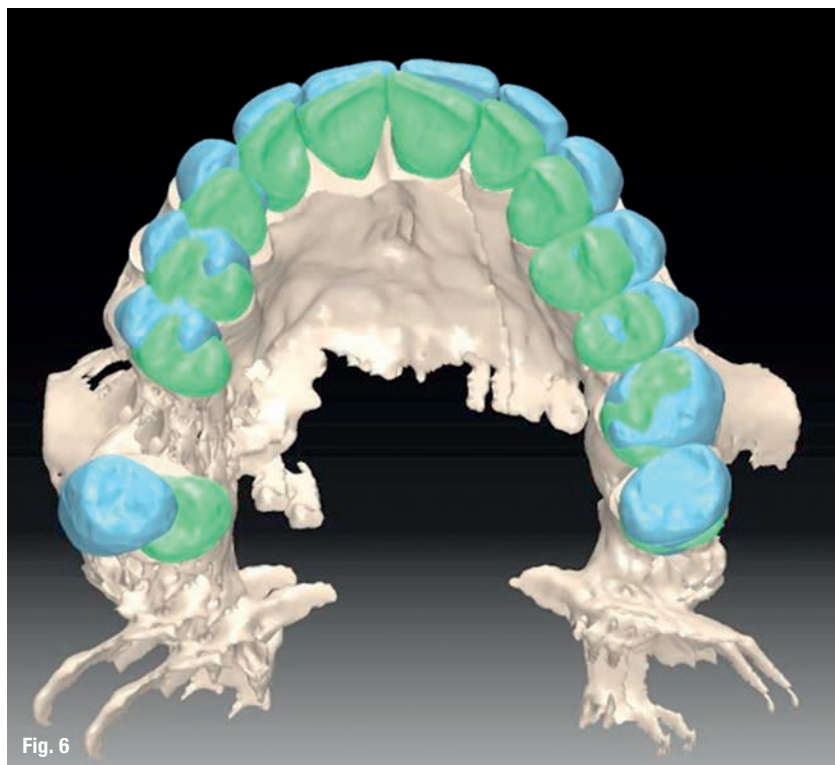
La cera viene rilevata in massima intercuspide e viene poi indossata dal paziente durante l'esecuzione della TC Cone Beam, in questo modo le sfere di riferimento vengono visualizzate nelle immagini TC (Fig. 5). È importante sottolineare che lo spessore della cera non influenza in nessun modo la precisione della CBCT e di conseguenza nemmeno i risultati dell'AC.

I software per la rielaborazione delle immagini sono in grado di riconoscere la presenza e la posizione delle sfere nella scansione TC e di combinarle con le aree corrispondenti presenti nelle immagini ottenute con la scansione del modello.

Questo metodo garantisce di ottenere una sovrapposizione tra le due scansioni con un errore minore di 0,1mm<sup>7</sup>. Una volta raccolti tutti i dati necessari è possibile, grazie ai software dedicati, eseguire diversi tipi di programmazione dell'intervento ortodontico chirurgico. I software presenti in commercio per la programmazione chirurgica sono in grado di isolare il complesso maxillo-facciale dalla mandibola restituendo immagini separate delle due strutture. La possibilità di isolare le strutture scheletriche è estremamente importante per la pianificazione dell'intervento perché consente di simulare e visualizzare gli spostamenti da eseguire con il trattamento ortodontico e durante la chirurgia. Il clinico, similmente a quello che viene fatto sui modelli in gesso nella tecnica di programmazione tradizionale manuale, può con questa metodica selezionare le strutture che desidera riposizionare ma può anche, ad esempio, simulare un'osteotomia e studiare l'entità (in mm) degli spostamenti necessari per ottenere la correzione ottimale della malocclusione (Fig. 6).

Una volta che la correzione chirurgica della posizione delle basi scheletriche è stata stabilita è possibile creare un modello 3D digitale della posizione degli elementi dentali in base al risultato desiderato alla fine del trattamento. Le strutture scheletriche (insieme alle arcate dentarie secondo l'allineamento del modello finale) vengono riportate alla situazione iniziale prima della simulazione chirurgica e in questo modo è possibile ottenere un modello che rappresenta gli obiettivi del trattamento ortodontico pre-chirurgico.

Su questo modello, infine, è possibile realizzare con l'aiuto della tecnologia CAD/CAM



**Fig. 6**

un riferimento da utilizzare progressivamente come guida nel corso del trattamento ortodontico pre-chirurgico. La simulazione virtuale della chirurgia ha quindi due obiettivi: primo quello di verificare che gli spostamenti programmati siano effettivamente realizzabili; secondo ottenere una posizione delle arcate che sia in accordo con con gli spostamenti chirurgici in modo da poter costruire uno splint che verrà utilizzato durante l'intervento chirurgico. Grazie alla possibilità di sovrapporre i modelli digitali si ha una notevole diminuzione dei tempi di programmazione, inoltre non è più necessario rilevare l'arco facciale e montare i modelli in articolatore perché tutti i dati utili alla programmazione sono contenuti nella Cone Beam e nella scansione dei modelli. Recentemente, sono in fase di studio scanner intra-orali che migliorerebbero ulteriormente le procedure.

La scansione diretta intraorale delle arcate consentirebbe di ottenere un modello digitale 3D senza bisogno di rilevare le impronte di precisione e riducendo i tempi di realizzazione e soprattutto gli errori intrinseci alle procedure manuali<sup>9,10</sup>. Nonostante l'uso di questi software possa essere complesso, queste nuove tecnologie offrono il grande vantaggio di effettuare trattamenti complessi ortodontici e chirurgici garantendo elevati standard di precisione e alta qualità dei risultati. La tecnologia CAD/CAM, confrontata con le metodiche tradizionali, offre la grande opportunità di poter standardizzare procedure complesse migliorando notevolmente la precisione nella diagnosi e nella programmazione.

### **Produzione di apparecchiature multi-bracket customizzate**

Con la programmazione virtuale dei trattamenti ortodontico chirurgici è possibile innanzitutto mettere le basi ossee nella loro corretta posizione e, successivamente, grazie ai software dedicati alla simulazione degli spostamenti dentari è possibile muovere ciascun elemento dentario singolarmente. Il clinico può così ottenere la visualizzazione completa tridimensionale delle posizioni degli elementi all'interno dell'osso alveolare e simulare movimenti di tip, torque e di rotazione realizzando un vero e proprio trattamento ortodontico virtuale.

Per rendere la visualizzazione degli spostamenti dentali desiderati più immediata è di grande aiuto la sovrapposizione delle immagini del pre e post trattamento con diverse colorazioni (Figg. 7, 8). Si crea un modello digitale completo di tutti i dettagli necessari al raggiungimento di un'occlusione funzionale adeguata. La realizza-

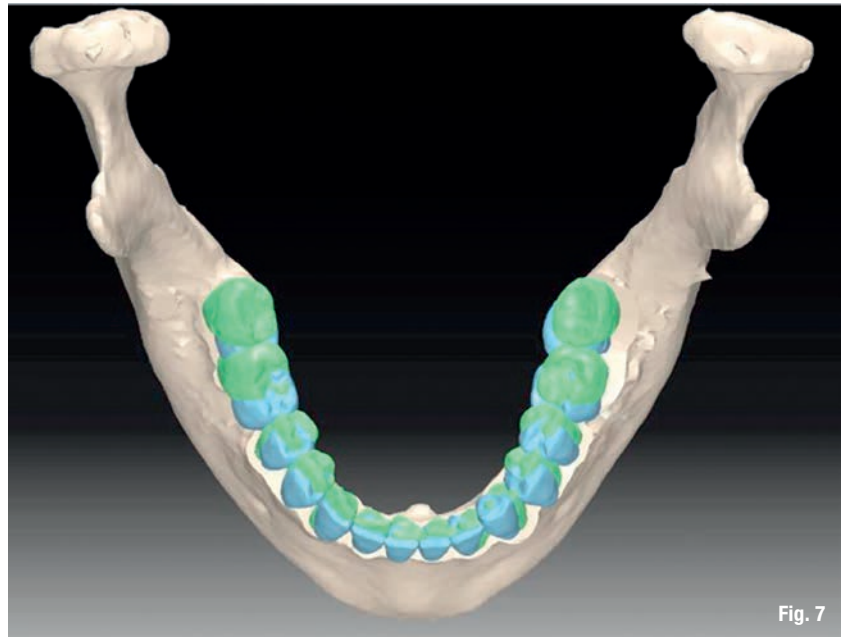


Fig. 7



Fig. 8

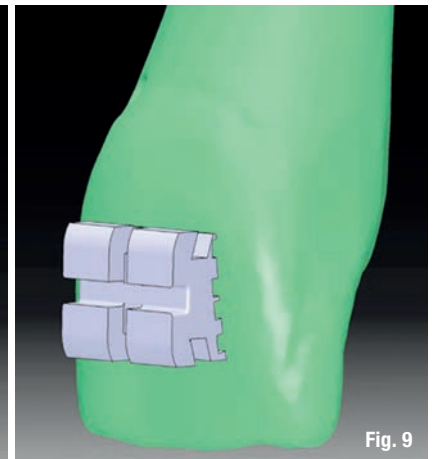


Fig. 9

zione di apparecchiature multi-bracket personalizzate è resa possibile grazie alla tecnologia CAD/CAM<sup>11,12</sup>. La metodica CAD/CAM consta di due fasi: una di design (fase CAD) e una di produzione (fase CAM)<sup>13</sup>, che si realizzano grazie a computer che dialogano con macchine che realizzano il prodotto finale<sup>6</sup>.

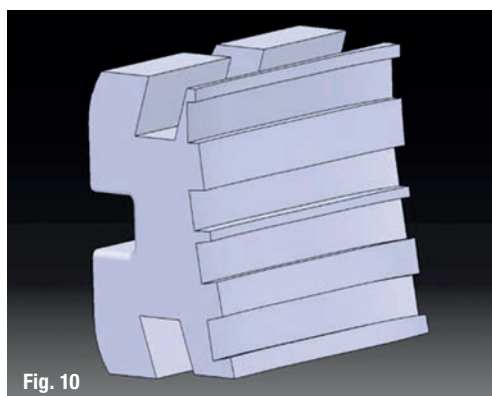
I macchinari utilizzati nella fase CAM possono lavorare per sottrazione di materiale, fresatura (come una tagliatrice CNC); per aggiunta, stereolitografia (SLA); per modellazione di materiali compositi o plastici; per sinterizzazione laser (SLS) o fusione laser (SLF) di materiali metallici. La porzione del bracket in cui avviene la personalizzazione è la base. La base viene disegnata e personalizzata grazie ai software usati nella fase CAD e poi posizionata al centro della corona del dente (Figg. 9, 10).

Nella determinazione del design dei bracket è possibile distinguere tra customizzazione parziale e customizzazione completa.

**Fig. 7** Sovrapposizione tra set-up ortodontico e termine di trattamento ortodontico pre-chirurgico, arcata inferiore.

**Figg. 8, 9** Dettagli Bracket individualizzati.

**Fig. 10** \_Rappresentazione grafica Bracket individualizzati.



La prima comporta la definizione della dimensione e della forma di ciascun attacco in relazione alla superficie dell'elemento dentario interessato ma le caratteristiche e le informazioni contenute nella porzione superiore dei bracket gemellari non vengono programmate.

La customizzazione completa implica modificazioni aggiuntive dell'angolazione tra la base e la parte gemellare dell'attacco portando alla creazione di attacchi ideali realizzati nel rispetto dei parametri spaziali di ciascun elemento in relazione alle caratteristiche specifiche di ciascuna malocclusione.

Una volta completata la fase di design gli attacchi sono pronti per essere realizzati con

i macchinari di precisione specifici della fase CAM.

Questi macchinari sono capaci di realizzare prodotti ad alta precisione dei dettagli lavorando in condizioni standardizzate in modo da minimizzare le possibilità di errore.

L'altissima precisione richiesta necessita di macchinari di grandi dimensioni inseriti in ambienti speciali forniti di pavimenti ricoperti da pannelli ammortizzati in grado di stabilizzare l'estremità tagliente del macchinario e di assorbire le vibrazioni prodotte.

Le lame utilizzate devono inoltre avere uno spessore di circa 0,001 mm e ciò implica, ad esempio, che per rimuovere il 3% di un millimetro sono necessari almeno 3 o 4 passaggi.

Il progresso tecnologico della metodica CAD/CAM appena descritta si avvale del disegno digitale e della produzione computerizzata automatizzata<sup>14</sup>.

I vantaggi principali nell'uso di questa metodica sono il miglior controllo del processo di produzione con una significativa riduzione dell'errore operatore-dipendente e la possibilità di utilizzare materiali sofisticati come il titanio grado 5, altrimenti non utilizzabili con le tecniche di produzione tradizionali<sup>15</sup>.

*La bibliografia è disponibile presso l'Editore.*

_autori		CAD/CAM
<p><b>G. Farronato</b></p> <p>Direttore Scuola di Specializzazione in Ortognatodonzia – Presidente del Corso di Laurea in Igiene Dentale – Dipartimento di Scienze Biomediche, Chirurgiche ed odontoiatriche. IRCCS Cà Granda – Ospedale Maggiore Policlinico. Università degli Studi di Milano.</p>	<p><b>C. Maspero</b></p> <p>MD, DDS – Dirigente Medico – Reparto di Ortognatodonzia. Università degli Studi di Milano.</p>	
<p><b>F. Bellincioni</b></p> <p>DDS – Scuola di Specializzazione in Ortognatodonzia. Università degli Studi di Milano.</p>	<p><b>S. Salvadori</b></p> <p>DDS – Scuola di Specializzazione in Ortognatodonzia. Università degli Studi di Milano.</p>	
<p><b>M. Moffa</b></p> <p>DDS – Reparto di Ortognatodonzia. Università degli Studi di Milano.</p>	<p><b>P. Pereira</b></p> <p>Studentessa CLOPD – Reparto di Ortognatodonzia. Università degli Studi di Milano.</p>	
	<p><b>L. Esposito</b></p> <p>MD, DDS – Dirigente Medico – Reparto di Ortognatodonzia. Università degli Studi di Milano.</p>	