

Attendibilità della tomografia computerizzata a fascio conico nella valutazione del tessuto mineralizzato nei rialzi di seno

Carlo Maria Soardi*, Fernando Suárez-López del Amo**, Pablo Galindo-Moreno***, Andrés Catena****, Davide Zaffe*****, Hom-Lay Wang*****

Scopo: l'obiettivo dello studio era l'analisi delle densitometrie della tomografia computerizzata a fascio conico (CBCT) di rialzi di seno mascellari utilizzando osso omologo, utilizzando anche campioni microradiografici ottenuti precedentemente per verificare il potenziale diagnostico della CBCT. **Materiali e metodi:** è stato utilizzato un protocollo a due fasi in 21 pazienti consecutivi, tutti con un'altezza di osso crestale < 2 mm. Il rialzo di seno è stato effettuato con granuli di osso omologo mineralizzato con accesso laterale. È stata eseguita una serie di scansioni CBCT della mascella prima della chirurgia, immediatamente dopo il rialzo del seno mascellare e dopo 6, 10 e 18 mesi dal posizionamento implantare. Mediante sonde virtuali, le immagini CBCT acquisite a 6, 8 e 10 mm dalla superficie crestale sono state processate con un software di imaging medico ed espresse come livelli di grigio (LG). **Risultati:** in totale, sono state eseguite 24 procedure di incremento di seno in 21 pazienti. I valori medi di CBCT-LG variavano da 571 a 654, presentando il valore massimo a 8 mm immediatamente dopo il posizionamento implantare e il valore minimo a 6 mm dopo 10 mesi. Inoltre, è stato rilevato che il contenuto minerale dell'innesto diminuiva nel tempo, scomparendo completamente tra 10 e 11 mesi. **Conclusione:** La CBCT e il software di imaging medico utilizzati per la visualizzazione e l'analisi delle immagini sono strumenti affidabili per studiare il comportamento dei biomateriali dopo le procedure di rialzo di seno. Inoltre, i risultati di questo studio dimostrano che è possibile un completo riassorbimento dell'aloinnesto di osso umano. A causa della dimensione limitata del campione, sono necessari ulteriori studi morfometrici e clinici. (INT J ORAL MAXILLOFAC IMPLANTS 2016;31:352-358. doi: 10.11607/jomi.4111).

Parole chiave: Osso omologo, CBCT, Rialzo del seno mascellare, Microradiografie.

- * MD, DDS, Libero professionista, Brescia, BS.
- ** DDS, Residente, Reparto di Parodontologia e Medicina Orale, Facoltà di Odontoiatria, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA.
- *** DDS, PhD, Professore Associato, Reparto di Chirurgia Orale e Implantologia, Università di Granada, Granada, Spagna.
- **** PhD, Professore Associato, Reparto di Psicologia sperimentale, Facoltà di Psicologia, Università di Granada, Granada, Spagna.
- ***** MBiolSc, Professore Associato, Reparto di Scienze Biomediche, Metaboliche e Neuroscienze, Università di Modena e Reggio Emilia, Modena.
- ***** DDS, MSD, PhD, Professore Collegiale, Reparto di Parodontologia e Medicina Orale, Facoltà di Odontoiatria, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA.

Indirizzo per la corrispondenza:

Prof Davide Zaffe
Dipartimento di Scienze Biomediche, Metaboliche e Neuroscienze,
Università di Modena e Reggio Emilia, Sezione di Morfologia umana,
Via del pozzo 71, Policlinico, 41124 Modena
Fax: 0594224861. E-mail: davide.zaffe@unimore.it

È noto che la stabilità a lungo termine degli impianti dentali è fortemente influenzata sia dalla quantità sia dalla qualità dell'osso.¹ Inoltre, è stato dimostrato che la qualità ossea riveste un ruolo chiave nell'ambito della prognosi implantare.^{2,3} La valutazione della qualità ossea è di fondamentale importanza nella pianificazione della riabilitazione di pazienti edentuli con impianti dentali. Quindi, negli anni, sono state messe a punto diverse tecniche per la rilevazione del volume osseo e della qualità ossea prima dell'inserimento degli impianti. I progressi nella diagnosi rappresentano la necessità di correlare i moderni metodi diagnostici non invasivi *in vivo* con i metodi *in vitro* già comprovati e standardizzati da anni di ricerca.⁴

Tra gli strumenti attualmente disponibili per la diagnosi, l'imaging dentale ha dimostrato di essere un metodo affidabile per valutare le strutture ossee in tutte le tre dimensioni. Inizialmente, è stata ampiamente utilizzata la tomografia computerizzata (CT) per la sua capacità di generare immagini tridimensionali, mediante la ricostruzione di molte se-

zioni assiali.⁵ Inoltre, la CT possiede un'elevata risoluzione e precisione con distorsione e ingrandimento minimi.⁶ Successivamente, è stata introdotta la tomografia computerizzata con tecnologia a fascio conico (CBCT), con riduzione sia del tempo di scansione, che della esposizione alle radiazioni e dei costi, rendendo questa attrezzatura accessibile per i pazienti.⁶ Inoltre, la CBCT ha dimostrato di essere attendibile per quanto riguarda la valutazione della densità di grigi per la classificazione della qualità ossea soggettiva.⁷

D'altra parte, la microradiografia, chiamata anche radiografia a contatto di sezioni spesse, rappresenta una tecnica analitica simile alla CT. La microradiografia ha dimostrato di essere un metodo utile per acquisire informazioni riguardo al contenuto di minerale di diverse zone dell'osso.⁸ Lo studio dei tessuti calcificati è stata la principale applicazione di questa tecnica.^{9,10}

Per quanto è a conoscenza degli Autori, l'analisi microradiografica non è mai stata utilizzata prima per confrontare i suoi risultati con le immagini CBCT. Come dato di fatto, diversi studi hanno messo a confronto le scansioni CT con i valori istomorfometrici,^{11,12} ma nessuno studio ha esaminato finora i valori ottenuti dalla CBCT e la microradiografia di una sezione dello stesso sito nello stesso paziente.

Quindi, lo scopo di questo studio era quello di analizzare le densitometrie CBCT dei seni mascellari dopo innesto con osso omologo. Inoltre, sono stati utilizzati i campioni microradiografici precedentemente ottenuti^{13,14} per verificare il potenziale diagnostico della CBCT nella valutazione del contenuto di minerale.

MATERIALI E METODI

Selezione del paziente

I pazienti selezionati sono stati esaminati e trattati in uno studio odontoiatrico privato italiano. Tutti i pazienti inclusi nello studio erano parzialmente o totalmente edentuli, con necessità di rialzo unilaterale o bilaterale del seno mascellare, per il posizionamento di impianti dentali posteriori. I criteri di inclusione erano: meno di 2 mm di altezza dell'osso crestale misurata mediante CBCT, buona salute generale, non fumatori, assenza di patologie con influenza sul metabolismo osseo (iperparatiroidismo, osteomalacia, osteoporosi eccetera) o sulla guarigione della ferita, assenza di malattie specifiche o problemi a carico del seno mascellare e nessuna assunzione di bifosfonati o terapie regolari per più di 3 mesi.

In Italia, al contrario dei centri sanitari pubblici o privati, le procedure eseguite in uno studio odontoiatrico privato non richiedono l'approvazione di una commissione etica. Nonostante ciò, tutti i pazienti hanno firmato il consenso informato in cui erano state dettagliate tutte le procedure dello studio. La ricerca è stata condotta in pieno accordo con i principi etici, inclusa la Dichiarazione di Helsinki della WMA.¹⁵

Chirurgia

Ai pazienti sono stati somministrati antibiotici, amoxicillina (Ratiopharm) 1 g due volte al giorno, 1 giorno prima della chirurgia e per 6 o 7 giorni dopo la chirurgia. Dopo la somministrazione dell'anestesia locale (articaina cloridrato, Ultracain, Sanofi-Aventis Deutshschland), è stato scollato un lembo a tutto spessore per esporre la parete laterale del seno mascellare. Seguendo la tecnica descritta da Vercellotti,¹⁶ è stata eseguita un'osteotomia con finestra ossea mediante un dispositivo piezochirurgico (Mectron); poi, la finestra ossea e la membrana del seno sono state elevate mediante un dispositivo piezochirurgico seguito da curettaggio del seno. Per innestare lo spazio sotto alla membrana del seno, come materiale di innesto è stata utilizzata una miscela 80/20% di granuli corticali grandi (1-2 mm) e spongiosi piccoli (0,25-1 mm) di osso mineralizzato umano (MHBA; Puros, Zimmer Dental) inumiditi con soluzione salina. I granuli sono state delicatamente compattati sotto alla membrana. Prima della sutura del tessuto molle, è stata posizionata una membrana di collagene riassorbibile (BioMend, Zimmer Dental) sulla finestra precedentemente creata. Infine, il lembo è stato riposizionato e suturato con suture Gore-Tex 5/0 (W.L. Gore & Associates). Dopo aver completato la chirurgia, se necessario, ai pazienti è stato somministrato Synflex forte 550 mg (Recordati) come analgesico. Inoltre, ai pazienti è stato chiesto di fare sciacqui con collutorio alla clorexidina (0,2%) due volte al giorno senza spazzolare l'area chirurgica per 2 settimane. Le suture sono state rimosse dopo 12-14 giorni e sono stati eseguiti follow-up mensili per assicurare l'adeguata guarigione fino all'inserimento degli impianti.

Prima del posizionamento degli impianti (3,7 o 4,7 mm di diametro esterno, Tapered Screw Vent, Zimmer Dental), è stato prelevato un campione biotico di osso da ciascun sito di inserimento dell'impianto mediante una fresa carotatrice, assicurandosi di prelevare una carota ossea intatta più lunga di 11 mm (fresa trepan mill modificata, diametro esterno da 3,2 a 4,2, diametro interno da 2,2 a 3,2, Stoma) sotto un getto di soluzione salina a 600 giri/min. Tutti i campioni biotici ossei sono stati prelevati al posizionamento degli impianti 6 mesi dopo la procedura di rialzo del seno. Ci si è avvalsi del supporto delle guide chirurgiche per prelevare i campioni ossei sulla base delle singole necessità protesiche. Inoltre, la fresatura è stata eseguita fino a 14 mm per permettere una lunghezza idonea dei campioni prelevati. I campioni biotici sono stati trattati secondo la tecnica descritta da Soardi e Coll.¹⁴

Studio CBCT

Le scansioni CBCT (ProMax 3D Max CBVT, Planmeca Oy) sono state ripetutamente eseguite per ciascun paziente nella regione mascellare secondo questa sequenza: prima della chirurgia, dopo il rialzo del seno, immediatamente dopo l'inserimento degli impianti (6 mesi) e consecutivamente dopo 10 e 18 mesi. I dati DICOM ottenuti sono stati elaborati con un software medico (3Diagnosis 3.0, 3DI-EMME). Questo particolare software offre la possibilità di

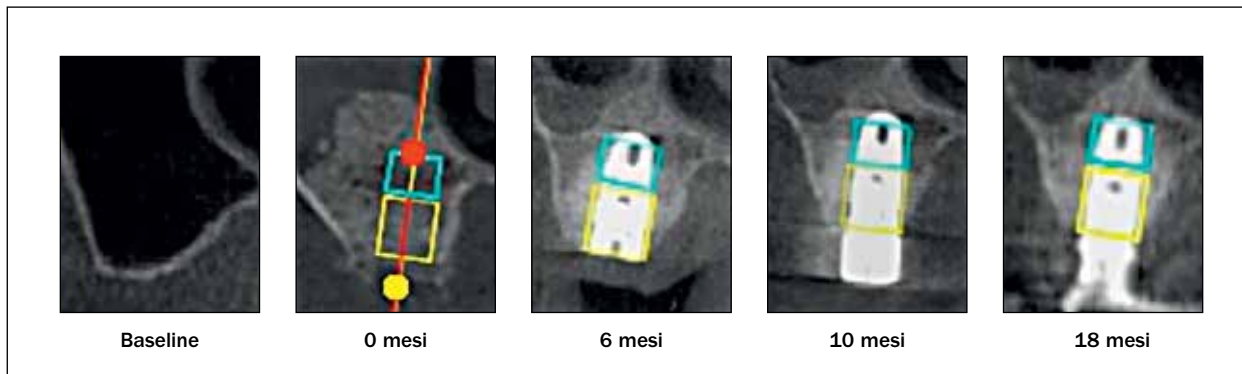


Fig. 1 Immagini rappresentative delle densitometrie CBCT in uno dei 22 pazienti dal rialzo del seno (0 mesi) a 1 anno dopo il posizionamento dell'impianto (18 mesi dopo la procedura di rialzo del seno).

utilizzare una sonda virtuale nella regione desiderata per estrarre i valori di densità dell'osso ed esportarli sotto forma di tabelle Excel per l'analisi statistica. Le sonde virtuali utilizzate (Fig. 1) avevano diametro di 6 o 7 mm (2 mm più larghe degli impianti posizionati, per evitare una distorsione dei livelli di grigio [LG] a causa dello scattering del fascio dal metallo) e sono state impostate nelle regioni dell'incremento del seno o dell'inserimento dell'impianto. I dati di intensità LG adiacenti la regione di interesse e lungo l'intera lunghezza dell'impianto sono stati estratti per ciascuna sonda utilizzata. Quindi, è stato possibile esaminare gli LG dell'immagine corrispondenti a ciascuna densità tissutale selezionata ed eseguire un confronto da diversi campioni.

Sono stati acquisiti i valori di densità ossea intorno agli impianti, escludendo le aree influenzate dagli artefatti. Dato che il sistema CBCT non era calibrato in unità Hounsfield (HU), i dati ottenuti sono stati espressi in LG. Questo fattore di calibrazione non è limitativo dato che tutti i dati sono stati acquisiti con la stessa macchina. Inoltre, è stata eseguita un'analisi comparativa tra le diverse acquisizioni. Nelle sezioni CBCT a 6, 8 e 10 mm dalla superficie crestale, è stata calcolata la media \pm deviazione standard di LG.

Microradiografia

La preparazione di questi campioni e l'elaborazione sono riportati in dettaglio in un uno studio correlativo CBCT/microradiografia di recente pubblicazione.¹⁴ Brevemente, i campioni bioptici fissati in paraformaldeide sono stati inglobati in metilmetacrilato (PMMA) e tagliati con un microtomo a lama diamantata. Sezioni di 100 μ m perfettamente lucidate, sono state microradiografate con pellicola ad alta risoluzione. La quantità di contenuto osseo e di innesto, il cui grado di radiopacità era differente (l'osso era distintamente più radiotrasparente), è stata valutata sulle immagini microradiografiche utilizzando un analizzatore di immagine e relativo software (AnalySIS, Soft Imaging System).

Per correlare i valori medi di LG-CBCT al contenuto microradiografico di osso e innesto, sono stati ri-analizzati i dati raccolti durante i due studi precedenti.^{13,14}

Analisi statistica

È stato utilizzato il modello lineare misto (SPSS v20) per testare l'effetto tempo nonché l'influenza differenziale. Brevemente, sono stati analizzati il cambio di densità ossea come funzione del tempo trascorso dalla prima chirurgia (intra pazienti, 3 livelli: 6, 8 e 10 mm dalla cresta). È stato utilizzato il criterio di Schwarz Bayesian (BIC) per selezionare la struttura di covarianza (sono state testate quattro strutture: simmetria composta, AR(1), diagonale e identità in scala). Sono stati utilizzati test post hoc corretti di Bonferroni per esaminare le differenze ripetute di condizione. La significatività statistica è stata impostata a un valore *P* di 0,05.

RISULTATI

Chirurgia

In questo studio sono stati inclusi 22 pazienti, 9 uomini e 13 donne, di età compresa tra 36 e 75 anni. In totale, sono state eseguite 24 procedure di incremento del seno mascellare: bilateralmente in 2 pazienti e unilateralmente in 20 pazienti. È stata ottenuta una chiusura primaria della ferita in tutte le 24 chirurgie, senza complicanze o eventi avversi osservati durante il follow-up. Dai 22 pazienti sono stati ottenuti in totale 24 campioni bioptici ossei, corrispondenti a 24 impianti posizionati. Tre campioni su 24 sono stati danneggiati dopo la fresatura e quindi scartati. Per lo studio correlativo CBCT/microradiografia sono stati utilizzati in totale 21 campioni bioptici da 19 pazienti.¹⁴

Studio CBCT

La figura 1 mostra rappresentativamente il comportamento CBCT in uno dei 22 pazienti dall'innesto fino al follow-up a 18 mesi. Come osservato nelle diverse immagini, non si sono verificati cambiamenti degni di nota e l'impianto è completamente circondato da osso dopo 18 mesi.

I valori LG ottenuti a 6, 8 e 10 mm al posizionamento degli impianti (6 mesi), a 10 mesi e a 18 mesi dal rial-

zo di seno sono riassunti nella tabella 1. I valori LG medi variavano da 570 a 654, presentando il valore massimo a 8 mm dalla cresta immediatamente dopo il posizionamento dell'impianto e il valore minimo a 6 mm dalla cresta a 10 mesi (Tab. 1).

La figura 2 mostra la tendenza densitometrica CBCT dei 24 siti nei diversi punti tempo.

Tabella 1 Valori medi di LG raggruppati per intervalli di tempo e posizione della sonda virtuale

	6 mesi	10 mesi	18 mesi	Marginale
Sonda virtuale, 6 mm	646,33	456,29	603,79	568,81
Sonda virtuale, 8 mm	684,08	596,92	579,42	620,14
Sonda virtuale, 10 mm	632,17	664,29	531,33	609,26
Marginale	654,19	572,50	571,51	

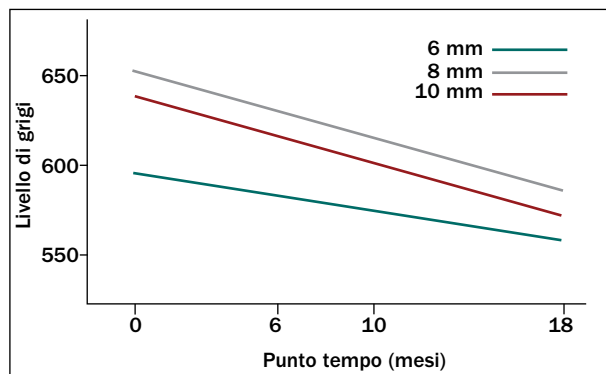


Fig. 2 Tendenza densitometrica CBCT dei 24 siti rialzo di seno fino ai successivi 18 mesi.

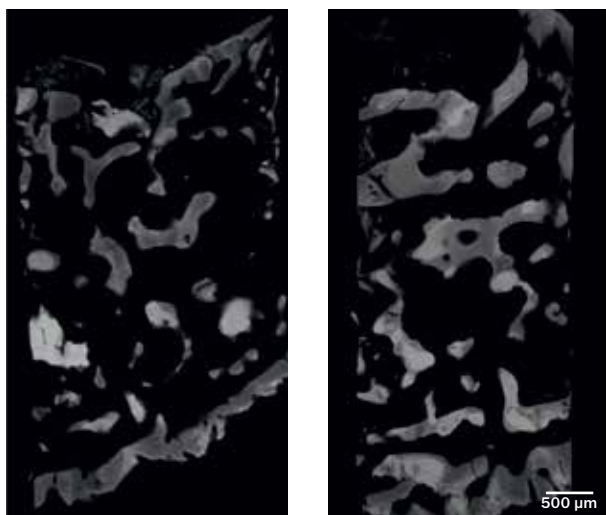


Fig. 3 Immagine rappresentativa che mostra due microradiografie di sezioni spesse di campioni ossei del pavimento del seno incrementato con allinnesto di osso umano mineralizzato, 6 (sinistra, campione bioptico 3,2 mm) e 9 (destra, campione bioptico 2,2 mm) mesi dopo la chirurgia.

Analisi statistica

La tabella 1 mostra l'analisi statistica della CBCT con il tempo (da 6 a 18 mesi). La struttura di covarianza di simmetria del composto mostrava il BIC più basso ed è stata utilizzata per testare gli effetti dei fattori ripetuti. L'analisi lineare dimostrava l'effetto tempo, $F(2.207) = 4,748$, $P = 0,04$. I confronti a coppie tra tempi dalla chirurgia hanno evidenziato differenze statisticamente significative tra 6 mesi e 18 mesi ($P < 0,02$).

I dati raccolti durante i due studi precedenti^{13,14} sull'incremento del pavimento del seno mascellare eseguito con lo stesso innesto non erano stati interamente investigati. I campioni microradiografici dei 28 campioni ossei bioptici, precedentemente pubblicati (Fig. 3),¹³ sono stati ulteriormente analizzati per definire l'effetto tempo sulla formazione ossea e il riassorbimento dell'innesto (Fig. 4a).

La figura 4a mostra i risultati dell'analisi della regressione lineare densitometrica dei dati microradiografici e del tempo. Vi era una tendenza incrementante della formazione ossea e una decrescente della scomparsa dell'innesto con il tempo (Fig. 4a).

Essenzialmente, il contenuto di minerale microradiografico dei campioni bioptici diminuiva da 41,8% (15,5% osso + 26,3 innesto) a 3 mesi a 39,84% (39,84% osso + 0 innesto) a 12 mesi, con scomparsa dell'innesto tra il 10° e l'11° mese (Fig. 4b).

La figura 5 mostra la tendenza del contenuto teorico di minerale, calcolato usando il contenuto di minerale microradiografico dei campioni bioptici. La quantità teorica di minerale passa da 40,3% (37,9% osso + 2,4 innesto) dopo 10 mesi (m 10) a 38,5% (tutto osso) dopo 18 mesi (m 18). Per stimare l'affidabilità della CBCT, gli Autori hanno correlato i valori CBCT e il contenuto microradiografico dei residui di osso e innesto a tre diversi livelli dalla cresta (Fig. 6) usando i 21 campioni ossei bioptici ottenuti dallo studio precedentemente pubblicato.¹⁴ La tabella 2 mostra la quantità microradiografica media di osso e innesto nelle sezioni a 6, 8 e 10 mm dalla cresta.

Il contenuto microradiografico di osso e innesto delle sezioni bioptiche più centrali della carota bioptica (6 e 8 mm) di ciascun paziente è stato valutato per risolvere l'equazione

$$LG = bx + gy$$

dove LG = Livello di grigio CBCT; b = frazione ossea microradiografica (Osso%/100); x = coefficiente osseo; g = frazione microradiografica dell'innesto (Innesto%/100); y = coefficiente dell'innesto.

L'elaborazione matematica ha portato ai seguenti coefficienti (media ± DS): coefficiente osseo $x = 3.800,7 \pm 12.245,2$, e coefficiente innesto $y = -747,4 \pm 11.667,9$, il primo positivo e il secondo negativo. I valori ottenuti sono due coefficienti non credibili; dal momento che sia l'osso sia l'innesto contribuiscono alla densità radiografica finale, entrambi i coefficienti dovrebbero essere positivi, denotando che la CBCT non era in grado di discriminare l'innesto dall'osso.

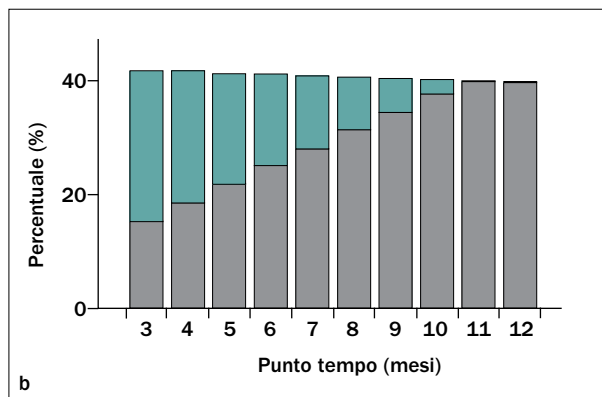
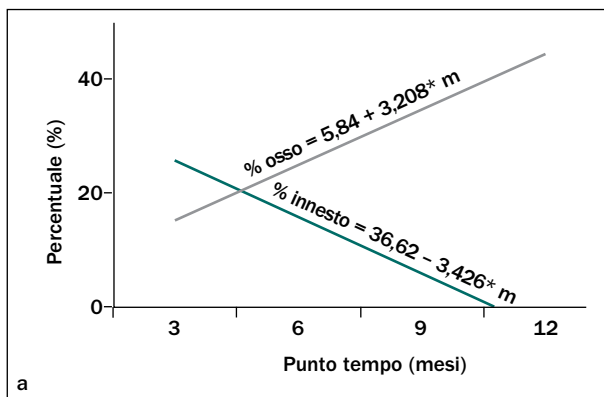


Fig. 4 (a) Tendenza di osso e innesto da 3 a 12 mesi dopo il rialzo di seno. (b) Contenuto di minerale dei campioni biotipici. Barra grigia = osso; barra verde = innesto.

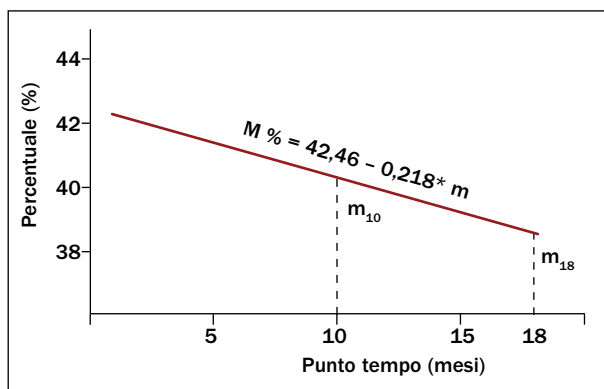


Fig. 5 Quantità teorica del contenuto di minerale (M%) dei campioni biotipici a 3 e 18 mesi.

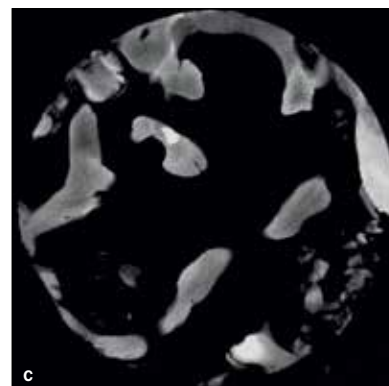
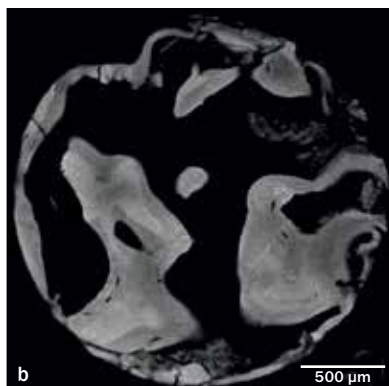
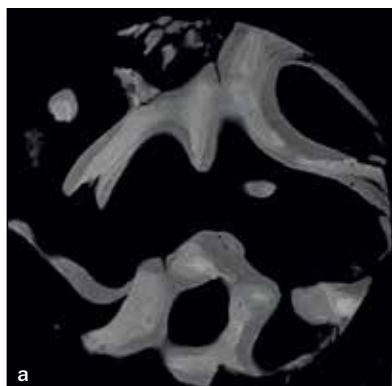


Fig. 6 Immagine rappresentativa di un campione biotipico che mostra che microradiografie delle sezioni eseguite ai livelli (a) 6, (b) 8 e (c) 10 mm.

Tabella 2 Percentuali medie dei valori di osso e innesto microradiografici nelle sezioni di 6, 8 e 10 mm di 21 campioni biotipici nello studio precedente¹⁴

	6 mm	8 mm	10 mm
Osso	26,1	27,6	27,1
Innesto	19,2	20,7	20,2

Il secondo studio di Soardi e Coll.¹⁴ ha evidenziato in ciascun paziente una stretta correlazione individuale tra LG di CBCT a 6, 8 e 10 mm e il contenuto di minerale microradiografico della sezione corrispondente. Quindi, in ciascun paziente, il coefficiente del minerale z dovrebbe essere calcolato usando la relazione $z = LG/m$, dove LG = livello di grigio CBCT; m = frazione minerale microradiografica (M%/100).

L'elaborazione matematica, usando tutte le sezioni 6, 8 e 10 mm dei 21 campioni ossei biotipici eseguita 6 mesi dopo l'innesto (al posizionamento degli impianti) ha dato i seguenti valori ($m \pm DS$): $z = 1.480,5 \pm 603,6$. Essendo

LG = zm, significherebbe che LG dovrebbe essere 370,1, quando M% = 25%; LG dovrebbe essere 740,2, quando M% = 50%, e così via.

Usando $z = 1.480,5$ e $m18 = 0,385$ come precedentemente calcolato, il valore densitometrico CBCT teorico (LG) dopo 18 mesi potrebbe essere calcolato con l'equazione $LG = zm$. Quindi, il risultato LG teorico risulterebbe pari a 570 dopo 18 mesi, che è un valore molto vicino alla media calcolata dei valori LG di CBCT, 18 mesi dopo l'innesto (Tab. 1).

DISCUSSIONE

La stabilità implantare, sia a breve sia a lungo termine, è ampiamente influenzata dalla qualità e quantità dell'osso.¹ Quindi, è importante valutare entrambe le condizioni prima del posizionamento degli impianti per evitare complicanze intra e postoperatorie. Recentemente, la CBCT è risultata essere uno degli strumenti più affidabili, dal momento che è una tecnica non invasiva rispetto alla tomografia microcomputerizzata (μ CT) o all'istomorfometria convenzionale.^{5,14} Inoltre, la CBCT offre diversi vantaggi rispetto alla CT convenzionale, come la minor dose di radiazioni con un'elevata risoluzione e un costo inferiore.⁶ Questo studio ha confermato che la CBCT è un metodo accurato per valutare le prestazioni di MHBA usato per l'innesto nel seno fino a 18 mesi.

Deve ancora essere determinata l'affidabilità della CBCT per valutare la densità ossea. Nonostante ciò, è stata trovata una forte correlazione tra le densità ossee radiografiche misurate mediante CBCT e il volume osseo valutato mediante μ CT.¹⁷ In modo simile, è stata anche identificata la correlazione positiva della tomografia computerizzata multislice convenzionale e i valori di densità di grigi basati sulla CBCT.⁷ Inoltre, Monjie e Coll. hanno dimostrato l'affidabilità della CBCT usando la densità ossea radiografica per determinare la qualità ossea valutata mediante μ CT nel mascellare atrofico posteriore.¹⁸ Nonostante ciò, per quanto è a conoscenza degli Autori, questo è il primo studio con lo scopo di analizzare il comportamento delle densitometria CBCT dei seni mascellari innestati con osso omologo.

I risultati di questo studio hanno dimostrato che usando l'analisi di regressione lineare, vi è una correlazione positiva tra LG e i residui di osso/innesto microradiografici presenti al momento della valutazione. La stessa analisi ha evidenziato la buona predicibilità della CBCT: la media dei valori LG di CBCT corrispondeva quasi esattamente al valore LG teorico calcolato da Soardi e Coll.^{13,14}

Per le tecniche di incremento del seno sono stati messi a punto e utilizzati diversi materiali d'innesto.¹⁹ Nonostante ciò, l'osso autogeno è ancora considerato essere il "gold standard" per la sua capacità osteogenica, osteoinduttiva e osteoconduttiva.²⁰ Però, la necessità di un secondo sito chirurgico, la limitata disponibilità e la morbidità del sito donatore hanno limitato la sua applicazione. Sono stati ampiamente utilizzati anche altri materiali d'innesto, tra cui innesti ossei allogenici, con capacità osteoconduttive

e un probabile potenziale osteoinduttivo.²⁰ I dati di questo studio hanno mostrato che MHBA è stato quasi completamente sostituito dall'osso di neoformazione. Questo modello di riassorbimento/rimodellamento dell'innesto è stato attribuito all'attività delle cellule macrofagiche e osteoclastiche.²¹ Questi risultati hanno indicato che il contenuto di minerale dei campioni bioptici è diminuito da 41,8% a 3 mesi a 39,84% a 12 mesi, con la scomparsa dell'innesto tra il 10° e 11° mese. Quindi, assumendo l'affidabilità della CBCT per la determinazione della densitometria ossea, l'aloinnesto di osso umano è, in effetti, un materiale di innesto osseo accettabile per l'incremento di seno. Inoltre, la media di innesto residuo trovato in questo studio è in accordo con uno studio precedente.²¹ Questo è in accordo anche con il risultato di quando l'osso autogeno è stato utilizzato come materiale d'innesto per le procedure di incremento del seno.²²

Questo studio ha dimostrato l'attendibilità della CBCT nella valutazione dell'osso neoformato e anche dell'osso residuo dopo un follow-up a medio termine. È necessario, tuttavia, essere cauti quando si interpretano i risultati di questo studio a causa della dimensione limitata del campione e della mancanza dell'analisi istomorfometrica per correlare i risultati. Di conseguenza, sono necessari ulteriori studi per confermare questi risultati.

CONCLUSIONI

Entro i limiti di questo studio, si può concludere che la CBCT è uno strumento affidabile per valutare l'osso e il comportamento dei biomateriali nel follow-up delle procedure di rialzo del seno. Inoltre, vi è evidenza del riassorbimento totale dell'osso omologo mineralizzato utilizzato.

DICHIARAZIONE

Lo studio è stato eseguito a spese degli Autori. Gli Autori dichiarano di non avere alcun conflitto di interesse.

BIBLIOGRAFIA

1. Misch CE. Bone classification, training keys to implant success. *Dent Today* 1989;8:39-44.
2. Jaffin RA, Berman CL. The excessive loss of Brånemark fixtures in type IV bone: A 5-year analysis. *J Periodontol* 1991;62:2-4.
3. Ekfeldt A, Christiansson U, Eriksson T, e Coll. A retrospective analysis of factors associated with multiple implant failures in maxillae. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:462-467.
4. Goldstein SA. Tissue engineering: Functional assessment and clinical outcome. *Ann NY Acad Sci* 2002;961:183-192.
5. Benavides E, Rios HF, Ganz SD, e Coll. Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: The International Congress of Oral Implantologists consensus report. *Implant Dent* 2012;21:78-86.
6. Chan HL, Misch K, Wang HL. Dental imaging in implant treatment planning. *Implant Dent* 2010;19:288-298.

7. Arisan V, Karabuda ZC, Avsever H, Özdemir T. Conventional multi-slice computed tomography (CT) and cone-beam CT (CBCT) for computer-assisted implant placement. Part I: Relationship of radiographic gray density and implant stability. *Clin Implant Dent Relat Res* 2013;15:893–906.
8. Sissons HA, Jowsey J, Stewart JJ. Quantitative microradiography of bone tissue. In: Engström A, Cosslett V, Pattee H (eds). *X-Ray Microscopy and X-Ray Microanalysis*. Amsterdam: Elsevier, 1960:199–205.
9. Boivin G, Meunier PJ. The degree of mineralization of bone tissue measured by computerized quantitative contact microradiography. *Calcif Tissue Int* 2002;70:503–511.
10. Nollf MC, Kokemueller H, Hauschild G, e Coll. Comparison of computed tomography and microradiography for graft evaluation after reconstruction of critical size bone defects using beta-tricalcium phosphate. *J Craniomaxillofac Surg* 2010;38:38–46.
11. Schultze-Mosgau S, Keweloh M, Wiltfang J, Kessler P, Neukam FW. Histomorphometric and densitometric changes in bone volume and structure after avascular bone grafting in the extremely atrophic maxilla. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2001;39:439–447.
12. Todisco M, Trisi P. Bone mineral density and bone histomorphometry are statistically related. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:898–904.
13. Soardi CM, Spinato S, Zaffe D, Wang HL. Atrophic maxillary floor augmentation by mineralized human bone allograft in sinuses of different size: An histologic and histomorphometric analysis. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:560–566.
14. Soardi CM, Zaffe D, Motroni A, Wang HL. Quantitative comparison of cone beam computed tomography and microradiography in the evaluation of bone density after maxillary sinus augmentation: A preliminary study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2014;16:557–564.
15. Puri KS, Suresh KR, Gogtay NJ, Thatte UM. Declaration of Helsinki, 2008: Implications for stakeholders in research. *J Postgrad Med* 2009;55:131–134.
16. Vercellotti T, De Paoli S, Nevins M. The piezoelectric bony window osteotomy and sinus membrane elevation: Introduction of a new technique for simplification of the sinus augmentation procedure. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;21:561–567.
17. González-García R, Monje F. The reliability of cone-beam computed tomography to assess bone density at dental implant recipient sites: A histomorphometric analysis by micro-CT. *Clin Oral Implants Res* 2012;24:871–879.
18. Monje A, Monje F, González-García R, e Coll. Comparison between microcomputed tomography and cone-beam computed tomography radiologic bone to assess atrophic posterior maxilla density and microarchitecture. *Clin Oral Implants Res* 2014;25:723–728.
19. Rickert D, Slater JJ, Meijer HJ, Vissink A, Raghoobar GM. Maxillary sinus lift with solely autogenous bone compared to a combination of autogenous bone and growth factors or (solely) bone substitutes. A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012;41:160–167.
20. Albrektsson T, Johansson C. Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration. *Eur Spine J* 2001;10(suppl 2):S96–S101.
21. Froum SJ, Wallace SS, Elian N, Cho SC, Tamow DP. Comparison of mineralized cancellous bone allograft (Puros) and anorganic bovine bone matrix (Bio-Oss) for sinus augmentation: Histomorphometry at 26 to 32 weeks after grafting. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:543–551.
22. Hatano N, Shimizu Y, Ooya K. A clinical long-term radiographic evaluation of graft height changes after maxillary sinus floor augmentation with a 2:1 autogenous bone/xenograft mixture and simultaneous placement of dental implants. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:339–345.

Reliability of Cone Beam Computed Tomography in Determining Mineralized Tissue in Augmented Sinuses

Purpose: The aim of this study was to analyze cone beam computed tomography (CBCT) densitometries of maxillary sinuses augmented with human bone allograft. In addition, previously obtained microradiographic specimens were used to verify the diagnostic potential of CBCT. **Materials and Methods:** A two-stage protocol was conducted in 21 consecutive patients, all with a crestal bone height < 2 mm. Mineralized human bone allograft particles were used to augment sinuses using a lateral window approach. A succession of CBCT scans of the maxilla were taken before surgery, immediately after sinus augmentation, and 6, 10, and 18 months after implant placement. Using virtual probes, CBCT images taken at 6, 8, and 10 mm from the crestal surface were processed with medical imaging software and expressed as gray level (GL). **Results:** A total of 24 sinus augmentation procedures were performed in 21 patients. The average values of CBCT-GL ranged from 571 to 654, presenting the maximum value at 8 mm immediately after implant placement and the minimum value at 6 mm after 10 months. Furthermore, it was found that the graft mineral content decreased over time, completely disappearing between 10 and 11 months. **Conclusion:** CBCT and the medical imaging software employed for imaging visualization are reliable tools to study biomaterial behavior after sinus augmentation procedures. In addition, results from this study demonstrate that a complete resorption of human bone allograft is possible. Due to the limited sample size, further clinical and morphometric studies are needed. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2016;31:352–358. doi: 10.11607/jomi.4111

Key words: bone allograft, cone beam computed tomography, maxillary sinus augmentation, microradiographs.