Accuratezza della CBCT nella valutazione dello spessore osseo vestibolare

Confronto tra tre studi istologici ed ex-vivo su denti naturali e impianti

Francesco Pradella

Vanderstuyft et al. 2019, J Clin Periodontol 46:1134–1143
Tanaka et al. 2023, J Prosthet Dent 130:68–73
Ritter et al. 2014, Dentomaxillofac Radiol 43:20130088

Perché il blooming implantare è un problema clinico

IL PROBLEMA

La CBCT è lo strumento 3D più usato per valutare l'osso peri-implantare, ma soffre di due artefatti implantari:

- **Scattering**

diffusione dei fotoni X che genera immagini disperse

- **Blooming**

ingrandimento artificiale del diametro implantare, che può mascherare l'osso vestibolare sottile

OBIETTIVO DELLO STUDIO

Valutare quanto accuratamente diversi dispositivi CBCT riescono a visualizzare l'osso vestibolare peri-implantare, e quantificare l'entità del blooming generato dall'impianto.

Prima ricerca condotta in condizioni umane (teste di cadavere fresco congelato)

Vanderstuyft et al., J Clin Periodontol 2019;46:1134–1143

OBIETTIVO DELLA SINTESI

Perché confrontare tre studi diversi

La domanda comune

Quanto è affidabile la CBCT nel misurare uno spessore osseo vestibolare sottile (tipicamente <1 mm), sia attorno a denti naturali sia attorno a impianti?

Modelli diversi

Cadavere umano fresco, cadavere umano imbalsamato, modello animale (cane)

Situazioni cliniche diverse

Denti naturali vs impianti, con e senza artefatto metallico

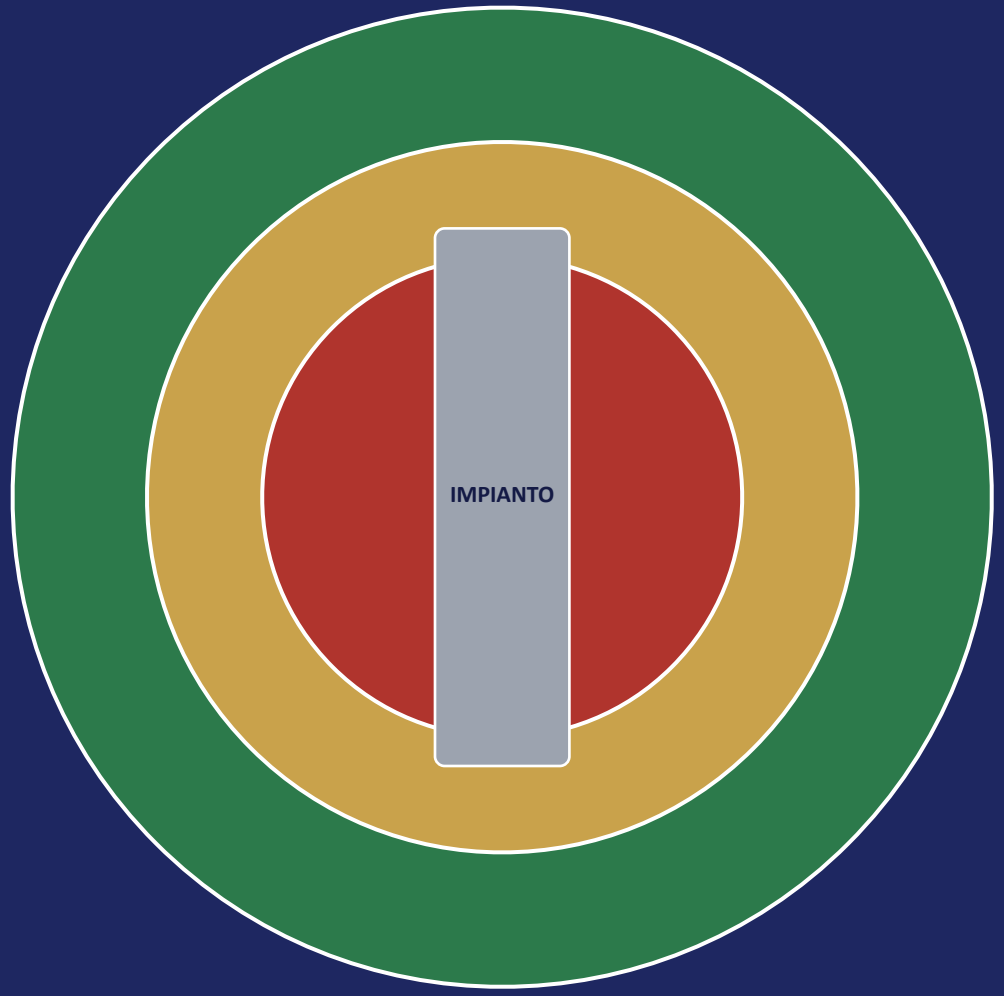
Stessa domanda di fondo

La CBCT può essere usata come misura assoluta per decisioni chirurgiche millimetriche?

Modello, confronto e direzione dell'errore

Studio	Modello	Confronto	Errore principale
Vanderstuyft 2019	5 cadaveri umani freschi, 44 impianti	CBCT con impianto vs CBCT senza impianto	Sottostima 0,3 mm (blooming 12–15%)
Tanaka 2023	5 cadaveri umani imbalsamati, 30 denti naturali	CBCT vs istologia	Sovrastima (0,52 vs 0,40 mm)
Ritter 2014	12 cani, 26 impianti con difetti vestibolari	CBCT e CR vs istologia	Sovrastima vestibolare / sottostima orale

Le tre zone di visibilità dell'osso vestibolare



Zona di blooming — 0,3 mm

L'osso non è mai visualizzabile: l'artefatto copre completamente la corticale sottile.

Zona dubbia — 0,45 mm

L'osso può risultare visibile o meno, a seconda di fattori aggiuntivi (shadow, halo, blur).

Osso visibile — oltre ~0,75 mm

Al di fuori di queste due fasce, la corticale vestibolare è sempre correttamente visualizzata.

Vanderstuyft et al., J Clin Periodontol 2019;46:1134–1143

STUDIO 1

Vanderstuyft et al. 2019 — blooming implantare

Cadavere umano fresco congelato · 44 impianti

12–15%	0,3 mm	0,45 mm
blooming implantare	sottostima ossea media	zona dubbia adiacente

Il blooming (ingrandimento artificiale del diametro implantare) crea una zona dove l'osso vestibolare non è mai visibile su CBCT, e una fascia dubbia adiacente dove la visibilità è incostante. Osso oltre ~0,75 mm resta sempre visualizzabile.

STUDIO 2

Tanaka et al. 2023 — denti naturali

Cadaveri umani imbalsamati · 30 denti anteriori mascellari (no impianti)

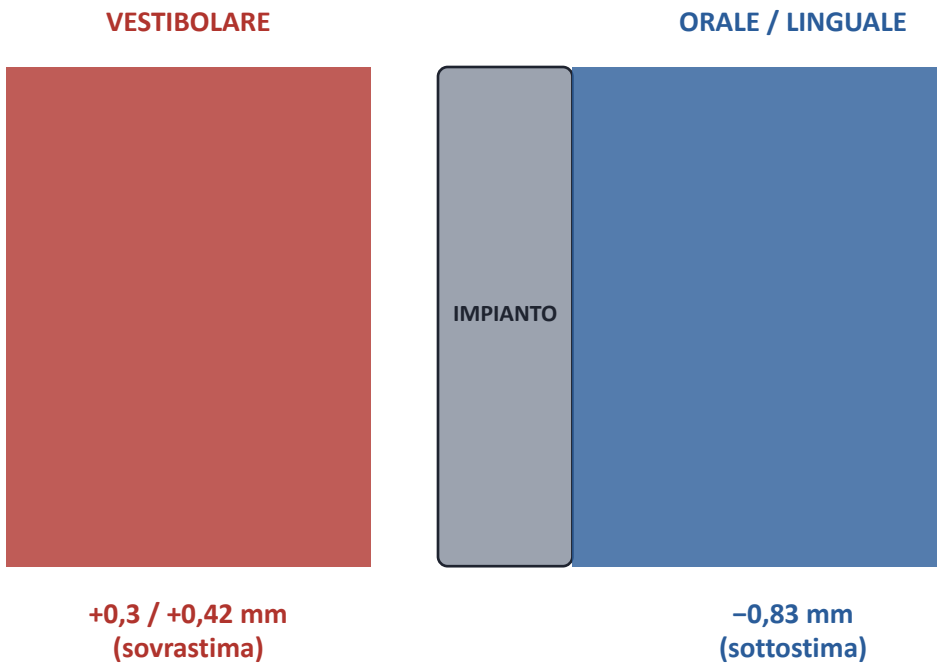
ICC ≤ 0,53	accordo CBCT–istologia considerato scarso
75,4%	sensibilità nel rilevare la presenza di osso
65,5%	specificità nel rilevare l'assenza di osso

A differenza degli studi su impianto, qui la CBCT sovrastima lo spessore osseo reale attorno a denti naturali, con un accordo statistico scarso — soprattutto quando l'osso è molto sottile o assente (32% dei siti privi di osso all'istologia).

STUDIO 3

Ritter et al. 2014 — modello animale con impianti

12 cani (fox hound) · 26 impianti con difetti vestibolari cronici



PERCHÉ SI INVERTE IL SEGNO?

Gli artefatti da beam-hardening si propagano diagonalmente rispetto all'asse implantare: aumentano artificialmente la densità apparente sul lato vestibolare e la riducono su quello opposto (orale), invertendo il segno dell'errore tra i due versanti dello stesso impianto.

CONFRONTO

La direzione dell'errore non è costante

Vanderstuyft 2019	*Impianto · uomo*	**SOTTOSTIMA**	–0,3 mm
Tanaka 2023	*Dente naturale · uomo*	**SOVRASTIMA**	+0,12 mm
Ritter 2014 (vestibolare)	*Impianto · animale*	**SOVRASTIMA**	+0,3/+0,42 mm
Ritter 2014 (orale)	*Impianto · animale*	**SOTTOSTIMA**	–0,83 mm

CONVERGENZE

Cosa hanno in comune i tre studi

1

Errore sistematico, non casuale

In tutti e tre gli studi la CBCT mostra un bias costante e riproducibile, non una dispersione casuale attorno al valore vero.

2

Ordine di grandezza clinicamente rilevante

0,3–0,8 mm di errore, paragonabile allo spessore stesso dell'osso vestibolare che si vuole misurare (tipicamente <1 mm).

3

L'impianto metallico aggrava l'imprecisione

Blooming e beam-hardening, entrambi originati dal metallo, sono assenti nello studio su denti naturali (Tanaka), dove l'errore è comunque presente ma di diversa natura.

4

Nessuna soglia assoluta affidabile

Nessuno dei tre studi supporta un uso della CBCT come misura millimetrica assoluta per decisioni chirurgiche critiche.

IMPLICAZIONI CLINICHE

Come usare la CBCT alla luce di questi dati

PRINCIPIO GUIDA

L'osso vestibolare sottile (<1 mm) va trattato come un dato "stimato con ampio margine di errore", non come una misura assoluta su cui basare da sola la decisione chirurgica.

Integrare con dati clinici diretti

Sondaggio osseo o spessore rilevato chirurgicamente restano il riferimento più affidabile per soglie millimetriche critiche.

Conoscere il proprio dispositivo

La percentuale di blooming/artefatto varia tra macchine CBCT: conoscerla aiuta a interpretare correttamente le immagini ambigue.

Cautela extra in presenza di impianti

L'errore aumenta quando è presente materiale metallico, per blooming e beam-hardening combinati.

RILEVANZA CLINICA

Come usare questi dati nella pratica

FORMULA PRATICA

Zona invisibile attesa = **% blooming del dispositivo × raggio dell'impianto**

Esempio: 15% × 1,8 mm (raggio) = 0,27 mm di osso non visualizzabile su CBCT Accuitomo®

1

Al momento dell'impianto

Misurare e registrare lo spessore osseo vestibolare reale (es. tramite sondaggio chirurgico).

2

Al controllo radiografico

Se l'osso non è visibile su CBCT ma lo spessore noto è compatibile col blooming calcolato, non è detto vi sia riassorbimento.

3

Decisione clinica

Questo criterio quantitativo può evitare interventi chirurgici di revisione non necessari in aree esteticamente critiche.

LIMITI DELLO STUDIO

Cosa considerare nell'interpretazione dei dati

1

Modello su cadavere congelato/scongelato: effetti sulla reale accuratezza dei tessuti peri-implantari non completamente noti rispetto al vivente.

2

Il guided bone sounding, standard clinico di confronto, presenta limiti intrinseci: interferenza dei tessuti molli e possibile perforazione della corticale sottile.

3

Sono stati testati solo due dispositivi CBCT tra i più performanti sul mercato per artefatto metallico: risultati potenzialmente diversi con macchine meno ottimizzate.

4

Le misurazioni sono state eseguite da un singolo operatore, con conseguente rischio di soggettività nell'analisi dei dati.

CONCLUSIONE

Tre modelli diversi, un solo messaggio clinico

Pur con direzioni dell'errore diverse — sottostima con impianto in ambiente umano, sovrastima su denti naturali, sovrastima/sottostima combinate nel modello animale — i tre studi convergono: la CBCT ha un'accuratezza limitata per l'osso vestibolare sottile, con un errore sistematico di 0,3–0,8 mm che è clinicamente rilevante vicino alle soglie decisionali per chirurgia implantare o rigenerativa.