

# IMPLANTOLOGIA

## IMPLANTOPROTESI E DIGITALE

01/19

Marzo 2019  
Volume 17

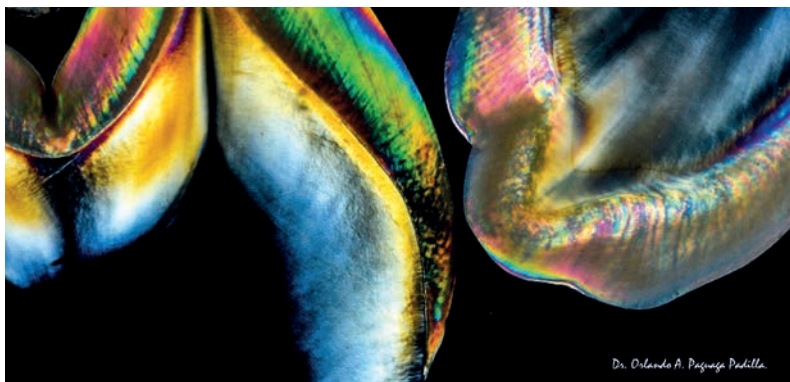
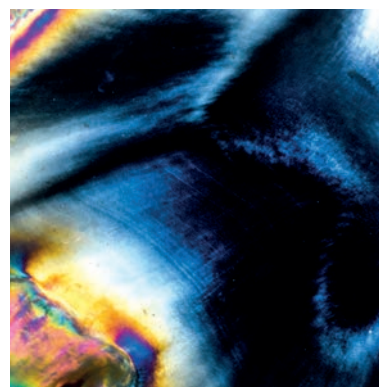
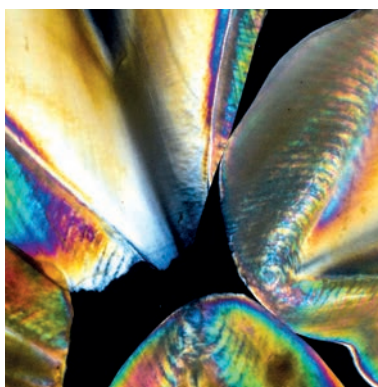
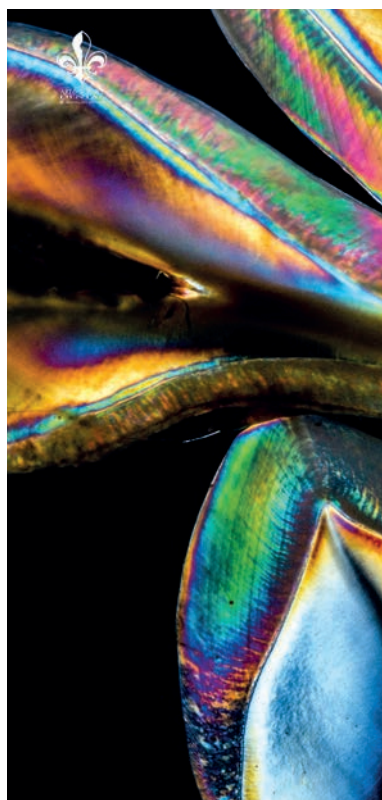


Verifica clinica dell'affidabilità dell'arco facciale digitale (AFD) nel flusso di lavoro full digital. Parte 1: descrizione della tecnica

*One hybrid abutment one time* Riabilitazione implanto-protesica a carico immediato su dente singolo in zona estetica. Un case report

Vantaggi nell'utilizzo di TiBase ad altezza variabile

Valutazione clinica e radiografica di impianti short vs impianti di lunghezza standard caricati in mandibola a cinque anni di follow-up



Dr. Orlando A. Proenza Padella



**Massimiliano Zaccaria, Paolo Vigolo**

# Verifica clinica dell'affidabilità dell'arco facciale digitale (AFD) nel flusso di lavoro full digital. Parte 1: descrizione della tecnica

**Scopo:** in questo articolo si propone una tecnica per trasferire, con la stessa affidabilità dell'arco facciale convenzionale, la posizione spaziale del mascellare superiore nel flusso di lavoro completamente digitale ricorrendo solamente alle scansioni di volto e denti e al disegno CAD dell'articolatore, senza nessun dispositivo accessorio e senza ricorrere a radiazioni ionizzanti.

**Materiali e metodi:** i materiali utilizzati sono lo scanner industriale Spider, uno scanner dentale Trios e un software di reverse engineering, Geomagic StudioX. Si sono individuati punti sulle superfici delle scansioni, costruiti piani e assi di rotazione. Si sono allineati l'arcata dentale superiore, derivante dalla scansione del volto con la scansione intraorale e l'asse di rotazione dell'articolatore con l'asse cerniera. Si è, quindi, esportato un unico file con articolatore e arcata superiore perfettamente orientati: tale file è stato infine importato nell'ambiente di modellazione digitale. **Risultati e conclusioni:** le reciproche posizioni delle arcate, durante le escursioni limite in lateralità e in protrusione, sono registrate mediante scansione intraorale. Si sono sovrapposte queste scansioni alla posizione assunta dalle arcate nell'ambiente digitale, sia a seguito dell'uso dell'arco facciale digitale, sia in caso di posizionamento arbitrario dei modelli in articolatore digitale. Si è potuto verificare che quando si usa l'arco facciale digitale (AFD) i modelli si sovrappongono con precisione.

**Parole chiave:** Arco facciale digitale, Reverse engineering.

**Massimiliano Zaccaria**  
DMD; Libero professionista, Genova

**Paolo Vigolo**  
DMD, MSD; Professore a Contratto,  
Dipartimento di Neuroscienze, Clinica  
Odontoiatrica, Università di Padova,  
Padova

**Corrispondenza:**  
**Massimiliano Zaccaria**  
Via Ceccardo Roccatagliata Ceccardi, 2  
16121 Genova  
Tel 0039010542359  
✉ studio.zaccaria.genova@gmail.com

## INTRODUZIONE

Gli articolatori sono strumenti che permettono la riproduzione meccanica della mascella, della mandibola e delle ATM. La loro funzione principale è quella di fornire una struttura dove sia possibile mettere in relazione, nei tre piani dello spazio, il modello dell'osso mascellare

con il modello dell'osso mandibolare, relativamente all'asse cerniera dello strumento. L'obiettivo della registrazione della posizione dell'arcata mascellare è quello di trasferirla nell'articolatore, coerentemente ai rapporti tridimensionali del cranio.<sup>1-8</sup> Ciò ha questi significati:

1. il rapporto fra il modello superiore

e l'asse cerniera dell'articolatore deve essere, per quanto possibile, collimante con quello fra l'arcata mascellare e l'asse cerniera del paziente;

2. il modello mascellare deve avere un orientamento preciso nello spazio rispetto al piano di riferimento scelto.<sup>8,9</sup>



Per fare ciò è indispensabile l'utilizzo di un arco facciale detto, appunto, di trasferimento. L'arco facciale individua un piano utilizzando tre punti: due posteriori ed uno anteriore.

### Localizzazione dei punti di répere posteriori

Per la localizzazione dei punti di répere posteriori è sufficiente individuare due punti cutanei, in base al tipo di piano di riferimento utilizzato dalla filosofia di lavoro del clinico e, di conseguenza, dall'articolatore scelto.<sup>10</sup> L'arco facciale a valori arbitrari presuppone la presenza di due pomelli che vanno inseriti nel meato acustico esterno. L'asse cerniera può essere, certamente, il più preciso, poiché si individua con un arco facciale cinematico: l'utilizzo di questo répere può essere indicato ogni qual volta l'operatore progetti di cambiare la dimensione verticale dell'occlusione (DVO) nell'articolatore, dopo che sono stati montati i modelli. L'assigiografia o condilografia, ideata da R. Lee<sup>11</sup> è una metodica con la quale è possibile procedere in modo diretto alla determinazione dell'asse cerniera terminale ed alle registrazioni grafiche dei tragitti condilari sul piano sagittale.

### Localizzazione del punto di répere anteriore

La relazione verticale, trasferita all'articolatore, spesso non è la posizione di riferimento estetico, ossia la posizione della testa quando un individuo è seduto, o in piedi eretto, con il livello della testa, e gli occhi fissi sull'orizzonte.<sup>12,13</sup> Il mancato trasferimento della corretta relazione verticale può causare errori estetici. Il terzo punto di riferimento, impiegato quando si usa un arco facciale, può essere uno dei seguenti:

1. il punto orbitale;
2. un punto ad una distanza fissa dal nasion (ad es., nasion meno 23 mm, che corrisponde all'incirca all'orbitale);
3. un punto arbitrario misurato verso l'alto, a partire dal margine incisale dell'incisivo laterale superiore.

Quando si utilizza uno dei primi due punti di riferimento, in combinazione con il porion o l'asse cerniera, i piani risultanti (il piano di Francoforte e il piano asse-orbitale, rispettivamente) tendono a produrre un'angolazione anteroposteriore esageratamente ripida del piano occlusale sull'articolatore. Ciò è determinato dal fatto che nessuno di questi due piani è parallelo al piano orizzontale, dal momento che entrambi i punti di riferimento posteriori sono al di sotto del punto orbitale. Secondo studi precedenti, il piano estetico (definizione) si trova, in media, 18 mm al di sopra del vero piano orizzontale, che passa attraverso l'asse cerniera. Di conseguenza, il piano di Francoforte forma un angolo di circa 8 gradi con questo piano arbitrario, mentre il piano asse-orbitale forma un angolo di 13 gradi con lo stesso piano.

Guichet<sup>14</sup> raccomanda un metodo che pone i margini incisali all'incirca nel centro dell'articolatore: ciò previene qualsiasi problema di spazio quando si montano i modelli in gesso. Per questa ragione, egli suggerisce di usare un righello che identifica un punto ad una distanza fissa dal margine incisale dell'incisivo laterale superiore destro (per l'articolatore Denar, è di 43 mm). Allo stesso tempo, questo punto di riferimento anteriore, essendo almeno 7-10 mm al di sotto dell'orbitale, determina un piano che, quando il

paziente è in posizione eretta, con gli occhi che guardano diritto davanti a sé, tende ad essere più parallelo al piano estetico rispetto ai piani di riferimento tradizionali. Ciò dà, al piano occlusale, un'inclinazione anteroposteriore simile a quella che il clinico osserva quando guarda il paziente in piedi davanti a sé.

### Localizzazione della linea dell'orizzonte

Se l'operatore usa un arco facciale cinematico, perché vuole localizzare e registrare il vero asse cerniera, deve accettare l'eventuale inclinazione dell'arco facciale sul piano frontale.

Per riportare sull'articolatore, a valori individuali, i riferimenti con l'orizzonte bisogna comunque ricorrere a metodi empirici. Così facendo, il tecnico avrà dei riferimenti sull'articolatore fatti "ad occhio" dal clinico. Con l'arco facciale a valori medi è possibile correggere la sua inclinazione, livellandolo manualmente nel piano frontale prima di bloccare la forchetta. Benché questa operazione comporti un allontanamento delle olive auricolari dal porion, nella maggior parte dei casi, la correzione da apportare è minima. Così, è possibile che i punti terminali dell'asse arbitrario si trovino ancora entro pochi millimetri dai punti terminali del vero asse cerniera.<sup>15,16</sup> Anche questo metodo di registrazione è empirico, in quanto la correzione manuale viene fatta "ad occhio" dal clinico.

### Arco facciale digitale

Al momento della scrittura del presente articolo, gli ambienti di modellazione digitale, benché prevedano la presenza di articolatori, sia a valori medi sia a valori individuali,

non prevedono l'arco facciale digitale (AFD) di trasferimento.

Come dice la parola stessa, l'arco facciale di trasferimento trasferisce i rapporti spaziali che l'arcata superiore contrae con il cranio del paziente. Per un semplice principio geometrico, un piano viene definito da almeno tre punti; esistono diversi piani di riferimento, ma tutti condividono i due punti posteriori che corrispondono all'asse di rotazione delle articolazioni temporo-mandibolari. I diversi piani si distinguono per il punto di riferimento anteriore: il piano di Francoforte fa riferimento al margine inferiore dell'orbita (Fig. 1), mentre il piano di Camper fa riferimento alla spina nasale (Fig. 2). Diversi autori hanno cercato di trasferire la posizione spaziale dell'arcata superiore in maniera precisa nell'ambiente di modellazione digitale, ricorrendo a dei processi di reverse engineering, scansionando diversi sistemi extra-orali, che replicavano la funzione dell'arco facciale di trasferimento. Ancorché,

tutti indaginosi questi sistemi, non si sono rivelati né pratici né affidabili, perché scollegate tra loro le scansioni facciali e dentali. Il sistema più semplice è quello di trasferire il cranio del paziente direttamente nell'ambiente digitale. Anche questo tipo di filone d'indagine è stato sviluppato da diversi autori: benché sia risultato molto affidabile, rimane il fatto che presuppone un'indagine tomografica a tutto il cranio rivelandosi, pertanto, inapplicabile nella pratica clinica, che non preveda la necessità di un'indagine radiologica così invasiva.

### Presupposti teorici dell'AFD

L'arco facciale convenzionale trasferisce i dati cutanei del paziente sull'articolatore: i meati acustici esterni, nel caso dell'arco facciale a valori medi, i tatuaggi cutanei delle proiezioni dell'asse cerniera, nel caso dell'arco facciale cinematico. La tecnica dell'arco facciale digitale, proposta dall'autore, prevede di utilizzare solo tre file 3D senza ausili

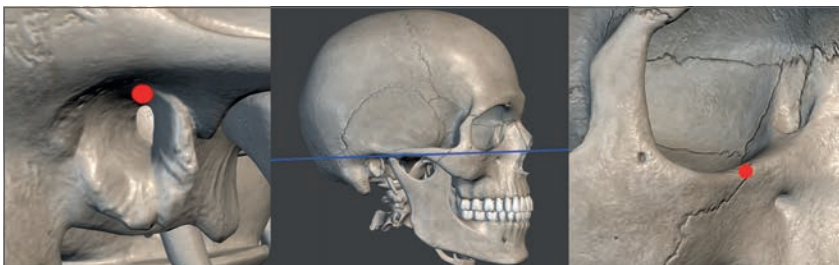
meccanici, né di radiografie; questi tre file 3D sono:

1. la scansione a colori del volto;
2. la scansione intraorale dell'arcata superiore;
3. il disegno CAD della parte superiore dell'articolatore.

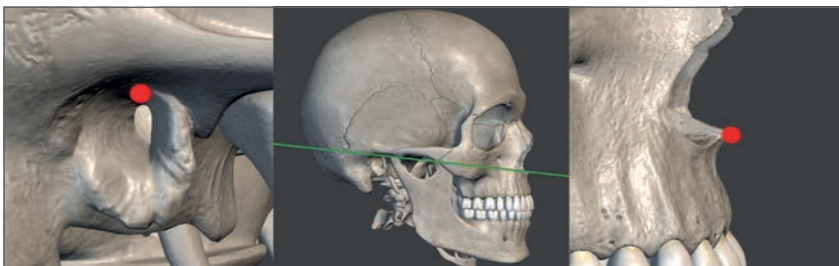
Una volta in possesso di questi tre file, ricorrendo a semplici principi geometrici, è possibile estrarre piani ed assi, che permettono di allineare le diverse parti. Una volta allineate le parti, verrà esportato un unico file da importare nell'ambiente di modellazione dentale digitale.

### Presupposti pratici

La tecnica dell'arco facciale digitale allinea direttamente l'articolatore con i dati cutanei del paziente, eliminando, quindi, il concetto di trasferimento meccanico delle informazioni. Inoltre, si elimina la necessità di acquisire ulteriori scansioni di device e allineamento degli stessi nell'ambiente di modellazione digitale. Questo tipo di approccio, prevedendo lo scanner ottico a colori per la scansione del volto, non comporta nessun tipo di invasività biologica nei confronti del paziente ed è, quindi, applicabile nella routine clinica. Inoltre, non è necessario eseguire un aggiustamento empirico dell'arco facciale secondo l'orizzonte, ma può essere fatto tutto con riferimenti geometrici precisi.<sup>17-21</sup>



**Fig. 1** Piano di Francoforte. Si estende dal bordo superiore del condotto uditivo esterno (Porion Po) al punto Orbitale (Or), o sotto orbitale.

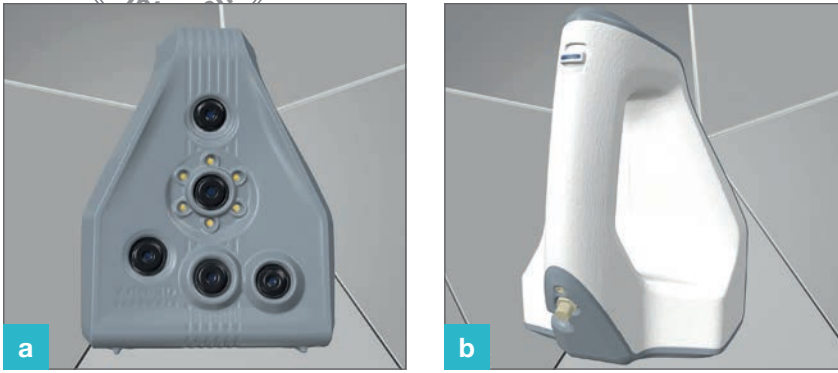


**Fig. 2** Piano di Camper. Si estende dal bordo superiore del condotto uditivo esterno (Porion Po) alla spina nasale anteriore (Sn a).

### MATERIALI E METODI

La scansione del volto viene realizzata mediante lo scanner industriale Spider (Artec3D, 2, rue Jean Engling, Luxembourg, L-1466 (Figg. 3a,b). Si tratta di uno scanner portatile che non necessita di target per l'acquisizione della scansione. Le caratteristiche tecniche più importanti sono la grande definizione dei





Figg. 3a,b Scanner extra orale Spider Artec.



Fig. 4 Scanner intraorale Trios 3shape.

dettagli, condizione indispensabile per poter allineare la scansione intraorale dell'arcata superiore con la scansione del volto. Le specifiche tecniche sono le seguenti:

1. risoluzione 3D fino a 0,1 mm;
2. precisione del puntamento 3D fino a 0,05 mm;
3. precisione a distanza fino a 0,03% oltre 100 cm;
4. colori 24 bpp;
5. risoluzione delle texture 1.3 megapixel;
6. distanza di lavoro 20-30 cm;
7. campo visivo lineare, gittata mass 70-140 mm;
8. campo visivo angolare 21°;
9. frame rate video, fino a 7.5 fps;
10. tempo di esposizione 0,0002 s.
11. il file 3D è elaborato con il programma Artec Studio 12 (Artec 3D), in modo da eliminare le parti non necessarie per gli allineamenti delle diverse scansioni e per allineare la texture a colori della superficie.

I file 3D delle arcate dentarie sono stati ricavati dallo scanner intraorale Trios 3Shape (3Shape A/S Holmens Kanal 7, 4. 1060 Copenaghen K) (Fig.

4). Una volta acquisita la scansione, il file OBJ è elaborato con il programma di reverse engineering (StudioX, 3D Systems, Inc.) Geomagic DesignX (3D SYSTEMS Circle Rock Hill, SC 29730): si tratta di un programma di reverse engineering che permette di convertire i dati di scansione 3D in modelli CAD basati su feature di alta qualità. Il programma esegue l'estrazione di modelli solidi, la modifica di mesh e l'elaborazione delle nuvole di punti. La forma geometrica dell'arco facciale digitale è importato nell'ambiente di modellazione digitale Dental System Version 2.18.1.0 (3Shape A/S).

Il focus della tecnica dell'arco facciale digitale è quello di allineare tutti i file 3D con la scansione del volto del paziente, secondo i punti cutanei di riferimento.

1. Allineare il modello digitale dell'arcata superiore con la parte visibile dei denti acquisiti con la scansione del volto;
2. individuare i punti di repère sul volto;
3. Individuare l'asse di rotazione mandibolare cinematico, o a

valori medi, in base ai tatuaggi cutanei posteriori;

4. individuare l'asse di rotazione della parte superiore dell'articolatore e le sue coordinate spaziali;
5. individuare la linea bipupillare, utilizzarla come linea dell'orizzonte e punto di partenza per la costruzione di tutte le coordinate spaziali del volto;
6. individuare un asse di rotazione mandibolare modificato, che sia una media tra l'asse di rotazione individuale e la linea bipupillare;
7. allineare il volto e la parte superiore dell'articolatore secondo i due assi di rotazione (asse di rotazione mandibolare modificato ed asse di rotazione della parte superiore dell'articolatore), centro dell'asse di rotazione dei due corpi ed in base al parallelismo della parte superiore dell'articolatore con il piano bipupillare;
8. rimuovere il volto e mantenere le informazioni, solo dell'articolatore e dell'arcata dentale superiore, che verranno esportate in un solo file da importare nell'ambiente di modellazione dentale digitale.

#### Prima fase: acquisizione delle scansioni

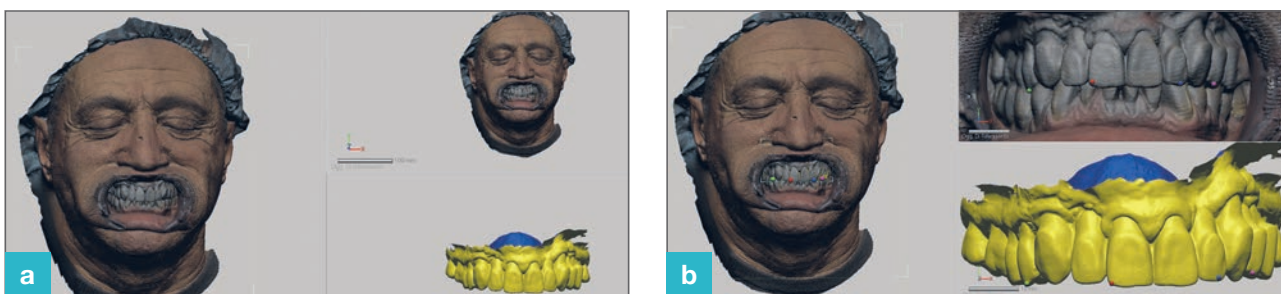
Il paziente è preparato per la scansione del volto con una cuffietta per coprire i capelli ed un divaricatore orale trasparente per esporre il più possibile i denti; per rilevare il massimo dettaglio delle superfici dentali viene usato uno spray opacizzante (Apollo di Speed Spray Dentsply Sirona Fabrikstrasse 31, Bensheim, Germania). Il rapporto tra le due arcate, in questa fase della procedura, non è di nessun interesse, in quanto verrà elaborato nell'ambiente di modellazione digitale Dental System. Una volta terminata



**Figg. 5a-d** Scansione del volto effettuata con Spider Artec (a-c). Dettagli della definizione dei denti (d).



**Figg. 6a-c** Scansione intraorale effettuata con Trios 3shape. Arcata superiore (a). Scansione intraorale effettuata con Trios 3shape. Preparazioni superiori (b). Scansione intraorale effettuata con Trios 3shape. Arcata inferiore (c).



**Figg. 7a,b** Procedura di allineamento (a). Allineamento completato (b).

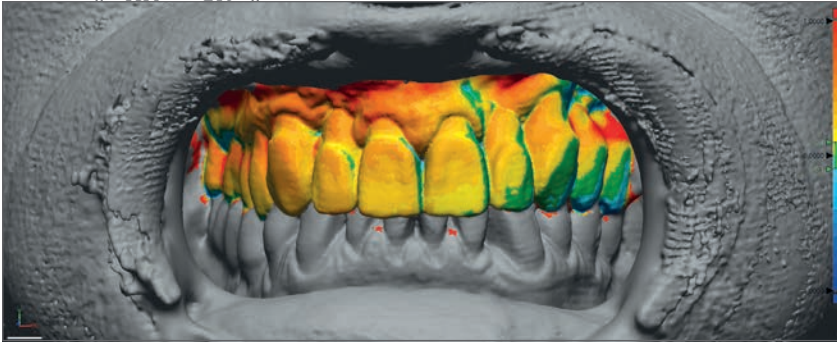
la scansione del volto con il programma Artec Studio 13 (Artec3D), i dati acquisiti sono trattati per il rendering finale: la mesh viene allineata alla texture e, quindi, è ricavato un unico file 3D a colori (Figg. 5a-e). Il file viene esportato nel formato di scambio OBJ, che abbinata le informazioni tridimensionali con le informazioni cromatiche; questo file è

importato nell'ambiente di reverse engineering StudioX. Il paziente è preparato per la scansione intraorale con un divaricatore OptraGate (Ivoclar Vivadent AG, Benderstrasse 2, 9494 Schaan, Principality of Liechtenstein) senza l'uso di spray opacizzanti (Figg. 6a-c). Il file dell'arcata superiore è esportato nel formato di scambio STL ed

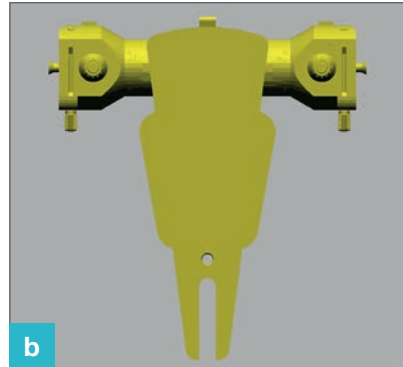
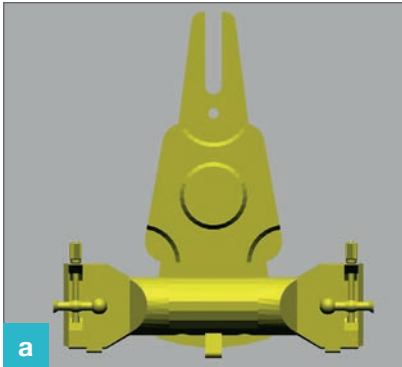
è importato nell'ambiente di reverse engineering StudioX.

**Seconda fase: allineamento tra il volto e l'arcata dentaria superiore**

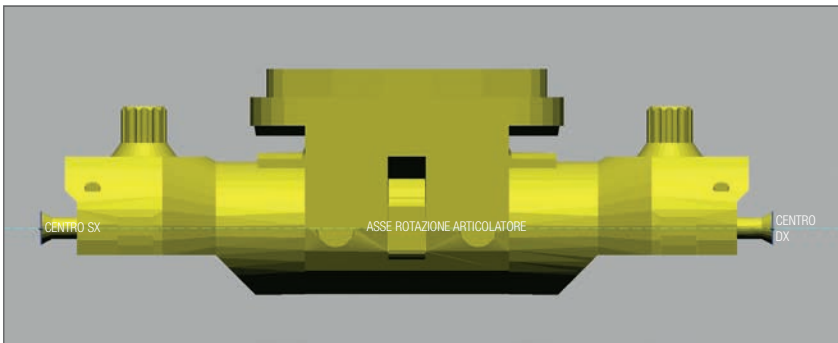
Nell'ambiente di Geomagic StudioX con la funzione allineamento tra scansioni, si allineano volto e arcata superiore (Figg. 7a,b).



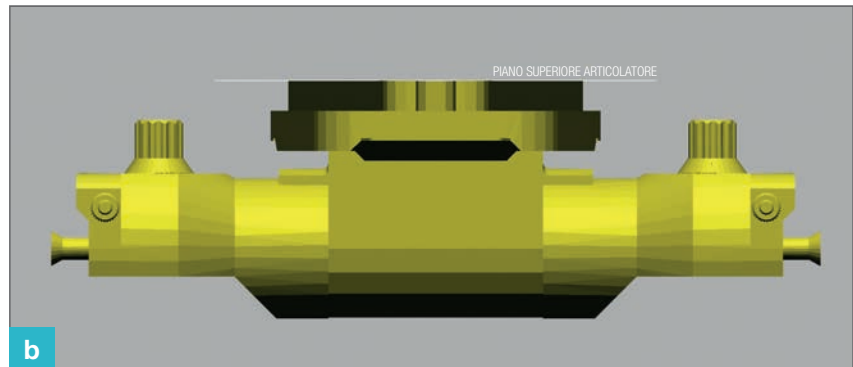
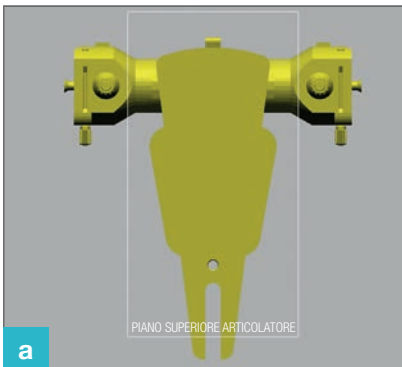
**Fig. 8** La deviazione mesh dimostra una generale accuratezza della sovrapposizione, nonostante si tratti di due scansioni effettuate con apparecchiature diverse.



**Figg. 9a,b** Parte inferiore articolatore (a). Parte superiore articolatore (b).



**Fig. 10** Asse geometrico di rotazione dell'articolatore passante per le ceste condilari.



**Figg. 11a,b** Piano superiore dell'articolatore. Vista superiore (a). Piano superiore dell'articolatore. Vista frontale (b).





La scansione del volto e la scansione intraorale hanno diverse quantità e dimensione dei triangoli acquisiti: per questo motivo la sovrapposizione delle due mesh è analizzata mediante istogramma di deviazione con impostazione a  $\pm 0,1$  mm nominali e  $\pm 1$  mm critici. L'immagine dimostra una generale accuratezza della sovrapposizione (Fig. 8).

**Terza fase: individuazione dei riferimenti sulla parte superiore dell'articolatore**

Nell'ambiente di Geomagic StudioX viene importato il modello cad dell'articolatore scelto, preso dalla libreria del programma di modellazione dentale (3Shape A/S Holmens Kanal 7, 4. Copenhagen) (Fig. 9a,b).

Attraverso le sfere di rotazione dell'articolatore, è individuato il centro per ogni lato ed è estratto

un vettore che corrisponde all'asse geometrico di rotazione dell'articolatore (Fig. 10).

In base alla parte superiore dell'articolatore viene estratto il piano geometrico di riferimento (Fig. 11a,b).

**Quarta fase: individuazione del piano estetico e dell'asse di rotazione mandibolare modificato**

Nell'ambiente di Geomagic StudioX è importato il file OBJ del volto e sono disegnati punti, piani e rette: le forme geometriche individuate sulla scansione del volto servono ad estrapolare l'asse di rotazione mandibolare modificato.

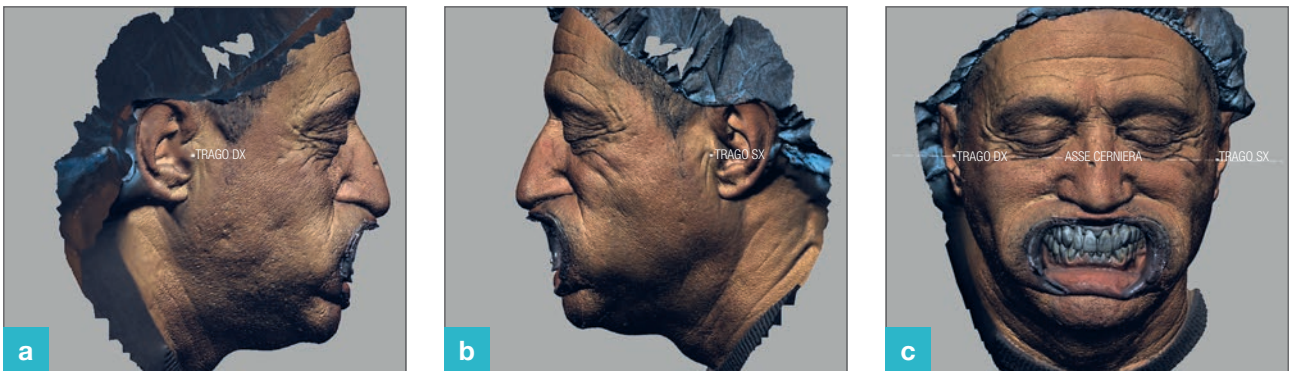
Se si abbraccia la filosofia dell'approccio semplificato, allora, è sufficiente segnare due punti sulla mesh in corrispondenza della posizione del trago destro e sinistro (Figg. 12a,b).

Se invece si abbraccia la filosofia dell'approccio individualizzato è possibile usare un assiografo per individuare le proiezioni cutanee dell'asse cerniera e segnare con un tatuaggio. In questo caso, essendo la scansione a colori, è possibile individuare il tatuaggio cutaneo e segnare i due punti corrispondenti sulla mesh.

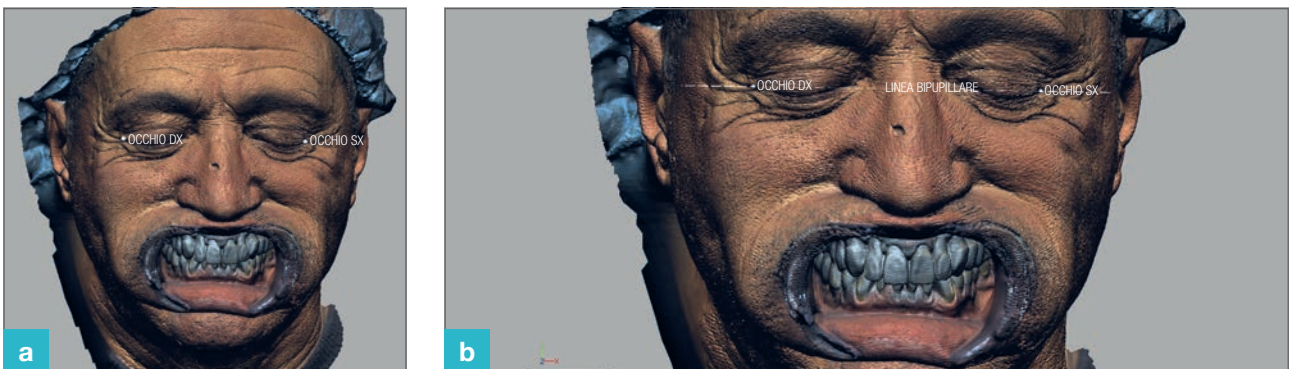
La linea che collega i due punti è l'asse cerniera (Fig. 12c).

Circa la linea bipupillare, l'ideale sarebbe individuare il centro degli occhi, ma non è possibile, in quanto la scansione del volto impiega diversi minuti e la luce emessa è fastidiosa per il paziente. Per tale ragione, la scansione viene eseguita ad occhi chiusi; si individuano i punti laterali di congiunzione tra le palpebre (Fig. 13a).

In base ai due punti si disegna la linea bipupillare, che sarà il riferimento per definire la linea dell'orizzonte

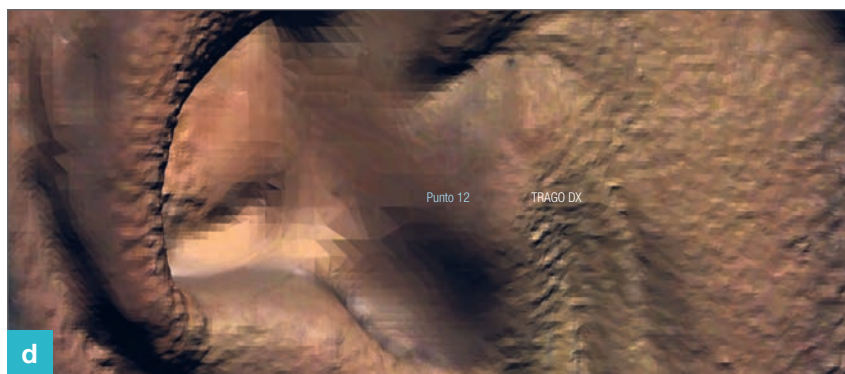
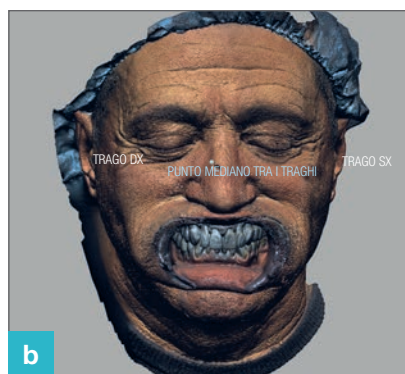
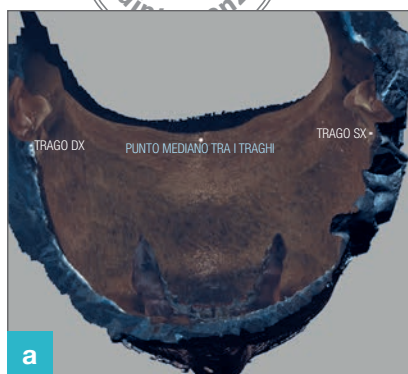


Figg. 12a-c Trago dx (a). Trago sx (b). Asse cerniera (c).



Figg. 13a,b Punti di riferimento sugli occhi (a). Linea bipupillare (b).





**Fig. 14a,b** Identificazione del punto mediano tra i due traghi.

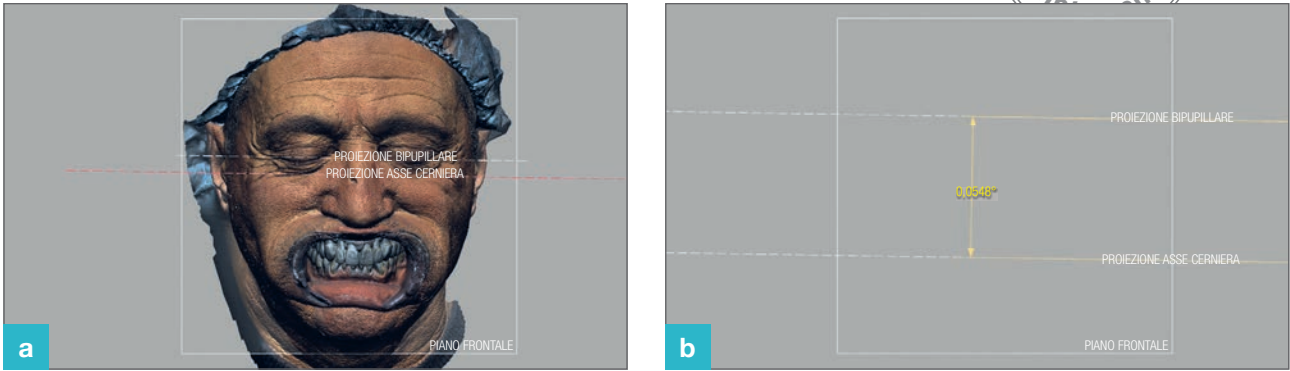
**Fig. 15a-d** Piano parallelo al frontale passante per il punto mediano tra i due traghi (a). Proiezione della linea bipupillare sul nuovo piano frontale (b). Proiezione dell'asse cerniera sul nuovo piano frontale (c). Differenza tra le emergenze cutanee dell'asse cerniera e della proiezione dell'asse cerniera sul piano frontale (d).

(Fig. 13b). Poiché la linea bipupillare e l'asse cerniera non sono paralleli e non giacciono sullo stesso piano, si decide di far partire tutti i calcoli geometrici da un piano arbitrario. Segnato il centro dell'asse cerniera (Fig. 14a,b), si crea un nuovo piano frontale, passante per il centro dell'asse cerniera e parallelo al piano frontale dell'area di lavoro (Fig. 15a). Nonostante sia un piano frontale arbitrario, se tutti i riferimenti sono proiettati su di esso, saranno sempre in un rapporto reciproco corretto. Si proietta la linea

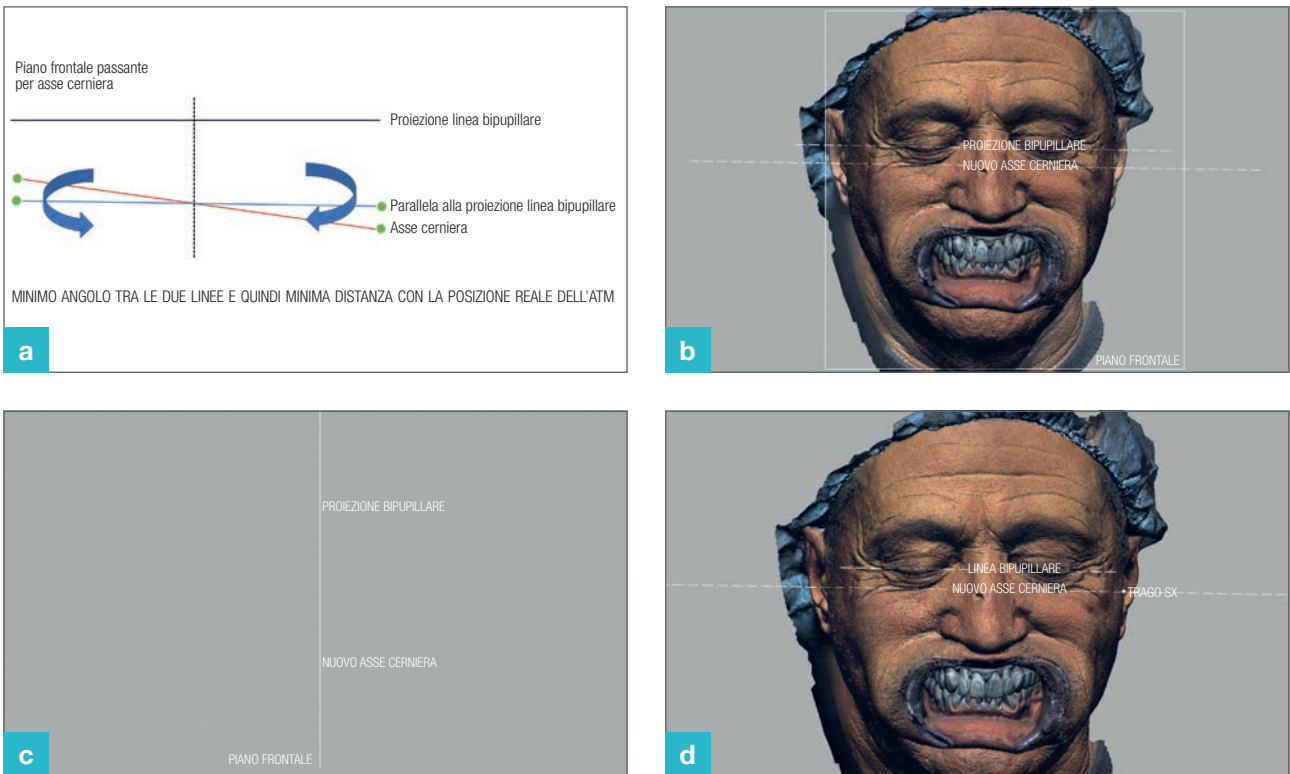
bipupillare sul nuovo piano frontale (Fig. 15b). Si proietta l'asse cerniera sul nuovo piano frontale (Fig. 15c). A dimostrazione del fatto che l'asse cerniera non è parallelo a quello proiettato sul piano frontale, si può vedere come le proiezioni cutanee di quest'ultimo differiscono dai traghi tatuati sulla cute (Fig. 15d). Poiché la proiezione della linea bipupillare e la proiezione dell'asse cerniera si trovano sullo stesso piano (Fig. 16a), è possibile calcolare la differenza angolare tra le due proiezioni (Fig. 16b).

Per correggere in maniera matematica la discrepanza angolare dell'asse cerniera e distribuire in maniera omogenea la correzione tra destra e sinistra, è sufficiente seguire la seguente formula geometrica (Fig. 17a); si crea quindi una nuova retta dalle seguenti caratteristiche:

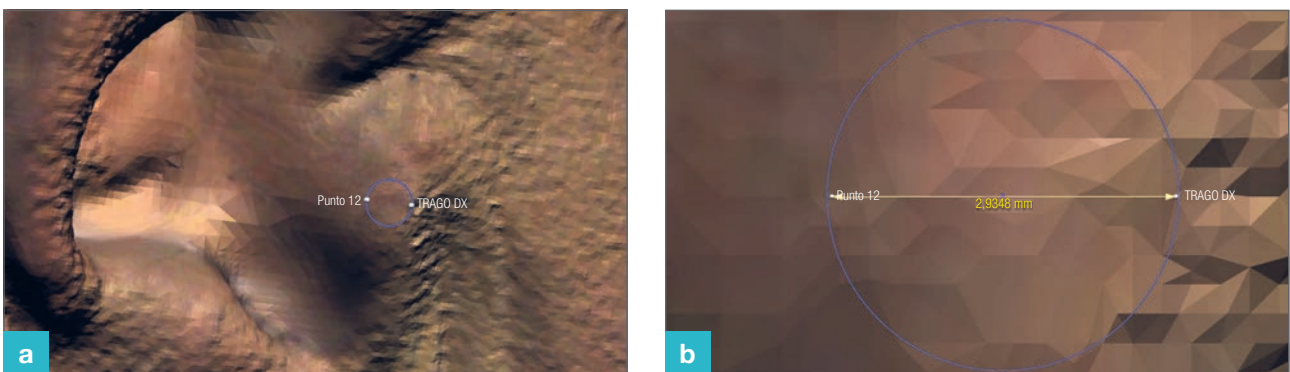
- Giace sul nuovo piano frontale (Fig. 17b).
- Passa per il centro matematico tra il trago destro e sinistro (Fig. 17c).
- È parallela alla linea bipupillare (Fig. 17d).



Figg. 16 a,b Individuazione delle due proiezioni sullo stesso piano (a). Calcolo della discrepanza angolare tra le due proiezioni (b).

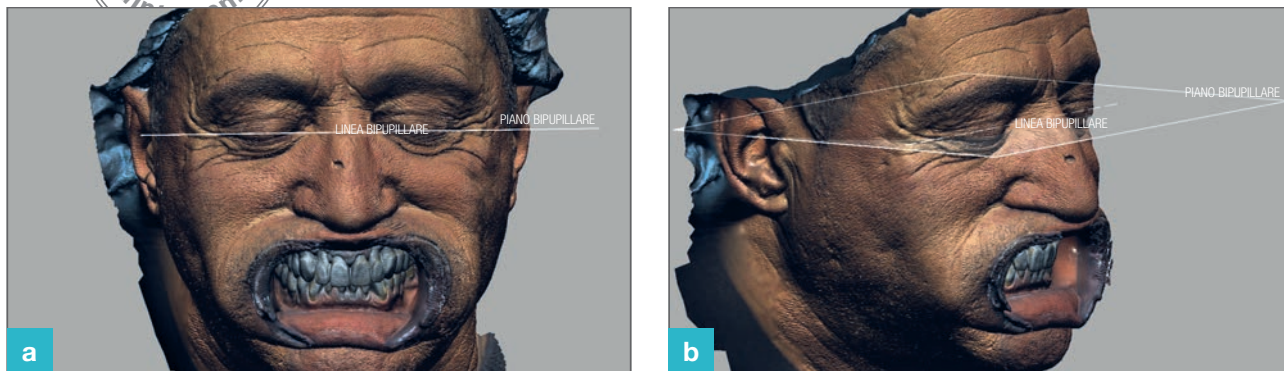


Figg. 17 a-c Teoria del nuovo asse cerniera (a). Individuazione del nuovo asse cerniera sul piano frontale (b,c). Nuovo asse cerniera parallelo alla linea bipupillare (d).



Figg. 18a,b Calcolo dell'area in cui giacciono le due proiezioni cutanee del vecchio e nuovo asse cerniera.





**Figg. 19a,b** Piano bipupillare. Visione frontale.

Questa retta è il nuovo asse cerniera modificato, parallelo alla linea bipupillare.

Le due proiezioni cutanee del nuovo asse cerniera sono diverse da quelle indicate come trago destro e sinistro (Fig. 18a).

Queste proiezioni cutanee giacciono all'interno di un cerchio di 2,93 mm di diametro (Fig. 18b). In base ai dati della letteratura, si può ritenere clinicamente accettabile questa discrepanza rispetto ai punti individuati mediante assiografia.

Con questo metodo le proiezioni cutanee dell'asse cerniera modificato, essendo ricavate da calcoli geometrici, saranno molto più accurate e ripetibili rispetto all'aggiustamento manuale fatto sull'arco facciale in maniera arbitraria.

Inoltre, le discrepanze rispetto al porion, benché diverse tra destra

e sinistra, saranno le più piccole possibili. Viene, infine, creato il piano bipupillare ortogonale al frontale e passante per la linea bipupillare (Figg. 19a,b).

#### Quinta fase: orientamento della parte superiore dell'articolatore

Terminato l'allineamento si può procedere alla fusione in un unico file degli elementi che serviranno per l'utilizzo nell'ambiente di modellazione dentale. Il valore aggiunto di questa tecnica è quello di mantenere la corrispondenza tra piani e assi di rotazione, spostando nello spazio la parte superiore dell'articolatore:

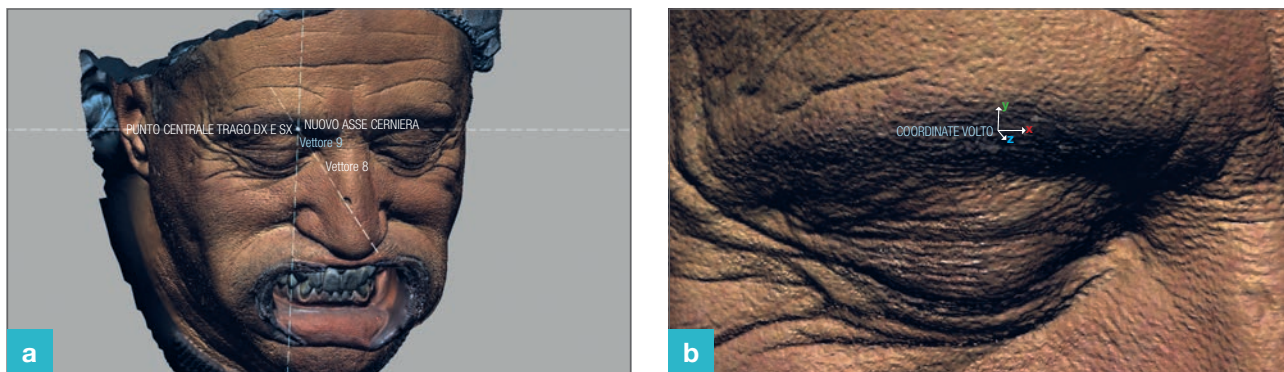
1. l'asse di rotazione dell'articolatore deve coincidere con il nuovo asse cerniera del volto;
2. il piano articolatore sarà parallelo al piano bipupillare.

Per allineare la parte superiore

dell'articolatore con il nuovo asse di rotazione è necessario, in questo caso per il programma geomagic studioX, creare un sistema di coordinate, uno per il volto ed uno per la parte superiore dell'articolatore, giacenti entrambi sul centro dei rispettivi assi di rotazione. Circa il volto, si creano tre vettori ortogonali con origine dal centro del nuovo asse di rotazione (Fig. 20a) e si genera un nuovo sistema di coordinate coincidenti con i tre vettori (Fig. 20b).

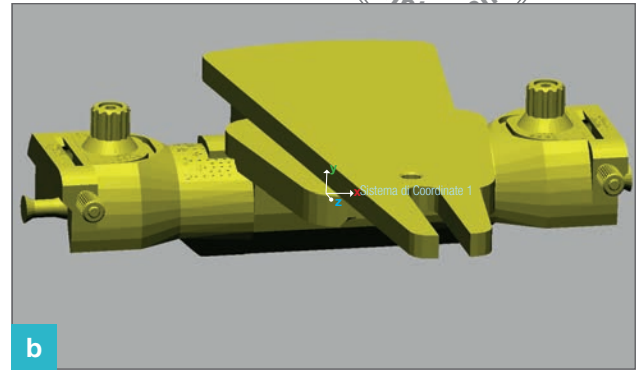
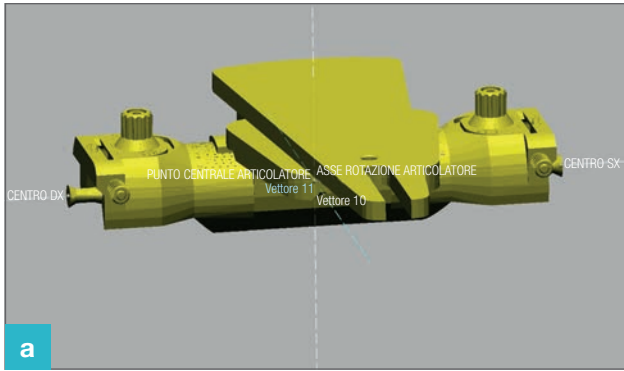
Circa la parte superiore dell'articolatore, si creano tre vettori ortogonali con origine dal centro dell'asse di rotazione (Fig. 21a) e si genera un nuovo sistema di coordinate coincidenti con i tre vettori (Fig. 21b).

Prima dell'allineamento, volto e articolatore sono disallineati (Fig. 22a), mentre facendo coincidere i sistemi di coordinate, i due corpi si allineano

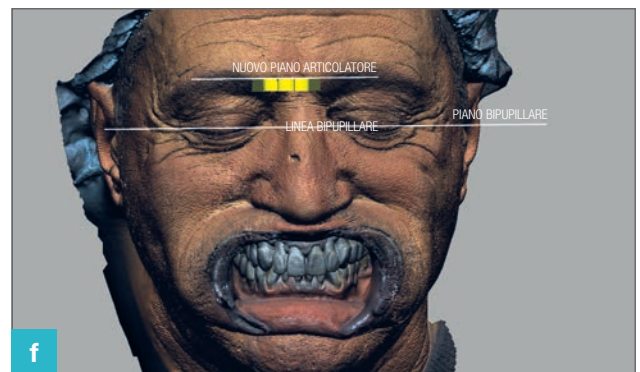
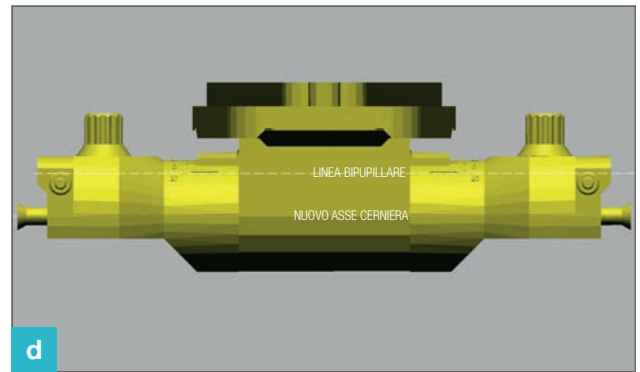
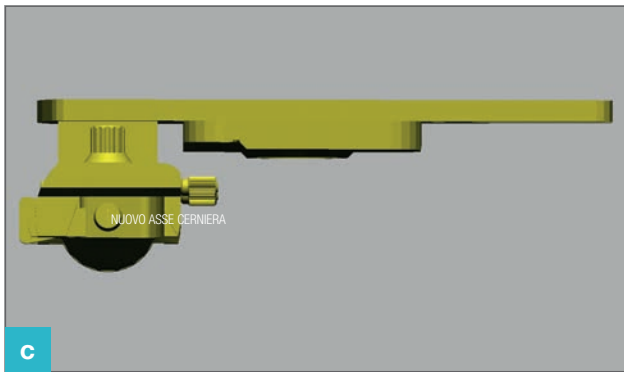


**Figg. 20a,b** Creazione di tre vettori ortogonali tra loro e passanti per il centro del nuovo asse cerniera del volto (a). Creazione di un sistema di coordinate coincidente con i tre vettori ortogonali e giacente al centro del nuovo asse cerniera del volto (b).





**Figg. 21a,b** Creazione di tre vettori ortogonali tra loro e passanti per il centro del nuovo asse cerniera dell'articolatore (a). Creazione di un sistema di coordinate coincidente con i tre vettori ortogonali e giacente al centro del nuovo asse cerniera dell'articolatore (b).



**Figg. 22a-f** Condizione prima dell'allineamento di volto e articolatore (a). Condizione dopo l'allineamento di volto e articolatore (b). Coincidenza tra asse di rotazione articolatore e nuovo asse cerniera (c). Parallelismo tra asse di rotazione articolatore e la linea bipupillare (d). Coincidenza tra le olive dell'articolatore e le proiezioni cutanee del nuovo asse cerniera (e). Parallelismo tra il nuovo piano orizzontale del volto ed il piano superiore dell'articolatore (f).

perfettamente in maniera geometrica (Fig. 22b). Dalla visione laterale si può apprezzare come l'asse di rotazione dell'articolatore coincida con il nuovo asse cerniera (Fig. 22c).

Dalla visione frontale si può apprezzare il parallelismo tra l'asse di rotazione dell'articolatore e la linea bipupillare (Fig. 22d).

Dalla visione posteriore è possibile vedere come i rapporti anatomici siano rispettati e coerenti con i riferimenti geometrici (Fig. 22e)

Dalla visione frontale si può apprezzare il parallelismo tra il piano bipupillare ed il piano superiore

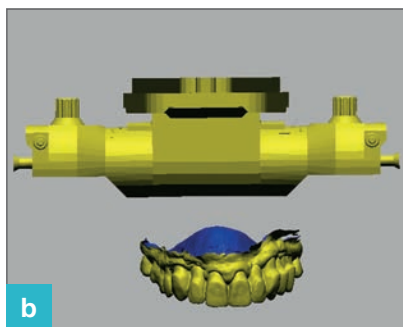
dell'articolatore (Fig. 22f). Una volta che si è allineata la parte superiore dell'articolatore, con i riferimenti del volto, si è fatto quello che in ambiente analogico corrisponde alla livellazione manuale dell'arco facciale, a valori medi in maniera arbitraria rispetto alla linea bipupillare valutata solo visivamente in maniera approssimativa.

Avendo allineato in precedenza il modello dell'arcata superiore al volto (Fig. 23a) ed avendo allineato la parte superiore dell'articolatore al volto, l'ambiente di lavoro di GEOMAGIC STUDIOX è quello che

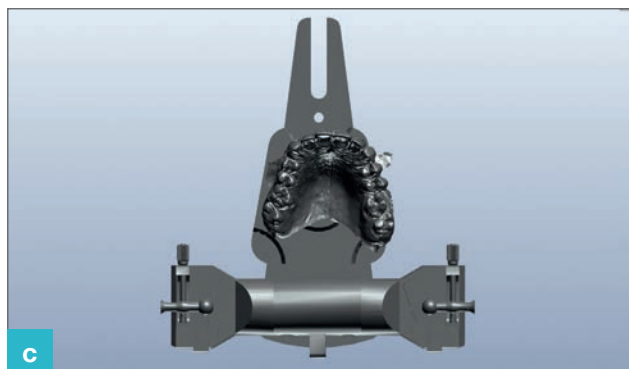
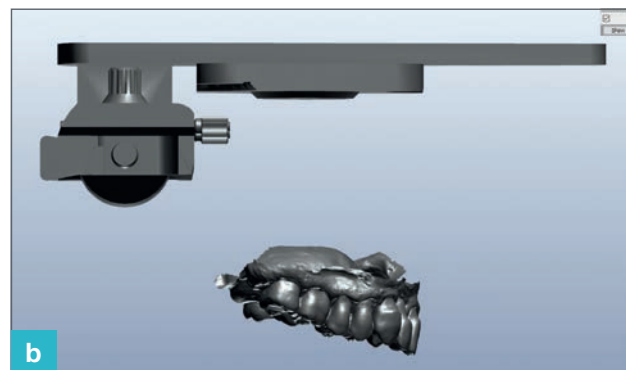
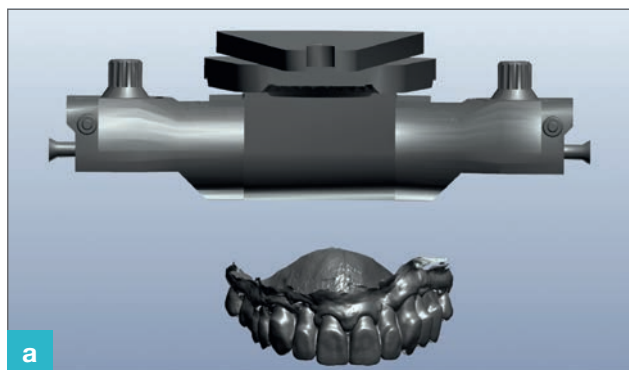
in ambiente analogico corrisponde alla forchetta dell'arco facciale (Fig. 23b). Tutti e due i file risultano allineati in maniera individuale tra loro e, quindi, esportati in un file di scambio, tipo STL (Figg. 24a-c). A questo punto della tecnica, si può incominciare a lavorare nell'ambiente dentale Dentsystem (3Shape A/S).

### Sesta fase: introduzione dell'AFD nell'ambiente di modellazione digitale

Il modulo d'ordine viene preparato come al solito. Si utilizzerà la funzione di inserimento delle scansioni



**Figg. 23a,b** Allineamento volto denti (a). Allineamento articolatore denti, ossia arco facciale digitale (b).



**Figg. 24a-c** File stl dell'AFD. Visione frontale (a). File stl dell'AFD. Visione laterale (b). File stl dell'AFD. Visione oclusale (c).



accessorie nell'ambiente di modellazione digitale DentalSystem (3Shape A/S), importando il file dell'AFD.

Appena il flusso di lavoro lo consente, si deve attivare la visualizzazione dell'articolatore, che servirà da forma di repère per allineare l'arco facciale digitale ed il modello superiore.

Essendo la parte superiore dell'arco facciale digitale, la stessa parte geometrica del file proposto dal programma di modellazione, i due oggetti 3D potranno essere sovrapposti manualmente con buona affidabilità (Figg. 25a,b).

Gli allineamenti da effettuare nell'ambiente del DentalSystem seguono questa logica:

1. il file dell'AFD deve essere allineato con la parte superiore dell'articolatore;

2. l'arcata superiore, presente nell'AFD, deve essere allineata con il modello dell'arcata superiore dell'ambiente di modellazione.

Così facendo, i due file, l'articolatore e il modello superiore, inizialmente scollegati tra loro nell'ambiente DentalSystem, vengono messi in corretto rapporto reciproco, come individuato nel volto del paziente (Figg. 26a,b). A questo punto del flusso di lavoro, si può nascondere l'AFD e si può procedere con la modellazione, in maniera convenzionale, avendo la sicurezza che la funzione dell'articolatore sia affidabile, in quanto sovrapponibile alla metodica convenzionale.

**DISCUSSIONI E CONCLUSIONI**

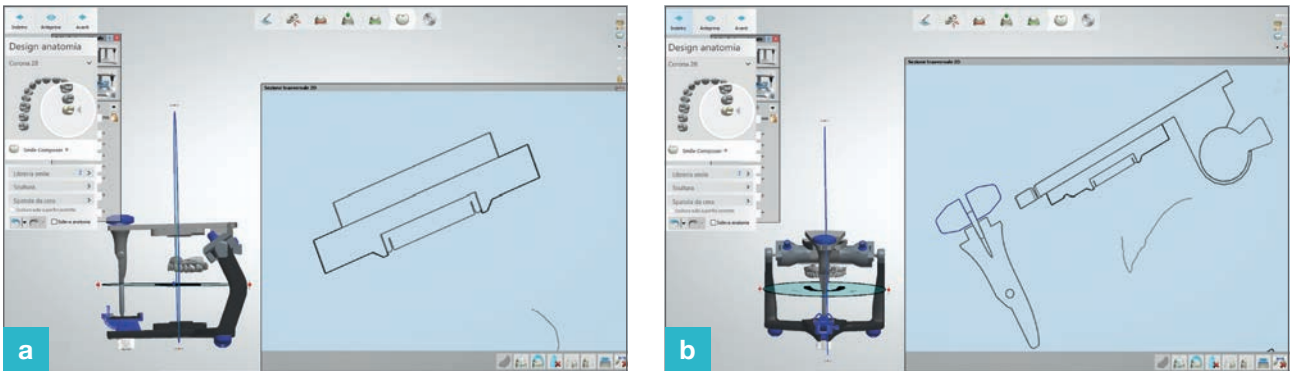
Si sono eseguite le scansioni del volto e dell'arcata superiore con due scanner diversi.

Si è utilizzato il disegno CAD della parte superiore dell'articolatore.

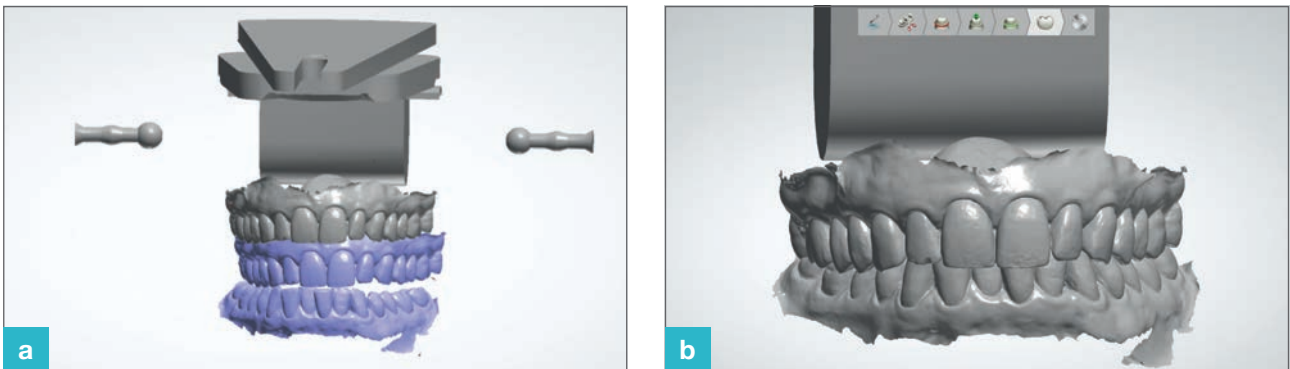
Si sono creati piani che massimizzano la corrispondenza tra l'articolatore e la linea bipupillare, che viene comunemente utilizzata come riferimento estetico.

Si sono creati assi di rotazione, che minimizzano la discrepanza tra i riferimenti cutanei e la linea bipupillare/orizzonte, distribuendo tale discrepanza in modo uniforme ed uguale a destra come a sinistra.

Si è eliminata la necessità di ricorrere a dei dispositivi meccanici extra orali, per rilevare la posizione spaziale dell'arcata superiore rispetto all'asse cerniera, riducendo in modo drastico l'errore dovuto alla mobilità dei tessuti ed agli aggiustamenti manuali, per far coincidere il piano dell'arco facciale con la linea dell'orizzonte.



**Figg. 25a,b** Allineamento AFD con l'articolatore all'interno dell'ambiente di modellazione digitale. Sezione frontale (a). Allineamento AFD con l'articolatore all'interno dell'ambiente di modellazione digitale. Sezione sagittale (b).



**Figg. 26a,b** Modelli di lavoro inizialmente disallineati con AFD (a). Modelli di lavoro allineati con AFD (b).



## BIBLIOGRAFIA

1. Solaberrieta E, Mínguez R, Barrenetxea L, Etzaniz O. Direct transfer of the position of digitized casts to a virtual articulator. *J Prosthet Dent*. 2013 Jun;109(6):411-4.
2. Solaberrieta E, Garmendia A, Mínguez R, Brizuela A, Pradies G. Virtual face-bow technique. *J Prosthet Dent*. 2015 Dec;114(6):751-5.
3. Solaberrieta E, Mínguez R, Barrenetxea L, Otegi JR, Szentpétery A. Comparison of the accuracy of a 3-dimensional virtual method and the conventional method for transferring the maxillary cast to a virtual articulator. *J Prosthet Dent*. 2015 Mar;113(3):191-7.
4. Solaberrieta E, Otegi JR, Mínguez R, Etzaniz O. Improved digital transfer of the maxillary cast to a virtual articulator. *J Prosthet Dent*. 2014 Oct;112(4):921-4.
5. Solaberrieta E, Arias A, Brizuela A, Garikano X, Pradies G. Determining the requirements, section quantity, and dimension of the virtual occlusal record. *J Prosthet Dent*. 2016 Jan;115(1):52-6.
6. Solaberrieta E, Garmendia A, Brizuela A, Otegi JR, Pradies G, Szentpétery A. Intraoral Digital Impressions for Virtual Occlusal Records: Section Quantity and Dimensions. *Biomed Res Int*. 2016;2016:7173824.
7. Schallhorn RG. A study of the arbitrary center and the kinematic center of rotation for face-bow mountings. *J Prosthet Dent* 1957;7:162-169.
8. Lauritzen AG, Bodner GH. Variations in location of arbitrary and true hinge axis points. *J Prosthet Dent* 1961;11:224-229.
9. Walker PM. Discrepancies between arbitrary and true hinge axes. *J Prosthet Dent*. 1980 Mar;43(3):279-85.
10. Palik JF, Nelson DR, White JT. Accuracy of an earpiece face-bow. *J Prosthet Dent*. 1985 Jun;53(6):800-4.
11. Lee RL. Jaw movements engraved in solid plastic for articular controls. I. Recording apparatus. *J Prosthet Dent*. 1969 Aug;22(2):209-24.
12. Wilkie ND. The anterior point of reference. *J Prosthet Dent*. 1979 May;41(5):488-96.
13. Pitchford JH. A reevaluation of the axis-orbital plane and the use of orbitale in a facebow transfer record. *J Prosthet Dent*. 1991 Sep;66(3):349-55.
14. Guichet NF. The Denar system and its application in everyday dentistry. *Dent Clin North Am*. 1979 Apr;23(2):243-57.
15. Dawson P. Evaluation, Diagnosis, and Treatment of Occlusal Problems, ed 2. St Louis: Mosby, 1989:238-260.
16. Preston JD. A reassessment of the mandibular transverse horizontal axis theory. *J Prosthet Dent*. 1979 Jun;41(6):605-13.
17. Ahn JS, Park A, Kim JW, Lee BH, Eom JB. Development of Three-Dimensional Dental Scanning Apparatus Using Structured Illumination. *Sensors (Basel)*. 2017 Jul 15;17(7).
18. Renne W, Ludlow M, Fryml J, Schurch Z, Mennito A, Kessler R, Lauer A. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. *J Prosthet Dent*. 2017 Jul;118(1):36-42.
19. Nedelcu R, Olsson P, Nyström I, Thor A. Finish line distinctness and accuracy in 7 intraoral scanners versus conventional impression: an in vitro descriptive comparison. *BMC Oral Health*. 2018 Feb 23;18(1):27.
20. Hack GD, Sebastian B, Patzelt M. Evaluation of the accuracy of six intraoral scanning devices: An in-vitro investigation. *ADA Professional Product Review* 2015;10:1-5.
21. Nedelcu RG, Persson AS. Scanning accuracy and precision in 4 intraoral scanners: an in vitro comparison based on 3-dimensional analysis. *J Prosthet Dent*. 2014 Dec;112(6):1461-71.

**Massimiliano Zaccaria, Paolo Vigolo**

## Clinical verification of the reliability of the digital facebow in a full digital workflow. Part 1: description of the technique

**Purpose:** In this article a technique has been presented to transfer the spatial position of the maxilla, following a fully digital workflow, achieving the same reliability of a conventional facebow; only scanning procedures of face and teeth have been accomplished and CAD drawing of the articulator has been performed without any accessory device and without the need for ionizing radiation. **Materials and methods:** An industrial scanner Spider, a Trios dental scanner and a reverse engineering software dental Geomagic StudioX have been used. All points were identified on the surfaces of the scans; planes and axes of rotation were created. The dental arches, resulting from face scanning, were lined up with intraoral scanning; the axis of rotation of the articulator was lined up with the hinge axis. Everything has then been exported to a single file with the articulator and the maxillary teeth perfectly oriented: this file was finally imported into a digital modeling environment. **Results and conclusions:** All mutual positions of intraoral scanned arches, while hiking the limits in laterality and protrusion, have been recorded. These scans were overlapped to the position taken by the arches in the digital environment, as a result of the use of digital facebow and of arbitrary positioning in the digital articulator of the models. It was possible to verify that all patterns overlapped with precision when using a digital facebow (AFD).

**Keywords:** Digital facebow, Reverse engineering.