

Massimiliano Zaccaria, Paolo Vigolo

Recupero del piano occlusale protesico perso o compromesso

Scopo dello studio: in questo articolo si propone una tecnica digitale per correggere il piano occlusale, se presente, o come crearlo da zero, se assente.

Materiali e metodi: con la scansione del volto e l'allineamento della scansione intraorale delle arcate è possibile individuare delle misure sovrapponibili a quelle cefalometriche senza dover ricorrere ad indagini invasive con radiazioni ionizzanti.

Risultati e conclusioni: la possibilità di avere a disposizione la scansione della testa del paziente e contestualmente le arcate in occlusione con una grande precisione permette di ricavare qualunque rapporto geometrico tra i réperi anatomici. La scansione del volto e dei denti contestualmente è la chiave di volta per poter eseguire la protesi dentale con procedure cliniche digitali equivalenti a quelle analogiche.

Parole chiave: Piano occlusale, Procedure digitali.

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

Può capitare che il piano occlusale si presenti compromesso: o per la perdita totale di tutti gli elementi dentari o alterato da mal posizioni dentali e/o da una scorretta anatomia dentale. Inoltre, bisogna tenere conto che spesso la riabilitazione del piano occlusale è accompagnata dalla necessità di intervenire sulla dimensione verticale di occlusione. Con la scansione del volto e l'allineamento della scansione intraorale delle arcate è possibile individuare delle misure sovrapponibili a quelle

cefalometriche senza dover ricorrere ad indagini invasive con radiazioni ionizzanti.

È possibile quindi, valutare come correggere il piano occlusale, se presente, o come crearlo da zero, se assente.

MATERIALI

La scansione del volto viene realizzata mediante scanner industriale spider Artec Group (Fig. 1). Si tratta di uno scanner portatile che non necessita di target per l'acquisizione della scansione. Le caratteristiche

tecniche più importanti 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 mp.
6. Distanza di lavoro 0,2-0,3 m.
7. Campo visivo lineare, gittata mass 70 mm-140 mm.
8. Campo visivo angolare 21°.
9. Frame rate video, fino a 7.5 fps.
10. Tempo di esposizione 0,0005 s.



Fig. 1 Scanner industriale spider.

Il file 3D è stato elaborato per il processo di reverse engineering con il programma studio 13 Artec Group in modo da eliminare le parti non necessarie per gli allineamenti delle diverse scansioni.

I file 3D delle arcate dentarie sono stati ricavati dallo scanner intraorale Trios 3Shape A/S Holmens Kanal 7, 4. 1060 Copenhagen K (Fig. 2a). Una volta acquisita la scansione, il file stl è stato elaborato con il programma di reverse engineering StudioX 3D Systems, Inc.

METODI

Individuando i punti di riferimento cutanei sulla scansione del volto è possibile analizzare nei tre piani dello spazio la posizione del piano occlusale.

Sul piano sagittale è possibile fare riferimento alla linea ala-trago e quindi, analizzare la curva di Spee.

Sul piano frontale è possibile fare riferimento alla linea bipupillare e quindi, analizzare la curva di Wilson.

Il focus della tecnica dell'analisi digitale del piano occlusale è quello di allineare tutti 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 repere posteriori ed anteriori tatuati sulla cute per estrapolare il piano di Camper.
3. Individuare la linea bipupillare ed utilizzarla come linea dell'orizzonte.
4. Identificare il piano occlusale ed estrapolare l'asse antero-posteriore e l'asse latero laterale.
5. Misurare il valore angolare tra linea ala trago e l'asse antero-posteriore del piano occlusale.
6. Misurare il valore angolare tra linea bipupillare e l'asse latero laterale del piano occlusale.
7. Analizzare i dati e modificare l'orientamento spaziale del modello superiore per conformarlo ai valori più idonei.
8. Esportare il modello orientato, insieme all'AFD, nell'ambiente di lavoro Dentalsystem.

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

vengono impostati i parametri di scansione indicati nella figura 2b.

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 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.

Il file viene esportato nel formato di scambio OBJ che abbina 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, Liechtenstein) senza l'uso di spray opacizzanti.

L'ordine accettato proveniente dal Trios tramite Direct Connect, deve essere esplorato per copiare i file dcm delle scansioni. I file delle scansioni devono essere convertiti in file stl tramite il programma Daktit Crossmanager 2018. Solo con questo formato i file potranno essere importati nell'ambiente di reverse Engineering Geomagic 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.



Fig. 2a Scanner intraorale trios.



Fig. 2b Parametri di scansione spider.

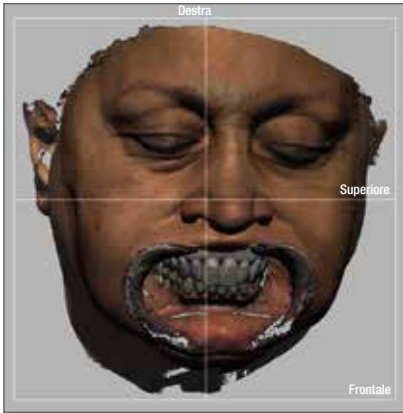


Fig. 3 Volto orientato come generato dalla scansione.



Fig. 4 Volto orientato nell'ambiente di lavoro studio X.

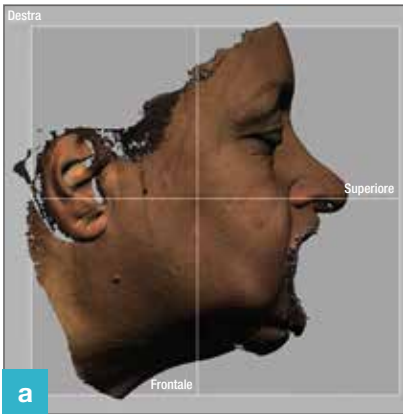


Fig. 5a Proiezione destra del volto ricavata da comandi automatici ripetibili.

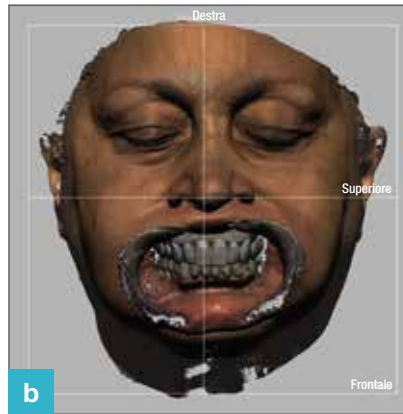


Fig. 5b Proiezione frontale del volto ricavata da comandi automatici ripetibili.

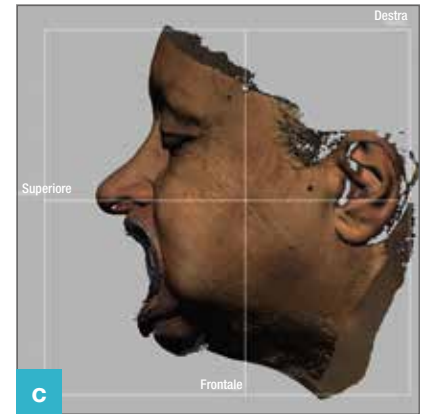


Fig. 5c Proiezione sinistra del volto ricavata da comandi automatici ripetibili.



Fig. 6 Individuazione del tragion destro.



Fig. 7 Individuazione del tragion sinistro.

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 ± 1 mm critici.

Terza fase: individuazione dei punti cutanei

La scansione del volto viene orientata in maniera empirica con i piani di riferimento dell'ambiente di lavoro (Figg. 3,4); questo orientamento serve solo a poter effettuare le rotazioni frontali e laterali in maniera veloce e ripetitiva (Figg. 5a-c). L'orientamento empirico non inficia le

misurazioni in quanto tutto avviene in base ai rapporti tra le scansioni. Viene individuato il punto cutaneo corrispondente al tragion dell'orecchio sia a dx (Fig. 6) che a sx (Fig. 7). Viene individuato il punto cutaneo corrispondente alla cresta dell'ala nasale (Fig. 8). Viene individuato il punto cutaneo corrispondente all'exocanthion (l'angolo esterno

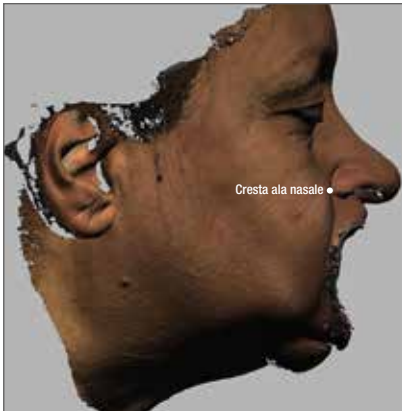


Fig. 8 Individuazione della cresta ala naso dx.

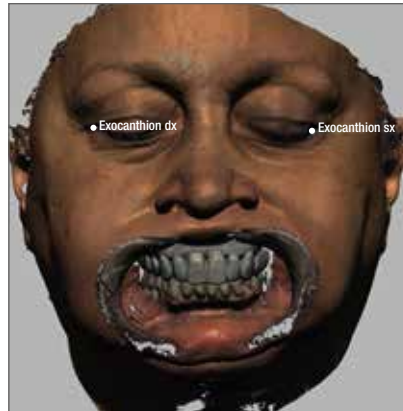
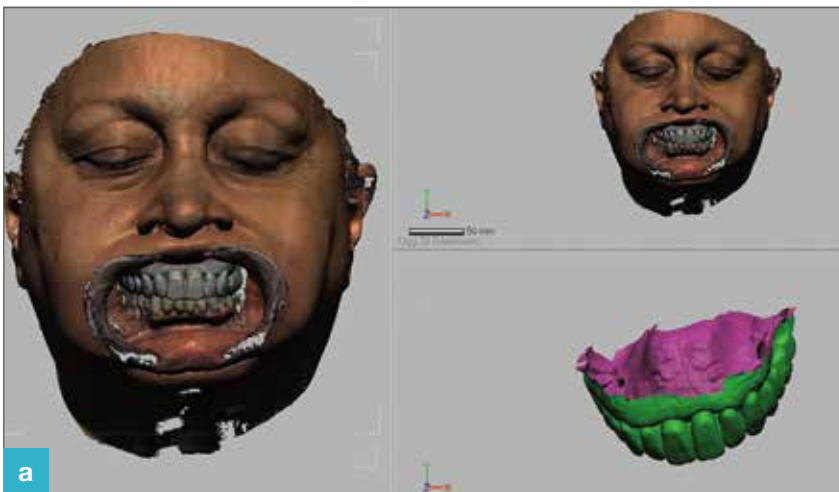


Fig. 9 Individuazione dell'exocanthion dx e sx.



Fig. 10 Individuazione della columella.



Figg. 11a,b Allineamento dell'arcata superiore acquisita con trios con il volto acquisito con spider.

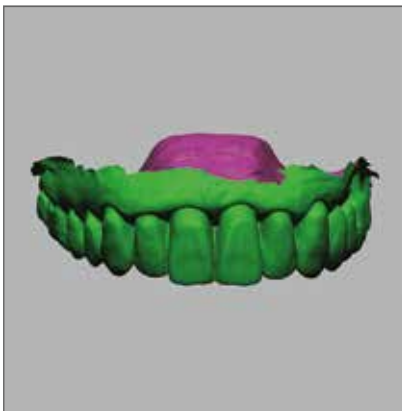


Fig. 12 Modello arcata superiore.

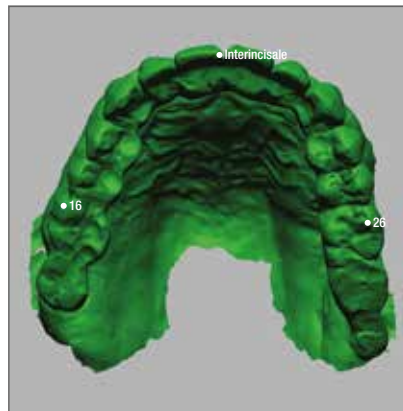


Fig. 13 Individuazione dei tre punti occlusali.

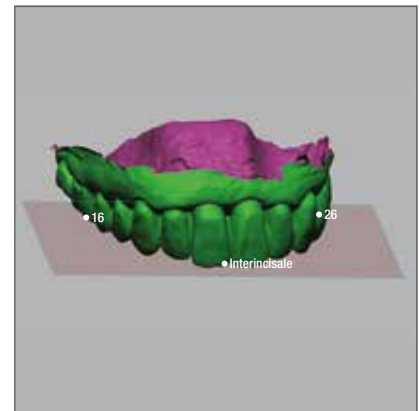


Fig. 14 Costruzione della geometria rappresentativa del piano occlusale.

dell'occhio) sia a dx che a sx (Fig. 9). Viene individuato il punto cutaneo corrispondente alla columella, sottile segmento di cartilagine rivestita di cute che separa le due narici (Fig. 10).

Quarta fase: individuazione dei riferimenti del piano occlusale

La scansione dell'arcata superiore viene sovrapposta all'arcata superiore presente nella scansione del volto (Figg. 11a,b).

Sul modello dell'arcata superiore (Fig. 12) vengono individuati tre punti (Fig. 13):

1. Vertice della cuspidè mesio vestibolare di 16 e 26.
2. Punto interincisale tra 11 e 21.

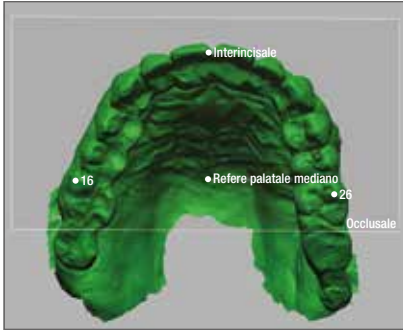


Fig. 15 Individuazione di un punto al centro del rafe palatino mediano.

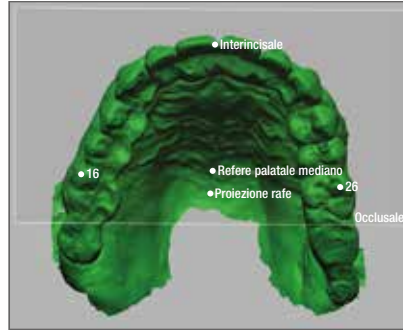


Fig. 16 Proiezione del punto centrale del rafe palatino mediano sul piano occlusale.

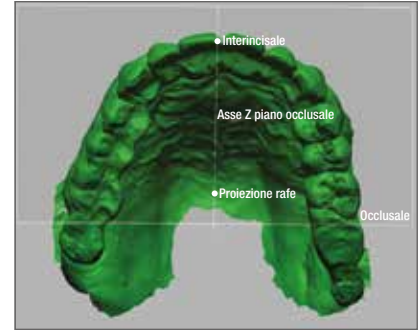


Fig. 17 Costruzione della geometria rappresentativa dell'asse antero-posteriore del piano occlusale.

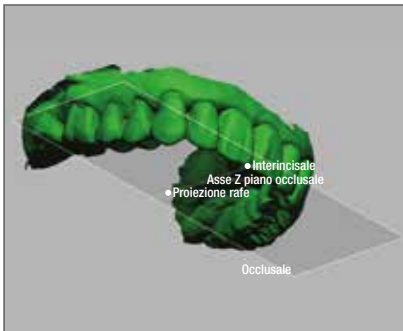


Fig. 18 Il vettore antero-posteriore corrisponde all'asse Z del piano occlusale.

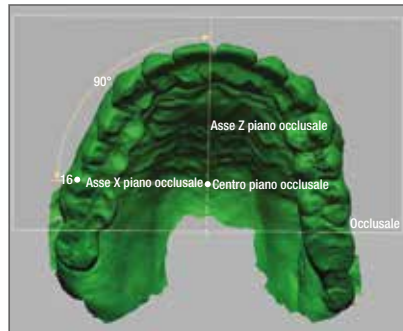


Fig. 19 Costruzione della geometria rappresentativa dell'asse dx-sx del piano occlusale ortogonale all'asse Z. l'intersezione tra i due vettori individua il centro del piano occlusale.

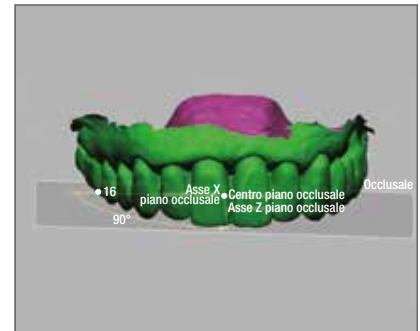


Fig. 20 Il vettore dx-sx corrisponde all'asse X del piano occlusale.

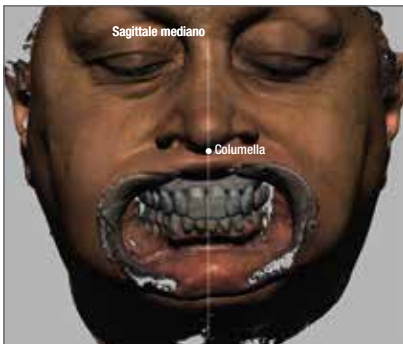


Fig. 21 Piano sagittale passante per il punto della columella.

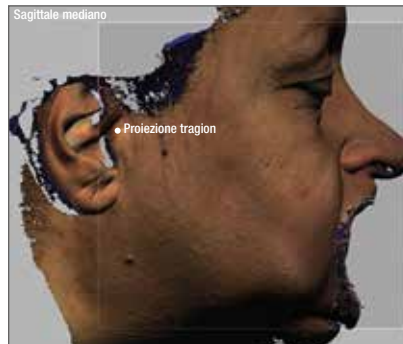


Fig. 22 Proiezione del punto trignon sul piano sagittale.



Fig. 23 Proiezione del punto corrispondente alla cresta dell'ala nasale sul piano sagittale.

Su questi tre punti viene costruito il piano occlusale (Fig. 14). Viene individuato il punto mediano del rafe palatale mediano (Fig. 15). Questo punto viene proiettato sul piano occlusale (Fig. 16). Si crea il vettore tra questi ultimi due punti (Fig. 17): questo vettore corrisponde all'asse Z del piano occlusale (Fig. 18).

Sul piano occlusale si crea un vettore ortogonale all'asse Z passante per uno dei due punti corrispondenti al vertice della cuspidè mesio vestibolare dei primi molari (Fig. 19). Questo vettore corrisponde all'asse X del piano occlusale (Fig. 20).

Quinta fase: costruzione delle geometrie sul piano sagittale

Queste sono le fasi:

1. Creazione del piano parallelo al sagittale passante per il punto della columella. In tal modo si avrà un piano sagittale mediano passante per il centro del volto (Fig. 21).
2. Proiezione del punto trignon sul piano sagittale (Fig. 22).



Fig. 24 Creazione della linea trago ala naso sul piano sagittale.

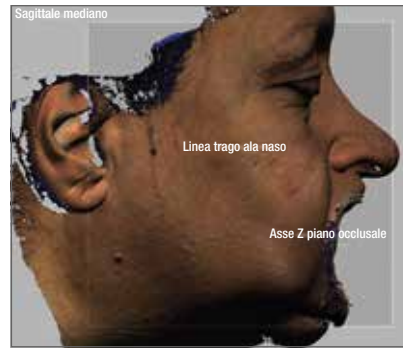


Fig. 25 Proiezione dell'asse Z del piano oclusale sul piano sagittale.

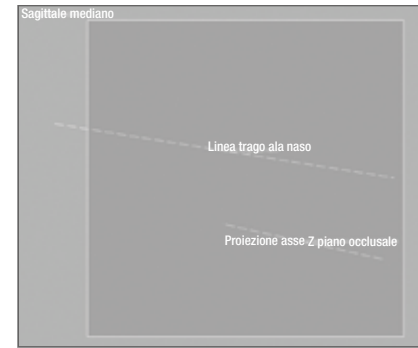


Fig. 26 Visione delle due linee giacenti sullo stesso piano sagittale.



Fig. 27 Misurazione della discrepanza angolare tra le due linee.

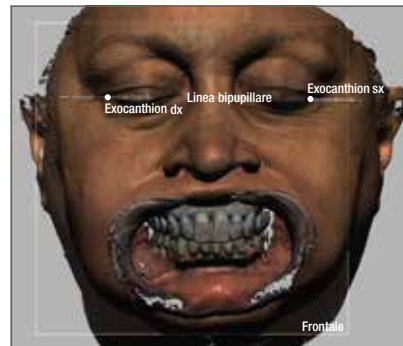


Fig. 28 Creazione della linea bipupillare.



Fig. 29 Proiezione della linea bipupillare sul piano frontale.

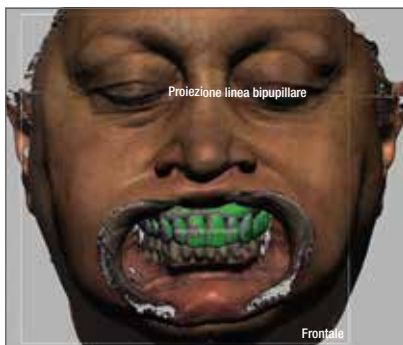


Fig. 30 Proiezione dell'asse X del piano oclusale sul piano frontale.

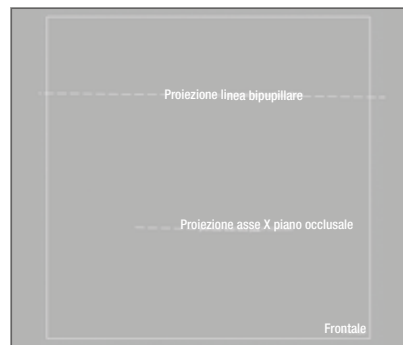


Fig. 31 Visione delle due linee giacenti sullo stesso piano frontale.

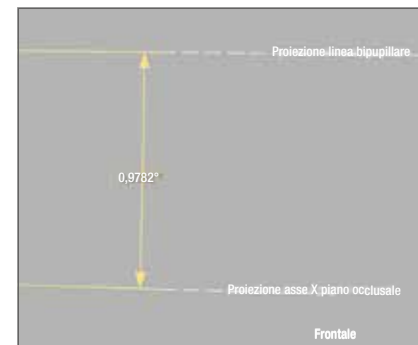


Fig. 32 Misurazione della discrepanza angolare tra le due linee.

3. Proiezione del punto corrispondente alla cresta dell'ala nasale sul piano sagittale (Fig. 23).
4. Creazione della linea trago-ala-naso sul piano sagittale corrispondente al piano di Camper (Fig. 24).
5. Proiezione dell'asse Z del piano oclusale sul piano sagittale (Fig. 25).
6. Solo a questo punto, avendo due linee giacenti sullo stesso piano (Fig. 26), se ne può misurare l'angolo (Fig. 27).

Idealmente il piano oclusale dovrebbe essere parallelo al piano di Camper. Questa misura sarà l'entità della correzione da applicare al piano oclusale.

Sesta fase: costruzione delle geometrie sul piano frontale

Queste sono le fasi:

1. Disegno della linea bipupillare passante per i due punti exocanthion dx e sx (Fig. 28).

2. Proiezione della linea bipupillare sul piano frontale (Fig. 29).
3. Proiezione dell'asse x del piano oclusale sul piano frontale (Fig. 30).
4. Solo a questo punto, avendo due linee giacenti sullo stesso piano (Fig. 31), se ne può misurare l'angolo (Fig. 32). Idealmente il piano oclusale dovrebbe essere parallelo alla linea bipupillare. Questa misura sarà l'entità della correzione da applicare al piano oclusale.

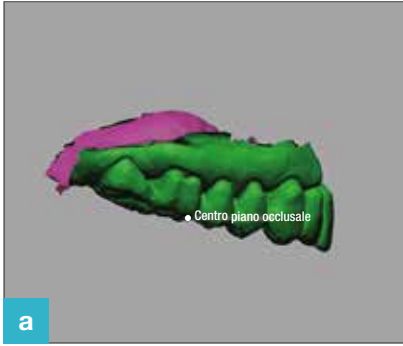


Fig. 33a Originale dell'arcata superiore.

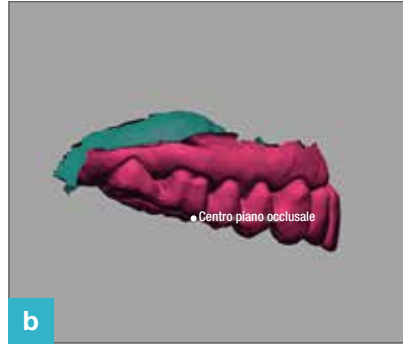


Fig. 33b Copia dell'arcata superiore.



Fig. 34 Creazione di un sistema di coordinate 3D per il piano oclusale.

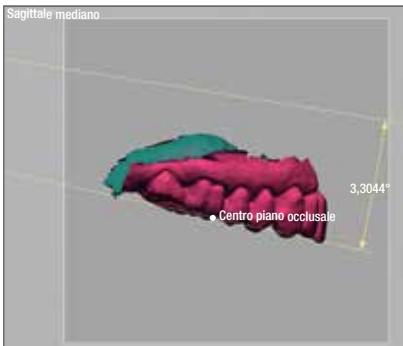


Fig. 35 Individuazione della entità di rotazione da applicare all'arcata superiore con fulcro nel centro del piano oclusale.

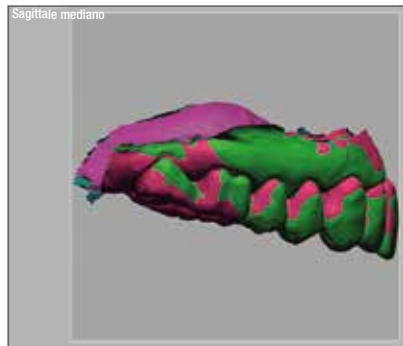


Fig. 36 Sovrapposizione tra l'arcata superiore nella posizione originale e l'arcata superiore con orientamento corretto sul piano sagittale.

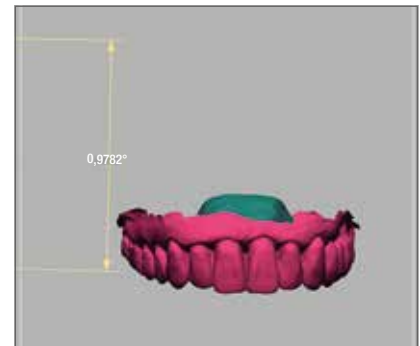


Fig. 37 Individuazione della entità di rotazione da applicare all'arcata superiore con fulcro nel centro del piano oclusale.

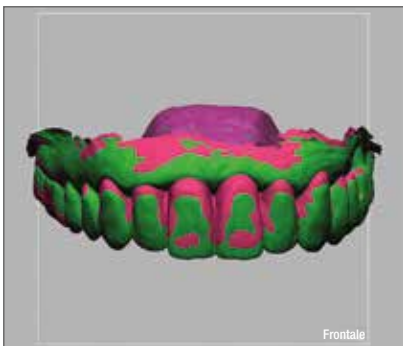


Fig. 38 Sovrapposizione tra l'arcata superiore nella posizione originale e l'arcata superiore con orientamento corretto sul piano frontale.



Fig. 39 Volto con l'arcata superiore nella posizione originale.



Fig. 40 Volto con l'arcata superiore nella posizione corretta che verrà esportata nell'ambiente di modellazione dentalsystem.

Settima fase: orientare correttamente l'arcata superiore sul piano sagittale

Queste sono le fasi:

1. Nell'ambiente di StudioX duplicare il file dell'arcata superiore (Fig. 33a); così facendo la copia si troverà perfettamente orientata nello spazio come l'originale (Fig. 33b).

2. Creare un sistema di coordinate 3D per il piano oclusale. Il centro sarà il centro del piano oclusale e gli altri due riferimenti saranno l'asse z e l'asse x del piano oclusale (Fig. 34).
3. Una volta decisa l'entità della correzione (Fig. 35), ruotare l'arcata con fulcro nel centro del piano oclusale. Si può

apprezzare la differenza nello spazio dell'arcata superiore originale e l'arcata superiore corretta (Fig. 36).

Ottava fase: orientare correttamente l'arcata superiore sul piano frontale

Una volta decisa l'entità della correzione (Fig. 37), si ruota l'arcata con fulcro nel centro del piano

occlusale. Si può apprezzare la differenza nello spazio dell'arcata superiore originale e l'arcata superiore corretta (Fig. 38). È possibile confrontare il volto con l'arcata superiore originale (Fig. 39) ed il volto con l'arcata superiore corretta (Fig. 40).

Nona fase: esportare i file di lavoro nell'ambiente di modellazione digitale

A questo punto della tecnica si può incominciare a lavorare nell'ambiente dentale Dentsystem (3Shape A/S, Copenhagen).

Per poter utilizzare i file elaborati in Geomagic bisogna utilizzare una strategia di progettazione personalizzata del modulo d'ordine.

Nell'ambiente Dentsystem si crea un modulo d'ordine nuovo in cui si segneranno le indicazioni protesiche e si imposterà la presenza di una prescansione e di scansioni aggiuntive; il programma chiederà di importare tutte le scansioni precedentemente allineate in ambiente Geomagic e cioè:

1. Arcata con le preparazioni.
2. Arcata del provvisorio orientato normalmente come da scansione.
3. Arcata con provvisorio orientato in maniera corretta con Geomagic.
4. Arcata antagonista.
5. Arco facciale digitale creato con Geomagic.

Completato il modulo d'ordine si procede con l'ambiente Dental Design con la metodica convenzionale.

Il file del provvisorio "scorretto" servirà come riferimento per la posizione della cresta incisale; il file del provvisorio "corretto" servirà come riferimento per forma e posizione dei denti da modellare (Figg. 41-44).



Fig. 41 Arcata superiore con prototipi originali.



Fig. 42 Arcata superiore orientata con la linea bipupillare.



Fig. 43 Differenti posizioni tra le due arcate superiori.



Fig. 44 Modellazione basata sull'arcata superiore orientata con la linea bipupillare.

DISCUSSIONE

La possibilità di avere a disposizione la scansione della testa del paziente e contestualmente le arcate in occlusione con una grande precisione permette di ricavare qualunque rapporto geometrico tra i réperi anatomici.

La qualità delle misurazioni è proporzionale alla risoluzione della scansione; con una precisione del puntamento 3D fino a 0,05 mm vi è la ragionevole sicurezza che i reciproci rapporti tra le parti anatomiche saranno più affidabili di qualunque tecnica di registrazione analogica che soffre delle variazioni dimensionali dei materiali e delle deformazioni da contatto dei tessuti molli.

La scansione è una tecnica di acquisizione di dati volumetrici senza contatto e quindi si possono acquisire informazioni antropometriche affidabili senza il ricorso alla fotografia; la tecnica fotografica applicata alle misurazioni soffre di tre fondamentali limitazioni:

1. La deformazione legata ai

rapporti tra il fattore di ingrandimento dell'obiettivo e le dimensioni del sensore.

2. Il punto di vista dell'osservatore che, se non precisamente centrato rispetto al piano sagittale e frontale, inficia qualunque considerazione circa la simmetria.
3. Il fatto che la tecnica fotografica restituisce informazioni bidimensionali: le valutazioni circa l'orientamento orizzontale e verticale del piano occlusale, pertanto, vanno analizzati nelle tre proiezioni, frontale dx e sx, ma scollegate tra loro.

La sovrapposizione di tutti i file acquisiti dalle scansioni intraorali ed i file acquisiti dalle scansioni extraorali è estremamente precisa: si ha un rapporto facce/vertici pressoché identico (1,999 spider e 1,990 trios).

Questa precisione permette di mettere in pratica in maniera ancora più affidabile tutte le stesse procedure protesiche analogiche (arco facciale a valori medi, arco cinematico, variazioni dei rapporti inter arcate)

senza nessun compromesso. Il fatto di poter costruire piani e vettori sui réperi anatomici (dentali e faciali) mediante formule geometriche consente, inoltre, una precisione impensabile con le tecniche analogiche.

CONCLUSIONI

La scansione contestuale del volto e dei denti è la chiave di volta per poter eseguire la protesi dentale con procedure cliniche digitali equivalenti a quelle analogiche. Al momento della stesura del seguente articolo osserviamo due grosse limitazioni:

1. La necessità di dover lavorare in tre ambienti digitali diversi e quindi il rischio di perdere le semplificazioni che offrono i programmi creati per il mondo dentale.
2. La necessità di dover lavorare con due scanner diversi.

Auspichiamo che la diffusione delle tecniche digitali stimoli l'industria a realizzare un unico ambiente di lavoro semplificato per gestire i file che arrivano dai diversi scanner.

Si auspica inoltre che in futuro si possa avere un unico strumento di acquisizione, anche se la necessità di miniaturizzazione indispensabile per un buon comfort del paziente

durante la scansione intraorale mal si accorda con la necessità dell'acquisizione di un volume più grosso come quello del volto.

BIBLIOGRAFIA

1. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. J Prosthet Dent. 2017 May;117(5S):e1-e105.
2. Marshall SD, Caspersen M, Hardinger RR, Franciscus RG, Aquilino SA, Southard TE. Development of the curve of Spee. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008 Sep;134(3):344-52.
3. Monson GS. Applied mechanics to the theory of mandibular movements. The Dental cosmos; a monthly record of dental science 1932;74(11):1039-1053.
4. Wilson GH. A manual of dental prosthetics. Ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1917.
5. The gliding path of the mandible along the skull. Ferdinand Graf Spee (1855-1937), prosector at the Anatomy Institute of Kiel. J Am Dent Assoc. 1980 May;100(5):670-5.
6. Dawson PE. Functional occlusion: From TMJ to smile design. St. Louis, Mosby, Inc. 2007 capitol 20 pag. 199-206
7. Câmara CA, Martins RP. Functional Aesthetic Occlusal Plane (FAOP). Dental Press J Orthod. 2016 Jul-Aug;21(4):114-25.
8. Corte CC, Silveira BL, Markezan M. Influence of occlusal plane inclination and mandibular deviation on esthetics. Dental Press J Orthod. 2015 Oct;20(5):50-7.
9. Kumar TK, Thomas V, Nilawar S, Balamurugan R, Marwaha BS, Vinod V. A cephalometric study to determine the center of anteroposterior curve of occlusion in the cranium. J Contemp Dent Pract. 2013 Sep 1;14(5):836-41.
10. Lynch CD, McConnell RJ. Prosthodontic management of the curve of Spee: use of the Broadrick flag. J Prosthet Dent. 2002 Jun;87(6):593-7.
11. Korlakunte PR, Aljanakh M. The role of virtual articulator in prosthetic and restorative dentistry. J Clin Diagn Res. 2014 Jul;8(7):ZE25-8.
12. Lam WYH, Hsung RTC, Choi WWS, Luk HWK, Cheng LYY, Pow EHN. A clinical technique for virtual articulator mounting with natural head position by using calibrated stereophotogrammetry. J Prosthet Dent. 2018 Jun;119(6):902-908.
13. Santana-Penin UA, Mora MJ. The occlusal plane indicator: a new device for determining the inclination of the occlusal plane. J Prosthet Dent. 1998 Sep;80(3):374-5.
14. Kazanoglu A, Unger JW. Determining the occlusal plane with the Camper's plane indicator. J Prosthet Dent. 1992 Apr;67(4):499-501.

Massimiliano Zaccaria, Paolo Vigolo

Recovery of lost or compromised occlusal prosthetic plane

Purpose: In this article a digital technique has been proposed to correct the occlusal plane, if any, or to create it from scratch, if absent.

Materials and methods: With the scanning of the face and the alignment of intraoral scanning of the arches, it has been possible to get measures comparable to the cephalometric measurements without the need for invasive investigations with ionising radiation.

Results and conclusions: The possibility to have with great precision the scan of the patient's head and the arches in occlusion allows the clinician to obtain any anatomical relationship between geometric landmarks. The scanning process of face and teeth together is the key to effectively produce with clinical digital procedures dental restorations equivalent to analogic traditional procedures.

Keywords: Occlusal plane, Digital procedures.