

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Neuroscienze

Direttore Prof. Raffaele De Caro

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE A CICLO UNICO

IN ODONTOIATRIA E PROTESI DENTARIA

Presidente Prof.ssa Carla Mucignat

TESI DI LAUREA

**La prima visita digitale: dai vantaggi clinici alla percezione del
paziente. Stato dell'arte e verifica clinica tramite questionario**

Relatore: Chiar.mo Prof. Edoardo Stellini

Correlatore: Dott. Maurizio De Francesco

Laureando: Giordano Valerio

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

INDICE

RIASSUNTO, p 1

ABSTRACT, p 3

INTRODUZIONE, p. 5

1. CURARE VS PRENDERSI CURA, p. 8

1.1. **L'importanza della comunicazione e del rapporto di fiducia**,
p. 11

2. VISITA ANALOGICA, p. 14

3. MONDO DIGITALE E VISITA DIGITALE, p. 17

3.1. **Pietre miliari del lavoro odontoiatrico**, p. 17

3.2. **Odontoiatria digitale**, p. 20

3.3. **Strumenti digitali**, p. 22

3.3.1. Scanner intraorale e Diagnocam, p. 22

3.3.2. Scanner facciale, p. 27

3.3.3. Radiografia digitale, p. 32

3.3.4. Fotografie e video, p. 34

3.3.5. Digital Smile Design, p. 35

3.3.6. Outcome simulator, p. 43

3.3.7. Interazioni tra dati: paziente virtuale, p. 45

4. I VANTAGGI DEL DIGITALE, p. 50

4.1. **La comunicazione**, p. 51

4.2. **Efficienza**, p. 57

4.3. **Contro del digitale**, p. 64

5. QUESTIONARIO, p. 65

6. CONCLUSIONI, p. 70

7. BIBLIOGRAFIA, p. 72

RIASSUNTO

Introduzione: L'avvento del digitale in campo odontoiatrico ha, come in diversi ambiti della nostra vita, vantaggi indiscussi. È un passaggio ormai inevitabile che permette finalmente al professionista, grazie all'ausilio di alcuni tools digitali, di passare da un modello paternalistico del rapporto di cura ad uno bio-psico-sociale, in cui viene preso in carico il paziente nella sua interezza. Cambia anche il ruolo del paziente che diviene complice e co-pilota del professionista, assume dunque un ruolo più attivo nell'accettazione del piano di trattamento e trae vantaggi in termini di consapevolezza. Infatti, uno dei vantaggi senza dubbio più eclatanti dell'avvento del digitale in campo odontoiatrico riguarda la comunicazione paziente professionista. Per quest'ultimo l'ausilio di immagini e simulazioni abbatte il gap nozionistico e specialistico che con il semplice linguaggio sarebbe impossibile. Un altro vantaggio indiscutibile riguarda il piano dell'efficienza in quanto c'è un guadagno in termini di dispendio di tempo, di barriere spazio-temporali e di materiali.

Scopo: Lo scopo dello studio è quello di fare una revisione narrativa sugli strumenti digitali utilizzati in corso di prima visita odontoiatrica e descriverne lo stato dell'arte. Inoltre, vengono illustrati i vantaggi clinici e verificati mediante questionario.

Materiali e metodi: È stata condotta una ricerca su banche dati quali Pubmed e Google Scholar utilizzando le parole chiavi digital dentistry, digital workflow, Intraoral scanners, Digital smile design, facial scanner, virtual patient, digital patient, augmented reality AND dentistry, digital dentistry AND patient perception, patient experience, communication tools, patient satisfaction AND dentistry, dentist-patient relationship. È stato inoltre somministrato un questionario a 50

odontoiatri al fine di indagare la loro percezione e quella dei pazienti relativa al digitale utilizzato in prima visita.

Risultati: Sia la letteratura che il questionario evidenziano i vantaggi del digitale nella sfera comunicativa e nell'efficienza. Sia l'odontoiatra che il paziente percepiscono le opportunità che il digitale offre in prima visita odontoiatrica.

Conclusioni: I vantaggi che offrono gli strumenti digitali sono evidenti così come le percezioni e preferenze del paziente anche se in letteratura è ancora poco studiato l'influenza che gli strumenti digitali hanno applicati al momento della prima visita odontoiatrica.

ABSTRACT

Background: The incoming of digital technologies in the dental field has, as in various areas of our life, undisputed advantages. It is an inevitable step that finally allows the specialist, thanks to the help of some digital tools, to move from a paternalistic model of the care relationship to a bio-psycho-social one, in which the patient is taken care of in his entirety. The role of the patient also changes and becomes an accomplice and co-pilot of the specialist, thus assuming a more active role in the acceptance of the treatment plan and benefits in terms of awareness. In fact, undoubtedly one of the most striking advantages of the advent of digital in the dental field concerns professional patient communication. For the patient, the use of images and simulations breaks down the notional and specialist gap that would be impossible with simple language. Another indisputable advantage concerns the efficiency plan as there is a gain in terms of time expenditure, space-time barriers and materials.

Aim of the study: The purpose of the study is to make a narrative review on the digital tools used during the dental visit and describe the state of the art in this field. In addition, clinical and survey-verified benefits are outlined.

Material and Methods: A search was conducted on databases such as Pubmed and Google Scholar using the keywords digital dentistry, digital workflow, Intraoral scanners, Digital smile design, facial scanner, virtual patient, digital patient, augmented reality AND dentistry, digital dentistry AND patient perception, patient experience, communication tools, patient satisfaction AND dentistry, dentist-

patient relationship. A survey was also administered to 50 dentists in order to investigate their perception and patients one regarding the digital tools used during the dental visit.

Results: Both the medical literature and the survey highlight the advantages of digital in the communication sphere and in efficiency. Both the dentist and the patient perceive the opportunities that digital offers in the dental visit.

Conclusion: The advantages that digital tools offer are noticeable as well as patient's perceptions and preferences, although the influence that digital tools applied at the time of the dental visit is still poorly studied in the literature.

INTRODUZIONE

Il mondo digitale tocca trasversalmente vari aspetti della vita e in diverse modalità. Il vantaggio tecnico derivante dalla presenza della tecnologia è indiscutibile.

Il presente elaborato ha l'obiettivo di analizzare la differenza tra una visita tradizionale e una visita digitale al fine di evidenziare i vantaggi della seconda sulla prima.

Il passaggio al digitale, ormai inevitabile, cambia la prospettiva anche in campo odontoiatrico¹: il prendersi cura del paziente diventa più efficace ed accurato e anche il rapporto medico-paziente ne trae beneficio. Nello specifico, la visita analogica consiste in una prima fase, l'anamnesi, che è il primo passo per la creazione del tanto discusso *rapport*, in quanto il fare empatico del professionista possono fare la differenza nell'evoluzione successiva di tutto il percorso di cura che seguirà. Seguono poi le fasi successive rappresentate dall'esame obiettivo, gli esami strumentali, una diagnosi e quindi la creazione di un piano di trattamento personalizzato.

La visita digitale condivide alcune fasi iniziali con la visita analogica, anche se con qualche differenza procedurale che verrà approfondita in seguito. Si discosta fondamentalmente dalla prima nel momento in cui a supporto del professionista c'è l'utilizzo di svariati strumenti digitali che, oltre a facilitare e/o rendere più accurato il suo lavoro, vanno a migliorare sensibilmente quella che è l'esperienza complessiva del paziente andando a giovare sul rapporto di fiducia stessa tra i due. I suddetti digital device si dividono in hardware come lo scanner intraorale, Diagnocam, lo scanner facciale e software come il Digital Smile Design e l'Outcome simulator, Exocad e altri. Tanto gli hardware quanto i software forniscono una visione integrata che consente al

professionista di avere un fedele e dettagliato quadro della situazione attuale del paziente e delle sue problematiche. Queste informazioni sono consultabili in ogni momento e condivisibile con altri professionisti: parliamo del paziente virtuale. Su quest'ultimo si sviluppa un piano di trattamento e una proiezione dei potenziali esiti dei trattamenti che si vanno a proporre. Questa metodologia rappresenta un salto di qualità non solo per il professionista che è agevolato nella diagnosi e pianificazione, ma anche per il paziente stesso che può avere in anticipo una chiara idea di ciò che si andrà a fare e dei risultati attesi. C'è un'evoluzione della modalità di cura in cui si passa da una configurazione paternalistica che prevedeva un medico "padre" che agiva nell'interesse del paziente "figlio", ad un rapporto sostanzialmente equilibrato, ove gli interessi del paziente e gli interessi dell'odontoiatra dovrebbero essere ben bilanciati². Il paziente è co-protagonista e parte attiva e partecipa in ogni fase di cura dalla diagnosi al piano di trattamento.

Oltre al maggior coinvolgimento del paziente non sono trascurabili il risparmio importante di tempo e un indiscutibile guadagno in termini di efficienza. Tra i contro invece ci sono senza dubbio i limiti in termini di costi, almeno per quanto riguarda l'ingente investimento iniziale che interessa le apparecchiature, e anche la resistenza al cambiamento che coinvolge soprattutto i professionisti abituati ad utilizzare i metodi tradizionali.

Sono stati inseriti all'interno dell'elaborato anche i risultati di un questionario somministrato all'interno di vari studi odontoiatrici, al fine di mettere in risalto i punti di vista dei professionisti e dei pazienti stessi.

In conclusione, i vantaggi del digitale sono innegabili, ancor di più emerge che tale passaggio è diventato inevitabile in quanto l'impatto su

efficienza e qualità del lavoro è tale da rendere gli studi che adottano solo i metodi tradizionali un passo indietro rispetto a quelli che invece si sono già adeguati al cambiamento tecnologico.

1. CURARE VS PRENDERSI CURA

Per molto tempo la relazione medico-paziente ha fatto riferimento a un modello bio-medico di ispirazione cartesiana, secondo il quale vi era netta separazione tra mente e corpo e la malattia veniva affrontata e risolta come evento a sé stante, scisso dalla persona nella sua totalità. Negli ultimi tempi invece sta emergendo con forza una visione completamente diversa.

In una riunione dell'OMS del 1998 è stata proposta la modifica della definizione originaria del concetto di salute nei seguenti termini:

«La salute è uno stato dinamico di completo benessere fisico, mentale, sociale e spirituale, non mera assenza di malattia.»

Esiste una sostanziale differenza tra due verbi inglesi che foneticamente e graficamente sono molto simili, cioè “to cure” e “to care”. Curare (to cure) e prendersi cura (to care) vengono usati impropriamente come sinonimi. I due termini, entrambi caratterizzati da un’accezione positiva, si riferiscono ad azioni sostanzialmente differenti. Al centro di tutto c’è la persona bisognosa di aiuto, la sua malattia, ma anche la sua dignità, le sue emozioni e la sua sofferenza. Il termine cura riguarda una serie di azioni e interventi volti all’auspicabile risoluzione del disturbo o della malattia. In tal senso, la cura mira a ripristinare nel paziente lo stato di salute precedente alla malattia o, almeno, condizioni migliorative rispetto a quelle in essere. Di questo aspetto si occupa in senso stretto la medicina attraverso terapie mirate somministrate dall’operatore sanitario. Prendersi cura è un approccio che va oltre l’aspetto tecnico della cura. Così la relazione sfuma i contorni della dimensione strettamente clinico-assistenziale e diviene una relazione autentica tra due esseri umani alla pari, un’alleanza tra copiloti, dove il

paziente si sente preso in cura nella sua interezza, ove si abbraccia anche la sua dimensione umana³.

Anche in odontoiatria si sta diffondendo sempre più questo modello bio-psico-sociale, nel quale non si tende più solo a curare la patologia, ma ci si prende cura della persona nella sua interezza, fatta di corpo, mente, emozioni e vissuti personali.

Si sta affermando un'interpretazione olistica del rapporto con il paziente, particolarmente adatta ad affrontare in maniera efficace le ansie che caratterizzano i pazienti odontoiatrici.

È importante sottolineare inoltre come i pazienti valutino la qualità dell'assistenza sanitaria in relazione alle loro percezioni del comportamento "professionale" e "affettivo" dell'operatore. La componente professionale si riferisce all'operatore come professionista quindi agli aspetti tecnici della condotta dell'operatore, come la diagnosi, l'erogazione del trattamento. La componente affettiva, d'altra parte, si riferisce all'operatore come persona e rappresenta l'atteggiamento nei confronti del paziente e si manifesta nel modo in cui interagisce con i pazienti, oltre al tempo e interesse che mostra per il paziente. Ovviamente, entrambe sono caratteristiche importanti delle interazioni medico-paziente.

Tuttavia, poiché i pazienti rispondono emotivamente alle loro condizioni mediche e poiché i pazienti hanno conoscenze mediche e dentistiche limitate (almeno rispetto a quella dell'operatore), i pazienti si basano sulla loro percezione del comportamento affettivo dell'operatore per valutare la competenza tecnica dell'operatore e la qualità dell'assistenza sanitaria ricevuta^{3,4}.

La letteratura scientifica e le esperienze in ambito clinico promuovono ad oggi un passaggio necessario dal *to cure* al *to care*, dove il paziente sia attivo, consapevole e partecipe delle scelte terapeutiche⁵. Una delle

più rilevanti declinazioni del *to care* consiste nel potenziare le competenze comunicativo-relazionali di ogni figura professionale che si accosta al paziente.

Il ruolo del medico, quindi, non è più esclusivamente quello di effettuare un trattamento negli interessi del paziente, bensì anche comunicare in modo efficace, spiegare la problematica del paziente, i comportamenti da modificare, spiegare nel dettaglio il piano di trattamento, guidare coscientemente la sua scelta e motivare il paziente.

1.1 L'importanza della comunicazione e del rapporto di fiducia

Il giuramento moderno di Ippocrate prevede tra i suoi punti chiave *“di perseguire con la persona assistita una relazione di cura fondata sulla fiducia e sul rispetto dei valori e dei diritti di ciascuno e su un'informazione, preliminare al consenso, comprensibile e completa”*.

In ambito sanitario, l'aspetto comunicazionale nel rapporto tra medico e paziente sta acquisendo un peso sempre maggiore. Molti professionisti sanno che, ormai, non è più possibile limitarsi al trattamento della malattia ma bisogna tener conto di caratteristiche ed esigenze di tutti i pazienti con cui, ogni giorno, si ha a che fare. L'attenzione si sta spostando, quindi, dalla dimensione esclusiva della malattia ad una più completa attenzione verso la persona ed è in questo contesto che si inserisce la capacità del medico di comunicare in maniera efficace e, di conseguenza, di creare una buona relazione.

La comunicazione è un modo in cui gli esseri umani danno un senso al mondo che li circonda. Essa avviene come un processo o un'interazione interattiva a due vie, che coinvolge due o più persone e può avvenire con metodi verbali e non verbali. Si descrive una comunicazione efficace quando il mittente invia il proprio messaggio veicolandone anche l'intento, e quest'ultimo viene compreso dal destinatario. Il risultato deve essere un significato condiviso tra mittente e destinatario: questo fa della comunicazione un processo reciproco.

Ogni intervento odontoiatrico deve essere preceduto dal consenso informato del paziente come espressione della sua autonomia. Il vero consenso informato può essere dato solo se il paziente comprende pienamente le informazioni e ne può valutare le effettive implicazioni legate alla decisione presa.

I problemi di comunicazione rientrano tra le prime cause di insoddisfazione del paziente e dei reclami relativi all'assistenza⁶.

Se il rapporto tradizionale medico-paziente era di tipo paternalistico e sbilanciato, ora più che mai si sente l'esigenza di instaurare una relazione paritaria e reciproca tra queste due figure².

Le parole fanno la differenza: comunicare in modo efficace significa sapersi esprimere in maniera chiara e coerente in ogni situazione.

Nel caso di un medico, una comunicazione efficace con il proprio paziente è uno degli elementi fondamentali per la buona riuscita di un trattamento, capace anche di motivare e migliorare l'aderenza terapeutica.

Una delle difficoltà più frequenti che un medico riscontra con i propri pazienti riguarda il linguaggio: utilizzare un lessico troppo scientifico rischia di alzare un muro e non far sentire il paziente libero di esprimere i propri dubbi. Un linguaggio semplice e comprensibile, invece, aiuta il paziente a comprendere bene cosa gli viene proposto.

Eccellenti capacità comunicative sono fondamentali per il successo in qualsiasi professione e l'odontoiatria non ne fa eccezione. Mentre le conoscenze e le abilità tecniche sono una parte enorme del lavoro quotidiano di un dentista, il trasferimento di tale esperienza a ciascun paziente deve essere fatto in modo empatico. È l'unico modo per ottenere la fiducia di un paziente e la sua totale *compliance*.

Saper comunicare non significa solo trasmettere informazioni necessarie, ma anche saper ascoltare, empatizzare, motivare e prendersi il tempo per colmare eventuali lacune nella comprensione.

I processi e i termini specifici della professione possono risultare complessi o creare confusione ai pazienti. Loro non hanno la competenza e il background di conoscenze che si acquisiscono in sei, sette o più anni di studi. È naturale che abbiano delle domande su una

procedura imminente o una condizione; pertanto, si aspetteranno di ricevere risposte meno tecniche e di facile comprensione.

Un professionista deve riuscire a garantire ad ogni paziente la giusta conoscenza di ogni procedura. Anziché limitarsi a consegnare un opuscolo o un volantino da leggere in seguito, è necessario prendersi il tempo di esaminare tutte le informazioni con loro, di persona. Fornire spiegazioni o note per porre l'attenzione sui punti più importanti e descriverli in modo tale che siano di facile comprensione. Questo ruolo interattivo incoraggia i pazienti a porre domande e ad esprimere eventuali preoccupazioni, avendo un effetto positivo sui livelli di ansia e creando un clima di fiducia e apprezzamento^{7,8}.

Negli ultimi anni, l'atteggiamento del paziente si è evoluto in maniera più inclusiva rispetto al processo decisionale. Questa innovativa relazione paziente-dentista, in contrasto con il modello paternalistico precedentemente stabilito, è caratterizzata da un coinvolgimento del paziente nel processo decisionale sul trattamento, noto come processo decisionale condiviso o SDM (Shared Decision-Making). I due obiettivi principali dell'SDM sono informare in modo completo i pazienti sulle diverse possibilità di trattamento e comprendere le preferenze e le richieste dei pazienti relative alle opzioni proposte. L'integrazione del paziente nel processo decisionale dimostra rispetto nei confronti del paziente ed è stato segnalato che aumenta la salute generale, il benessere, l'autostima, la qualità dell'assistenza sanitaria e la soddisfazione del paziente^{9,10}.

Alla base del SDM c'è una comunicazione efficace in ambo le direzioni. Oggi il digitale offre vari strumenti utili al fine di migliorare la comunicazione medico-paziente e viceversa.

2. VISITA ANALOGICA

La visita dal dentista è sempre un momento importante, non solo per il paziente, ma anche per lo stesso odontoiatra. È durante questo primo incontro che va instaurato un rapporto di fiducia che possa consentire alle parti di procedere in completa sintonia e serenità. Perché questo accada, è bene che il dentista abbia ben chiaro obiettivi e aspettative del paziente, oltre ad elaborare una diagnosi corretta, che possa anche essere discussa insieme al paziente. Ecco perché è utile attenersi ad un protocollo che preveda, innanzitutto, dialogo, partecipazione e coinvolgimento del paziente.

Sostanzialmente la visita è basata su un'estesa raccolta di dati e può scomporsi in:

- Colloquio conoscitivo e anamnesi medica/odontoiatrica
- Esame obiettivo
- Esami strumentali
- Diagnosi
- Piano di trattamento

Il colloquio conoscitivo prevede la raccolta di tutte quelle informazioni extra cliniche fondamentali per orientare la scelta di trattamento.

Fin dal primo momento è fondamentale capire le esigenze del paziente, intuirne la personalità e instaurare un rapporto di fiducia che faciliti le fasi successive.

In questa fase è fondamentale capire i motivi che hanno portato il paziente all'attenzione del medico.

Anche l'aspetto socioeconomico è da tener ben presente.

L'anamnesi prevede la raccolta dalla voce diretta del paziente e/o dei suoi familiari, di tutte quelle informazioni che possono aiutare il medico ad indirizzarsi verso la diagnosi corretta.

L'anamnesi è composta solitamente in due parti:

- anamnesi familiare: si ottengono informazioni relative a fattori di rischio genetici, ambientali o predisposizioni familiari andando ad indagare sullo stato di salute di ascendenti (genitori e nonni) e collaterali (fratelli e sorelle);
- anamnesi personale: fisiologica consiste in domande relative all'accrescimento somatico (cioè del corpo), all'ambiente quotidiano di vita, alle abitudini di vita e le funzioni fisiologiche, il tutto dalla nascita al momento attuale; patologica remota è l'indagine sulle malattie e sui disturbi che hanno interessato il paziente in epoca passata (per esempio, le malattie dell'infanzia, ma anche le manifestazioni allergiche); patologica prossima consiste in domande relative alla malattia attuale.

Comporta un'accurata indagine sui disturbi, da quando quest'ultimi hanno avuto inizio a quando il paziente ha deciso di contattare il medico per un approfondimento. In genere, una volta che il paziente ha esposto i propri disturbi, il medico focalizza le proprie attenzioni su questi e sulle aree anatomiche che questi interessano.

La seconda tappa del processo semeiotico consiste nell'esame obiettivo. Per esame obiettivo si intende l'insieme di manovre diagnostiche effettuate dal medico attraverso vista, tatto e udito per verificare la presenza o assenza nel paziente, dei segni (o sintomi obiettivi) indicativi di una deviazione dalla condizione di normalità fisiologica. Esso comprende: ispezione, palpazione, percussione e auscultazione.

L'ispezione consiste nell'osservazione del distretto anatomico in questione alla ricerca di alterazioni dei parametri fisiologici; la palpazione consiste nell'utilizzo delle mani a contatto col distretto

anatomico in esame; la percussione consiste nel percuotere l'elemento dentario mediante l'utilizzo di uno specchietto; l'auscultazione si effettua tramite un fonendoscopio che viene poggiato sulla cute, in corrispondenza della zona di cui si vuole sentire i vari suoni. A questi si possono aggiungere altri test specifici per evidenziare o escludere patologie specifiche quali test di vitalità, test di mobilità etc.

I segni e sintomi raccolti in queste prime due fasi guidano l'operatore verso una diagnosi o verso esami strumentali mirati per confermare/smentire un quesito diagnostico o per guidare il piano di trattamento.

Tra gli esami strumentali troviamo:

- esami radiografici: l'indagine radiologica riveste un ruolo importante nella formulazione del piano di trattamento e, nei casi complessi, spesso si devono combinare differenti tecniche diagnostiche (l'esame endorale completo, la teleradiografia e, se necessaria, la TC);
- set completo di fotografie intra ed extra-orali;
- esame dei modelli studio montati in articolatore;
- ceratura diagnostica;
- esami del sangue;

Con le informazioni così ottenute si procede alla diagnosi e alla formulazione di un piano di trattamento¹¹.

3. MONDO DIGITALE E VISITA DIGITALE

Quando si parla di “flusso digitale” si intende l’insieme dei processi eseguiti in uno studio dentistico in cui le informazioni sono raccolte in formato digitale. Sono incluse quindi le informazioni anagrafiche, quelle diagnostiche e le prescrizioni terapeutiche, saltando molte o addirittura tutte le fasi tradizionali, analogiche o artigianali, che portano alla produzione dei dispositivi odontoiatrici. Per esempio il software di gestione dello studio rende possibile l'acquisizione dei dati demografici dei pazienti, la pianificazione degli appuntamenti, l'interazione con le compagnie assicurative, l'avvio e il monitoraggio della fatturazione e la generazione di report. Parallelamente, cartelle cliniche elettroniche del paziente, una versione digitale di informazioni centrate sul paziente e orientate alla clinica, cambiamenti motivati nel monitoraggio della salute dei pazienti, facilitano le valutazioni della qualità dell'assistenza e consentono l'estrazione di dati per la ricerca, inclusa la valutazione dell'efficienza e dell'efficacia delle procedure cliniche¹².

3.1. Pietre miliari del lavoro odontoiatrico

Anche il campo odontoiatrico ha visto un progresso tecnologico senza precedenti che ha cambiato e reso più efficace il modo di prendersi cura del paziente.

Una delle prime grandi invenzioni nel campo dell’odontoiatria riguarda l’ambito dell’analgesia e l’introduzione del protossido di azoto da parte di Morton (1842) e Wells (1844) per diminuire il discomfort e il dolore delle procedure. Degli stessi anni è l’introduzione della cocaina da parte di Koller (1844) e Sir William S. Halsted come anestetico locale.

Un'altra invenzione riguarda il campo igienico e i metodi di sterilizzazione: nel 1966 l'American Dental Association dimostrò che il

migliore metodo per la sterilizzazione era il vapore saturo sotto pressione. I guanti per le procedure cliniche non erano obbligatori prima della metà del 1980, in gran parte in risposta all'epidemia di HIV/AIDS, nonostante il fatto che i medici fossero ben consapevoli della trasmissione della malattia molto prima di tale data¹³.

La scoperta dei raggi X da parte di Wilhelm Conrad Rontgen (1891) adattata poi da C. Edmund Kells (1896) al campo odontoiatrico rappresenta un'altra pietra miliare. I tempi di esposizione alla radiografia sono scesi da 25 minuti¹⁴ alle attuali frazioni di secondo.

Morrison introdusse due grandi invenzioni: nel 1867 introdusse la sua prima sedia dentale e nel 1871 il primo motore dentale azionato a pedale. Solo qualche anno dopo, nel 1877, fu introdotta la prima poltrona dentale a pompa idraulica, la sedia di Wilkerson. Negli anni successivi le poltrone dentali andarono sempre più migliorando fino ad arrivare ad una poltrona completamente reclinabile che permetteva all'operatore di lavorare seduto.

Per quanto riguarda l'ambito dei materiali invece, le principali invenzioni riguardano la diga di gomma da parte del dentista neworkese Sanford Barnum (1864) indispensabile per lavorare in campo asciutto. Successivamente venne reso noto anche l'effetto anticarie del fluoro (1874) e nel 1891 G.V. Black pubblica il suo fondamentale lavoro sulla preparazione cavitaria. Sempre nell'ambito troviamo i fratelli Crawcour che introdussero l'amalgama e G.V. Black nel 1895 introdusse la formulazione dell'amalgama d'argento che con poche modifiche è arrivata a noi oggi.

All'inizio del XX secolo il dott. William H. Taggart ha introdotto il processo di fusione a cera persa per la costruzione di corone e ponti,

che è stato adattato dal metodo allora utilizzato nell'attività di gioielleria.

Nel 1955 Michael Buonocore fa una scoperta fondamentale per l'odontoiatria conservativa: si accorge che trattando con acido fosforico lo smalto, si aumentava di molto l'adesione delle resine ad esso. È l'inizio della restaurativa adesiva¹⁵⁻¹⁷.

Nel 1962 Bown sintetizza la resina a base bi Bis-GMA (bisfenolo-glicidil-metacrilato) e addiziona ad esso particelle di vetro per aumentarne la resistenza meccanica (usura e modulo di flessione) e diminuire il volume di contrazione. Nascono così i materiali compositi^{18,19} e nel 1973 vengono introdotti i primi compositi attivabili con la luce ultravioletta, che prendono il sopravvento su quelli pasta-pasta e garantiscono all'operatore un tempo illimitato di lavorazione.

È senza dubbio quella di Branemark la scoperta (per serendipità) che ha rivoluzionato maggiormente il mondo odontoiatrico: l'osteointegrazione ovvero l'intima unione che si veniva a formare tra osso e un impianto artificiale in titanio^{20,21}.

Per quanto riguarda i materiali da impronta fino agli inizi dell'800 il materiale più utilizzato per le impronte era la cera d'api. Successivamente venne introdotto il gesso di Parigi (chiamato così perché il più grande deposito di esso fu trovato a Parisi Basin, vicino Parigi) ma la collocazione temporale non è certa.

Nel 1925 Alphons Poller, un austriaco, introduce gli idrocolloidi reversibili, il cui ingrediente fondamentale era l'agar estratto dalle alghe marine. E fu il primo materiale elastico per la presa dell'impronta. Nel 1943 vengono introdotti gli idrocolloidi irreversibili, noti come alginati: erano fatti da estratti di alghe marine e sali dell'acido alginico.

Nel 1953 furono introdotti i polisolfuri, molto più resistenti meccanicamente degli idrocolloidi mentre alla fine degli anni '60 furono introdotti i polieteri, quindi i siliconi per condensazione e alla fine i siliconi per addizione.

Queste invenzioni e scoperte hanno comportato un grosso cambiamento e conseguente adattamento nel modo di lavorare. Per l'odontoiatria digitale vale lo stesso principio. Così come già in passato c'è stata la necessità di imparare a ragionare e lavorare con strumenti diversi, anche oggi bisogna evolversi affinché la professione odontoiatrica e i pazienti ne giovino.

Il digitale oggi comporta necessariamente un cambiamento, un'evoluzione.

3.2. Odontoiatria digitale

L'Odontoiatria Digitale è una impostazione di lavoro, in ambito Odontostomatologico, che si avvale in maniera estensiva di tecnologie ed apparecchiature informatiche. Il flusso di lavoro digitale in odontoiatria è, potremmo dire, un innovativo *modus pensandi et operandi* in senso digitale dell'intero processo delle cure odontoiatriche, dalla diagnostica alla pianificazione del trattamento fino alla terapia.

Si tratta di software (programmi per il computer) e hardware (apparecchiature elettroniche) capaci di:

- acquisire ed elaborare dati clinici ed anatomici
- pianificare e gestire attività e flussi di lavoro clinici ed amministrativi
- progettare componenti personalizzati

- realizzare mediante lavorazioni personalizzate dispositivi medici odontoiatrici su misura (CAM e stampa 3D)²².

Nella prima fase un sistema hardware acquisisce dati e/o immagini permettendo la conversione delle geometrie in dati processabili da un computer.

Nella seconda fase un sistema software elabora i dati ricevuti, permette la loro analisi e manipolazione e rende possibile il processo di produzione.

Nella terza fase abbiamo una tecnologia di produzione che trasforma i dati ricevuti nel prodotto finale.

Quando si parla di “flusso digitale” si intende l’insieme dei processi eseguiti in uno studio dentistico in cui le informazioni sono raccolte in formato digitale. Sono incluse quindi le informazioni anagrafiche, quelle diagnostiche e le prescrizioni terapeutiche, saltando molte o addirittura tutte le fasi tradizionali, analogiche o artigianali, che portano alla produzione dei dispositivi odontoiatrici.

Oggi siamo abituati ad abbinare il tema delle innovazioni alla terapia, ma non riguardano solo o direttamente questo. Riguarda anche il tema della diagnosi, pianificazione del trattamento e quindi indirettamente guida la terapia. Infatti, questi strumenti possono essere utili in tutto il percorso terapeutico, non solo nella fase della terapia vera e propria.

Per visita digitale si intende un’impostazione di lavoro, in cui l’odontoiatra si avvale in maniera estensiva di hardware e software digitali al fine di rendere più efficaci e snelle le fasi di diagnosi, pianificazione del trattamento e comunicazione. I principi base della visita odontoiatrica e della semeiotica rimangono immutati. Non si tratta quindi di una rivoluzione bensì di un’evoluzione dell’esperienza di visita, per l’odontoiatra e per il paziente: si tratta indubbiamente di portare il processo di visita odontoiatrica e quindi anche delle fasi che

seguono, ad un livello successivo grazie all'aiuto di alcuni *tools* digitali. Questi oltre a facilitare e/o rendere più accurato il lavoro, vanno a migliorare sensibilmente quella che è l'esperienza complessiva del paziente andando così a giovare sul rapporto di fiducia stessa medico-paziente.

Gli strumenti digitali che possono affiancare l'odontoiatra nel processo di visita sono scanner intra-oral (IOS), scanner facciali, CBCT, fotografie, video, digital smile design (DSD), Invisalign Outcome simulator, etc.

3.3. Strumenti digitali

Tra gli strumenti digitali che possono affiancare l'odontoiatra nel processo di visita troviamo scanner intra-oral (IOS), Diagnocam, scanner facciali, CBCT, fotografie, video, digital smile design (DSD), Invisalign Outcome simulator.

3.3.1. Scanner intraorale e Diagnocam

La possibilità di acquisire un'impronta ottica fu ipotizzata negli anni '70 dal dott. François Duret, il quale può senza dubbio essere considerato il padre della moderna odontoiatria digitale; infatti, lui per primo riuscì a produrre una corona dentale con un software Cad (1983).

Da quel momento, la presenza della tecnologia nel settore odontoiatrico è progressivamente cresciuta fino a raggiungere un'importante influenza generale; la rapida crescita di questa branca del settore è dovuta anche alla commercializzazione, a partire dagli anni '90, di nuovi macchinari quali scanner da banco, fresatori e stampanti 3D, che hanno reso il workflow digitale sempre meno indaginoso.

Gli scanner di superficie 3D sono strumenti che interagendo con una superficie permettono la loro misurazione. Essi creano una mappa digitale della superficie di un oggetto e raccolgono dati sulla sua forma e dimensione tridimensionale. I dati grezzi sono generalmente ottenuti sotto forma di una nuvola di punti, che rappresenta le coordinate 3D della superficie digitalizzata. L'interazione con la superficie da misurare può essere da contatto, con apposite sonde meccaniche di misurazione collegate all'estremità di un braccio che determinano le coordinate dei punti che compongono la superficie, oppure non da contatto attraverso fenomeni fisici quali luce, suoni o campi magnetici. Gli scanner da contatto hanno quattro componenti principali: la sonda di misura, il sistema di controllo o di calcolo, la macchina che muove la sonda e il software di misura. La sonda di misura meccanica esegue una scansione lineare o radiale della superficie desiderata e, mentre lo fa, la posizione della punta dello stilo sui piani x , y e z viene campionata a intervalli regolari. Ciò dà origine a una serie di punti dati, o una "nuvola di punti", che rappresentano punti che giacciono sulla superficie dell'oggetto. Questo tipo di scanner può essere utilizzato utilmente solo su superfici dure come il gesso dentale, poiché una superficie morbida andrebbe incontro a deformazione o usura a contatto con la sonda. Questi scanner vengono utilizzati nel laboratorio odontotecnico per ottenere scansioni superficiali delle preparazioni dentali. Le informazioni 3D vengono quindi utilizzate per fresare cappette di corone in allumina. Sebbene la scansione della sonda a contatto sia molto precisa, il processo di scansione è relativamente lento rispetto ai sistemi ottici senza contatto.

Oggi gli scanner sono prevalentemente basati sulla luce: la fonte luminosa proietta linee ben definite sulla superficie dell'oggetto, mentre le videocamere acquisiscono immagini delle linee. Sulla base

dell'angolo e della distanza, accertati tra la videocamera e la fonte luminosa (che assieme formano la testina di scansione), è possibile calcolare, ricorrendo alla trigonometria (triangolazione geometrica), la posizione tridimensionale su cui la luce proiettata si riflette e quindi le coordinate di ogni punto nello spazio.

Gli scanner intraorali oltre a sfruttare il principio della triangolazione si avvalgono anche della microscopia confocale.

Un fascio di luce viene proiettato sull'oggetto da scansionare, e ogni raggio del fascio è riflesso sul sensore. Il sistema misura la distanza tra raggio proiettato e riflesso, e essendo noto l'angolo tra proiettore e sensore, calcola la distanza dell'oggetto utilizzando il teorema di Pitagora²³.

Un fascio laser viene proiettato sull'oggetto da scansionare e condotto attraverso un filtro focale, in modo che solo l'immagine che si trova nel punto focale della lente viene proiettata sul sensore. Dato che la distanza focale è nota, la distanza dalla parte scansionata dell'oggetto alla lente è nota (la distanza focale). L'accuratezza della misurazione dipende principalmente dall'accuratezza dell'immagine acquisita dalla superficie dell'oggetto dal rivelatore²⁴.

In questo processo i punti dati sono collegati a punti adiacenti all'interno della nuvola per formare una mesh poligonale. La mesh poligonale è solitamente composta da triangoli che uniscono tre punti dati adiacenti all'interno della nuvola. La superficie dell'oggetto scansionato è quindi rappresentata come una serie di poligoni piatti. Tali informazioni vengono poi utilizzate per riprodurre il modello 3D virtuale delle arcate dentali e dei tessuti molli del paziente, digitalizzando completamente l'anatomia della bocca sotto forma di file STL (STereo Lithography interface format o acronimo di "Standard Triangulation Language" o in alternativa "Standard Tassellation Language"). Questo strumento è

impiegato per la rilevazione dell'impronta dentale 3D necessaria alla modellazione e realizzazione di restauri protesici, in ambito chirurgico, nel campo dell'odontoiatria estetica, in ortodonzia etc.

La differenza sostanziale tra gli IOS e gli scanner da laboratorio è che questi ultimi lavorano in ambiente statico e privo di ogni interferenza che si può trovare nel cavo orale. Essendo una tecnologia basata sulla rifrangenza della luce, ogni ostacolo fisico quale saliva, placca, sangue sulla superficie da scansionare può potenzialmente provocare una rifrazione differente e quindi imperfezioni nell'impronta.

L'individuazione precoce delle lesioni cariose, prima che inizi a causare evidenti segni clinici e sintomi, rappresenta una sfida quotidiana nella vita professionale di ogni odontoiatra. Solo in questa fase ci può essere l'intercettazione e l'arresto delle lesioni decalcificanti iniziali mediante terapie non invasive e di remineralizzazione, la diagnosi precoce delle lesioni cariose e il loro eventuale trattamento precoce: è così che si muove l'odontoiatria moderna²⁵. Oltre alla valutazione di presenza/assenza della lesione, deve essere anche valutato lo stadio di avanzamento per determinarne la necessità di monitoraggio o trattamento²⁶. Le metodiche diagnostiche tradizionali (ispezione visiva e mediante strumenti manuali), seppur eseguito in condizioni ottimali (assenza di tartaro e placca batterica, perfetta asciugatura delle superfici, utilizzo di sistemi ingrandenti e di illuminazione) presentano dei limiti per cui le lesioni più piccole o nascoste possono non essere individuate. Le radiografie bitewing, sebbene rimangano un mezzo diagnostico fondamentale, non permettono di individuare carie di piccole dimensioni²⁷.

Negli ultimi anni sono state introdotte in commercio apparecchiature che, attraverso vari sistemi, permettono di effettuare una valutazione più accurata delle superfici occlusali e interprossimali²⁸.

In particolar modo Kavo Diagnocam® (disponibile dall'autunno del 2012) è una tecnologia che sfrutta la naturale capacità dei tessuti dentali di essere attraversati dalla luce e la transilluminazione (*DIFOTI digital fiber optical transillumination*) per valutare le lesioni interprossimali dei denti posteriori (premolari e molari). Lo strumento è composto da una telecamera con una sorgente di luce di 780 nm, una connessione USB a un computer con un software dedicato. Il dente è radiato da una sorgente laser emessa direttamente sulla gengiva buccale e linguale dei denti esaminati; la luce trasmessa attraverso la gengiva, l'osso alveolare e i tessuti dentali viene ricevuta da una telecamera che osserva i denti dalla superficie occlusale. Un'eventuale demineralizzazione/cavitazione avendo una densità diversa si lascia attraversare dalla fonte luminosa in modo differente rispetto alla sostanza dentale sana. La transilluminazione corrispondente viene catturata, tramite immagine generata, dalla videocamera digitale che la rende visibile sullo schermo del computer. Possono essere evidenziati così cambiamenti di colore, struttura, aspetto della superficie del dente e presenza o assenza di ombre all'interno del dente.

La transilluminazione mediante fibra ottica è un valido strumento per la diagnosi a livello dei denti anteriori e posteriori. Mediante il Diagnocam migliora la visualizzazione delle lesioni e le immagini che si ottengono possono essere salvate per un preciso monitoraggio nel tempo essendo una procedura senza rischi, indolore, minimamente invasiva e senza determinare il rischio stocastico connesso all'esecuzione di indagini radiografiche ripetute nel tempo.

Altro aspetto rilevante è che con le radiografie, in caso di trattamento precoce di piccole carie, diventa difficile avere un approccio minimamente invasivo, in quanto non si hanno indicazioni sulla

posizione in senso vestibolo-linguale della carie, con il conseguente rischio di rimuovere più tessuto sano del necessario.

Con l'immagine che si ottiene con la transilluminazione si può intervenire esattamente dove è presente la lesione, utilizzando strumenti di piccole dimensioni. Con le radiografie possono risultare nascoste carie secondarie situate vestibolarmente o lingualmente all'otturazione preesistente. Con la transilluminazione queste lesioni possono essere individuate e trattate precocemente.

Questa metodica presenta come limite il fatto che la luce non attraversa materiali come l'amalgama, il composito o i metalli, per cui tutte le carie secondarie al di sotto di questi materiali non risultano visibili.

Oggi sono disponibili in commercio scanner intraorali che possiedono in combinazione la tecnologia di transilluminazione. Combinando la transilluminazione alla scansione intraorale, la posizione esatta dove viene scattata ogni immagine viene registrata sul modello 3D dei denti. Ciò dovrebbe facilitare l'acquisizione futura di immagini sulle stesse posizioni, facilitando il monitoraggio e la comparazione delle lesioni utilizzando le stesse prospettive. L'accuratezza e l'affidabilità diagnostica di questi nuovi strumenti sono comparabili a quelli di Diagnocam²⁹.

3.3.2. Scanner facciale

Lo scanner facciale, come suggerisce il nome, è un sistema di scansione 3D che è in grado di catturare i volti in posizione di riposo, allineandoli poi perfettamente con i modelli dentali del paziente. In questo modo, è possibile ottenere in pochi secondi un modello tridimensionale del viso, che consente una pianificazione più precisa e rapida dei trattamenti o di eventuali manufatti protesici.

Lo scanner utilizza il sistema della luce strutturata o la tecnologia laser. Lo scanner basato su luce strutturata proietta un pattern di luce sul modello, analizza la deformazione del pattern di luce proiettato sulla superficie dell'oggetto e grazie a questa ricava la geometria dell'oggetto. Il modello di scanner che sfrutta la luce strutturata è inoltre più adatto e preciso, rispetto a quello laser, nella rilevazione dei volti³⁰. La luce emessa da un dispositivo laser possiede una forte intensità ed è molto concentrata, rappresentando una certa pericolosità, in particolar modo per la retina. L'utilizzo di dispositivi a luce strutturata permette inoltre di accedere facilmente a zone in sottosquadro, maggiore velocità di esecuzione, accuratezza e sicurezza per il paziente evitando potenziali danni alla retina.

Utilizzare lo scanner facciale è molto intuitivo e rapido, infatti per eseguire una singola scansione tale strumento impiega < 0,3 secondi. Questo permette di avere una manovra diagnostica in più con un dispendio di tempo minimo.

Se si vuole ottenere una ricostruzione completa del volto del soggetto devono essere eseguite 3 scansioni: una centrale e una per ognuno dei due profili. È preferibile eseguire più scansioni così da avere la possibilità di scegliere le migliori.

Il software associato allo scanner, attraverso algoritmi matematici, riesce a *matchare* le 3 scansioni in un unico file .STL/.OBJ, accorpandone due alla volta. Le scansioni possono essere eseguite con il paziente a bocca rilassata, oppure mentre sorride con/senza esposizione dei denti. È infine fondamentale che la posizione della testa del soggetto, durante la scansione, sia in naturale vera (*natural head position*), quindi né ruotata né inclinata, con lo sguardo del paziente rivolto verso l'orizzonte.

La scansione 3D del volto può essere utilizzata in prima visita come strumento di valutazione preliminare del paziente da un punto di vista prettamente diagnostico, perché solo attraverso un'analisi globale del soggetto possono essere evidenziate le problematiche che dovranno essere affrontate in seguito, stilando un piano di trattamento adeguato e ottimizzato per le caratteristiche del paziente. La scansione facciale, avendo alti valori di *trueness* e *precision*, può essere utile nella pianificazione virtuale del trattamento³¹.

La valutazione da scansione è un'analisi estetica dei tessuti molli, che prevede l'utilizzo del protocollo già codificato con la sistematica Total Face Approach Soft Tissue (TFA -SoftTissue), a cui sono stati aggiunti punti-piani. La metodica è costituita da un'analisi multiplanare, comparabile a quella che viene utilizzata nel rendering 3D dei tessuti molli ed è ottenuta dalla presa di misurazioni lineari tra piani e punto-piano.

L'analisi prevede l'utilizzo di 9 landmark e 10 piani qui elencati.

Landmark: 1) glabella; 2) columella; 3) sub-nasale; 4) sub-spinale; 5) punto labiale superiore; 6) punto interlabiale; 7) pogonion molle (pog molle); 8) mentone molle; 9) punto tiroideo.

Piani: piano verticale vero (PVV); piano facciale superiore (SFP); piano sub-nasale (PSn); piano inter-labiale (PIb); piano mentale (PMe); piano nasale basale (PNb); piano labiale superiore (PLs); piano facciale anteriore (PFA); piano del pogonion molle (PPm); piano tiroideo (PTi).

La sistematica si suddivide in un inquadramento sul piano verticale e sul piano sagittale del soggetto.

Valutando le dimensioni verticali è possibile comprendere se, in caso di soggetto edentulo o parzialmente edentulo, ci sia bisogno di ripristinare la dimensione verticale corretta e in quale arcata. Mentre per quanto riguarda le dimensioni sagittali, permette di comprendere se

ci siano problemi di supporto labiale o ipotizzare delle possibili problematiche scheletriche sottostanti.

Il software associato allo scanner permette inoltre di unire la scansione dei modelli delle arcate del soggetto con la scansione facciale con predicibilità e accuratezza, grazie a un dispositivo, simile a una forchetta da articolatore, che viene riconosciuto durante la scansione attraverso dei punti di repere esterni sui lati opposti.

La disposizione nei tre piani dello spazio della maxilla, registrata con la presa dell'arco facciale, può essere riprodotta fedelmente grazie alla scansione dell'intero articolatore con i modelli su di esso montati attraverso l'utilizzo dello scanner da laboratorio.

Questo offre al clinico la possibilità di poter osservare in una singola volta i modelli montati in articolatore all'interno del face-scan, e visualizzare il rapporto esistente tra le arcate e il volto del paziente sfruttando l'opzione di trasparenza della scansione del volto.

La rivalutazione del caso può essere eseguita in qualsiasi momento, avendo questo esame costo biologico pari a zero, oltre che indolore e non invasivo permettendo quindi di comprendere meglio, anche attraverso le sovrapposizioni delle scansioni precedenti, l'andamento del trattamento sia che esso sia protesico/implanto-protesico che ortodontico.

Il potenziale svantaggio è rappresentato dal costo dell'apparecchiatura, almeno fino al 2017.

Oggi con l'introduzione del riconoscimento biometrico facciale sulla stragrande maggioranza degli smartphone questo ostacolo non c'è più.

Il riconoscimento facciale è ottenuto grazie ad uno scanner facciale a luce strutturata inserito nella fotocamera interna dello smartphone.

La scansione si ottiene attraverso una tecnica chiamata "lidar", che è simile al sonar (usato in campo marittimo). In sostanza, i dispositivi di

scansione del viso proiettano una sorta di impulso laser sul viso; questo impulso si riflette sul viso e viene ripreso da una fotocamera IR (InfraRed) presente nel dispositivo. La fotocamera IR del telefono misura quanto tempo ci vuole perché ogni bit di luce IR rimbalzi dal viso e ritorni sul dispositivo. Naturalmente, la luce che si riflette dal naso avrà un percorso più breve della luce che si riflette dalle orecchie, e la telecamera IR utilizza queste informazioni per creare una mappa di profondità unica dell'intero viso.

In letteratura sono state comparate tipologie diverse di scanner facciali con costi diversi, scanner facciali di smartphone con le relative app di scansione ((iPhone Xs con l'app Bellus3D o Capture. È emerso che la precisione di uno scanner 3D è influenzata dalla durata della scansione. Probabilmente gli artefatti e imprecisioni sono causati dal movimento involontario dei muscoli facciali e della deviazione da un movimento puramente rotatorio della testa o dal dispositivo manuale attorno al viso. Il tempo di scansione e elaborazione delle immagini era notevolmente diverso tra i vari strumenti utilizzati: gli scanner più costosi avevano un tempo di acquisizione di 1,5 millisecondi contro i 20-40 secondi delle app da smartphone.

In conclusione, applicazioni per smartphone basate sulla tecnologia TrueDepth, rendono possibile ottenere modelli facciali 3D con un buon livello di accuratezza da utilizzare per vari scopi nella pratica clinica odontoiatrica, come la previsualizzazione, la simulazione del trattamento, l'antropometria e l'analisi estetica³². Risultano quindi portatili e meno costose, offrendo a ogni professionista la possibilità di introdurre i vantaggi della scansione facciale nella propria routine clinica. Per contro richiedono una maggiore precisione da parte dell'operatore e una maggiore compliance da parte del paziente a causa del maggiore tempo di acquisizione. Le nuove applicazioni per

smartphone abbinate ai sensori TrueDepth mostrano risultati promettenti.

Tuttavia, gli scanner facciali come 3dMDtrio Stereophotogrammetry System (3dMD) rimangono il sistema più accurato e veloce per misurazioni dettagliate e può essere utilizzato in tutte le situazioni cliniche, anche con bambini o pazienti non collaborativi anche se rimangono dispositivi costosi e ingombranti^{33,34}.

3.3.3. Radiografia digitale

La Cone Beam Computed Tomography (CBCT) o tomografia computerizzata a fascio conico è una moderna metodologia diagnostica che consente di riprodurre sezioni (tomografia) e/o di generare un'immagine tridimensionale del cranio (o di alcune sue aree) per mezzo di fasci di raggi X a forma di cono acquisite da un sensore digitale ed elaborate da un computer.

La CBCT permette una scansione volumetrica che consente quindi l'acquisizione di tutto il volume da indagare composto da voxel con un'unica rotazione congiunta a 360° del complesso tubo radiogeno/detettori. I file acquisiti vengono salvati come file DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine).

Ciò è reso possibile soprattutto dalla emissione di un fascio radiante a forma conica (non a “ventaglio” come nella CT convenzionale) e da un rivelatore solido che può essere conformato a pannello di ampia superficie (flat panel).

Si acquisiscono così una elevata quantità di dati (fino a 600 immagini distinte) che permettono informazioni bidimensionali successivamente analizzate e ricostruite tramite opportuni software così da ottenere immagini tridimensionali e facili ricostruzioni multiplanari (MPR) su

vari piani di osservazione. Le serie di proiezioni acquisite verranno poi elaborate da un software che produrrà un set tridimensionale che servirà da base per successive rielaborazioni che porteranno alle ricostruzioni nei tre piani ortogonali (assiale, sagittale, coronale). Il risultato finale è un'immagine tridimensionale, composta da una serie di voxel la cui dimensione è corrispondente alla risoluzione spaziale ed è intrinsecamente correlata con la dimensione dei pixel del detettore. Solitamente la risoluzione è nell'ordine dei 0,09-0,4 mm. e questo determina la dimensione del voxel che generalmente assume la caratteristica di essere isotropico e questo permette di poter ricostruire l'immagine su ulteriori piani o realizzare modelli grafici tridimensionali.

Le immagini sono caratterizzate da elevata risoluzione spaziale e dalla corrispondenza alla realtà anatomica (rapporto 1:1)³⁵.

In ambito odontostomatologico si hanno multiple indicazioni: in ortodonzia con studio dei denti inclusi, soprannumerari ed ectopici, e dei loro rapporti con le strutture limitrofe come le cavità mascellari, le fosse nasali ed il nervo alveolare inferiore specie in caso di disodontiasi degli VIII[^] inferiori; in endodonzia con valutazione pre e post-trattamento delle lesioni apicali; nella riabilitazione implanto-protetica sia nella pianificazione pre-chirurgica con studio della eventuale malattia paradontale associata, che post-chirurgica con valutazione del rialzo osseo se effettuato, delle eventuali complicanze o del mal posizionamento implantare.

Indicazione rilevante ha nella patologia sinusale, con preciso riscontro dei dettagli anatomici necessari ai fini dell'eventuale chirurgia endoscopica sinusale e con la successiva verifica degli esiti chirurgici o delle sue complicanze.

La CBCT trova applicazione anche nello studio delle articolazioni temporo-mandibolari (ATM), con valutazione dell'anatomia o della patologia specie osteo-artritica. Trova indicazione nelle anomalie ossee del massiccio facciale, quale la palatoschisi con pianificazione e verifica del trattamento chirurgico. Consente inoltre di individuare alterazioni ossee di tipo flogistico (osteomielite), neoplastico o traumatico (comprese le fratture dentali).

3.3.4. Fotografie e video

Le fotografie in odontoiatria fanno parte degli elementi diagnostici essenziali, unitamente alle radiografie (ortopantomografia e teleradiografia almeno) e ai modelli (che possono essere in gesso oppure digitali). Le fotografie, intraorali ed extraorali, sono necessarie e fondamentali per valutare diversi aspetti, quali le proporzioni del viso, i rapporti delle arcate dentarie e i rapporti tra queste e il volto. È necessario poi sottolineare come spesso il piano di trattamento non viene elaborato nell'immediato, ma necessita di alcuni processi che richiedono del tempo per analizzare tutti i dati a disposizione, fotografie comprese, che vengono quindi utilizzate anche per "ricordare" a clinico, collaboratori e tecnici l'esatta situazione del paziente.

Le fotografie possono essere poi usate per valutare i progressi della cura durante il trattamento ed al termine dello stesso. È buona norma, infatti, scattare delle fotografie anche al termine del trattamento. Ciò va fatto sia per documentare il caso dal punto di vista medico-legale sia per monitorarne la stabilità negli anni seguenti.

Una delle caratteristiche della fotografia, che però ne rappresenta anche un limite, è che essa è un documento assolutamente statico, una particolare scena fissata nella sua attualità istantanea ma non nel suo

divenire. La videoripresa è invece la narrazione di una scena nel suo divenire in un certo intervallo, quindi totalmente e intrinsecamente dinamica.

Uno studio condotto da Tjan e Miller su fotografie statiche di un sorriso in posa, ha riportato che l'11% dei pazienti presentava un sorriso alto rispetto al 21% dei pazienti con un sorriso alto anteriore in uno studio con registrazione video³⁶.

Il tipo di sorriso cambia significativamente quando si confrontano i sorrisi posati e spontanei³⁷. Tarantili et al. ha anche studiato il sorriso in video e ha osservato che la durata media di un sorriso spontaneo era di 500 ms, il che sottolinea la difficoltà di registrare questo momento nelle fotografie³⁸.

Dato che una fotografia statica scattata in un momento particolare non può garantire il momento ideale catturato nella posizione di riposo idealistica e una posizione di sorriso pieno massimo reale, i video sono utili per consentire la scelta di catturare la foto nel momento perfetto. I video possono essere messi in pausa e trasformati in una foto facendo uno screenshot del momento migliore registrato con l'angolazione desiderata.

3.3.5. Digital Smile Design (DSD)

Negli ultimi 60 anni gli obiettivi terapeutici nonché le motivazioni che portano i pazienti dall'odontoiatra sono virate sempre più sull'estetica. Già nel 1969 era ben chiara la crescente attenzione verso l'estetica del sorriso e a ciò che rappresenta socialmente e psicologicamente. Proprio questa consapevolezza, accompagnata dall'assenza di materiale relativo agli atteggiamenti del paziente e ai desideri di trattamento estetico, ha determinato una crescente attenzione verso i principi base

dell'estetica dentale. Di conseguenza già nel 1984 sono apparsi i primi studi che andavano ad indagare le caratteristiche di base in grado di rendere un sorriso più attraente. Sono così emersi nel tempo principi universalmente accettati che rendono un sorriso più attraente e armonioso.

Le caratteristiche fondamentali su cui si è posto il focus che determinano l'estetica di un sorriso sono:

- andamento dei margini incisali degli incisivi centrali mascellari rispetto all'andamento del labbro inferiore;
- rapporto tra altezza e larghezza degli incisivi centrali mascellari;
- proporzione tra i denti anterosuperiori;
- assenza di diastemi;
- andamento della festonatura gengivale;
- altezza sorriso e esposizione gengivale;
- corridoi labiali;
- angolazione dei denti e linea mediana;
- forma e colore dentale³⁹⁻⁴¹.

Nella pianificazione di un trattamento ortodontico e/o riabilitativo oltre a fare un'analisi del sorriso e delle sue caratteristiche è fondamentale rapportare queste informazioni alle caratteristiche del volto del paziente oltre che all'età, al sesso, personalità etc..

L'ampia varietà di articoli che studiano tali caratteristiche se da un lato è di fondamentale importanza per la letteratura scientifica, dall'altro ostacola il lavoro dei medici che cercano protocolli di trattamento semplici e pratici.

Per ottenere risultati estetici predicibili è nato il Digital Smile Design (DSD): uno strumento concettuale multiuso che può rafforzare la

visione diagnostica, migliorare la comunicazione con il paziente e tra gli operatori e migliorare la predicibilità di un trattamento. Con la nascita di quest'ultimo i clinici non sono più obbligati a scegliere arbitrariamente parametri estetici ricercando tra la moltitudine di articoli presenti in letteratura basati sul parere di altri clinici o tecnici.

Un paziente che dubita costantemente del risultato finale del trattamento, che è una procedura irreversibile, può essere motivato e educato attraverso la tecnica del Digital Smile Design (DSD). DSD è uno strumento che viene utilizzato per progettare e modificare digitalmente il sorriso dei pazienti e aiutarli a visualizzarlo in anticipo creando e presentando un *mockup* digitale del loro nuovo design del sorriso prima che il trattamento inizi fisicamente. Aiuta nella comunicazione visiva e nel coinvolgimento dei pazienti nel proprio processo di progettazione del sorriso aumentando così le percentuali di accettazione del caso.

Il DSD permette, attraverso il disegno di linee e forme su foto intra e extra orali con qualsiasi software di presentazione, un'attenta analisi delle caratteristiche facciali e dentali del paziente insieme a eventuali fattori critici che potrebbero essere stati tralasciati durante le procedure di valutazione clinica, fotografica e diagnostiche basate sul gesso. Attraverso questi riferimenti andiamo a rapportare i principi di estetica del sorriso nella bocca e sul viso del paziente.

Il DSD è quindi uno strumento digitale che, grazie all'utilizzo di un software, consente al medico di realizzare un "rendering" (ricostruzione virtuale) del futuro sorriso del paziente, con un risultato molto verosimile, senza dover iniziare il trattamento.

Inoltre, le precise informazioni ricavate dalla progettazione del sorriso digitale aiutano il clinico a formulare un piano di trattamento ideale ed in più possono essere trasferite su un modello tridimensionale. Da

quest'ultimo saranno ricavate delle mascherine con le quali è possibile “stampare” della resina provvisoria, direttamente nella bocca del paziente, il quale potrà indossare il suo nuovo sorriso e pre-visualizzare direttamente nella sua bocca il risultato finale, senza aver ancora iniziato le cure!

Sebbene la maggior parte dei principi siano su base scientifica, il protocollo di trattamento non dovrebbe essere applicato universalmente, ma fungere da punto di partenza perché il concetto di bellezza varia in modo significativo. Pertanto, tutti i principi devono essere oggetto di discussione tra medici e pazienti in modo da garantire una pianificazione estetica individualizzata e soddisfacente.

Christian Coachman nel 2017 ha proposto questa evoluzione in generazioni:

- Generazione 1. Disegni analogici su foto e nessun collegamento al modello analogico. Era il momento in cui il disegno con la penna veniva eseguito su una copia stampata delle fotografie per visualizzare il risultato del trattamento, ma ciò non poteva essere correlato al modello di studio. L'odontoiatria digitale non era ancora stata introdotta.
- Generazione 2. Disegni digitali 2D e collegamento visivo al modello analogico. Con l'avvento del mondo digitale, alcuni software come PowerPoint consentivano il disegno digitale. Sebbene non fosse specifico per l'odontoiatria e si limitasse al disegno in due dimensioni, era più accurato e richiedeva meno tempo rispetto al disegno a mano. Il disegno poteva essere collegato visivamente al modello di studio ma mancava ancora la connessione fisica.
- Generazione 3. Disegni 2D digitali e collegamento analogico al modello. Questo fu l'inizio della connessione digitale-analogica. È

stato introdotto il primo software di disegno specifico per l'odontoiatria digitale che ha collegato il design del sorriso digitale 2D alla ceratura 3D. In questa fase è stata introdotta anche l'integrazione facciale per il design del sorriso, ma mancava la connessione al mondo digitale 3D.

- Generazione 4. Disegni digitali 2D e connessione digitale al modello 3D. In questo momento l'odontoiatria digitale ha permesso il passaggio dall'analisi 2D all'analisi 3D. La ceratura digitale 3D può essere eseguita coinvolgendo l'integrazione facciale e parametri estetici dentali predeterminati.
- Generazione 5. Flusso di lavoro 3D completo.
- Generazione 6. Il concetto 4D. Aggiunta di movimento al processo di progettazione del sorriso.

La tecnica DSD viene eseguita da apparecchiature digitali già prevalenti nell'attuale studio dentistico come un computer con uno dei software DSD, una fotocamera digitale SLR o anche uno smartphone⁴². Uno scanner intraorale digitale per impronte digitali, una stampante 3D e CAD/CAM sono strumenti aggiuntivi per un flusso di lavoro 3D digitale completo. Un'accurata documentazione fotografica è essenziale in quanto l'analisi facciale e dentale completa si basa su fotografie preliminari su cui vengono formulate modifiche e design, è necessaria una documentazione video per l'analisi dinamica di denti, gengiva, labbra e viso durante il sorriso, la risata e il parlare al fine di integrare i principi guidati dal viso al design del sorriso.

La procedura comprende un protocollo fotografico e videografico ben preciso seguito dal rendering delle foto.

Sono necessarie le seguenti riprese fotografiche in posizione fissa della testa:

- Tre viste frontali:
 - Viso pieno con un ampio sorriso e i denti divaricati
 - Pieno viso a riposo
 - Vista retratta dell'intera arcata mascellare e mandibolare con denti a parte.
- Due viste profilo:
 - Profilo laterale a riposo
 - Profilo laterale con un sorriso pieno
- Una vista dell'orologio a ore 12 con un ampio sorriso e il bordo incisale dei denti mascellari visibile e appoggiato sul labbro inferiore
- Una vista intraocclusale dell'arcata mascellare dal secondo premolare al secondo premolare.

Per quanto riguarda la videografia dovrebbero essere presi quattro video da angolazioni specifiche:

- un video facciale frontale con divaricatore e senza divaricatore sorridente;
- un video del profilo del viso con le labbra a riposo e il sorriso a E largo;
- un video a ore 12 sopra la testa con l'angolo più coronale consente ancora la visualizzazione del bordo incisale;
- un video occlusale anteriore per registrare i denti mascellari dal secondo premolare al secondo premolare con il rafe palatino come una linea retta.

Dovrebbero essere realizzati anche quattro video complementari per l'analisi facciale, fonetica, funzionale e strutturale⁴³.

Le fotografie scattate devono essere della massima qualità e precisione, con postura corretta e tecniche standardizzate, poiché su di esse vengono stabilite le linee di riferimento del viso. Una fotografia

scadente rappresenta in modo errato l'immagine di riferimento e può portare a una diagnosi e una pianificazione impropria⁴⁴.

Per il rendering il medico può utilizzare un qualsiasi software come:

1. Photoshop CS6 (Adobe Systems Incorporated),
2. Microsoft PowerPoint (Microsoft Office, Microsoft, Redmond, Washington, USA).
3. Smile Designer Pro (SDP) (Tasty Tech Ltd),
4. Design estetico digitale del sorriso (ADSD - Dr. Valerio Bini),
5. Cerec SW 4.2 (Sirona Dental Systems Inc.),
6. Planmeca Romexis Smile Design (PRSD) (Planmeca Romexis®),
7. VisagiSMile (Web Motion LTD),
8. App DSD di Coachman (DSDApp LLC),
9. Keynote (iWork, Apple, Cupertino, California, USA)
10. Sistema di posizionamento guidato (GPS)
11. DSS (Soluzione EG)
12. NemoDSD (3D)
13. Exocad DentalCAD 2.3

Fattori come parametri estetici dentofacciali, facilità d'uso, capacità di documentazione del caso, costi, efficienza del tempo, flusso di lavoro digitale sistematico e organizzazione e compatibilità del programma con CAD/CAM o altri sistemi digitali possono influenzare la decisione dell'utente⁴⁵.

Sebbene l'inclusione dei parametri estetici nei diversi software DSD vari, la procedura di base della progettazione del sorriso rimane la stessa. Tutti i software DSD consentono la progettazione estetica attraverso il disegno di linee e forme di riferimento su fotografie digitali extra ed intraorali. L'analisi facciale viene eseguita utilizzando linee di riferimento da cui vengono sviluppati parametri uniformi per la vista frontale del viso. Le linee di riferimento orizzontali sono costituite dalle

linee interpupillari e intercommissurali che forniscono un completo senso di equilibrio e una visuale orizzontale nel viso esteticamente gradevole mentre la linea di riferimento verticale include la linea mediana del viso, passando per la glabella, naso e mento. Le linee orizzontali e verticali sono incrociate l'una contro l'altra per misurare la simmetria e l'inclinazione del viso.

Dopo l'analisi facciale, viene eseguita l'analisi dento gengivale. La lunghezza del labbro superiore a riposo e in sorriso viene controllata per determinare la visualizzazione gengivale. La curva del sorriso viene stabilita correlando la curvatura dei bordi incisali dei denti anteriori mascellari. Il contorno dentale è realizzato secondo le proporzioni del labbro inferiore e la curvatura antero-posteriore dei denti. Questa fotografia facciale viene quindi ritagliata per mostrare solo la vista intraorale. Tre linee di riferimento sono segnate sui denti, una linea orizzontale diritta tracciata dalla punta del canino alla punta del canino, un'altra linea orizzontale sui bordi incisali degli incisivi centrali e un'altra linea verticale passante per la linea mediana del dente (passante per le papille interdentali). Questo aiuta a riprodurre la croce, cioè la linea mediana interpupillare e facciale di riferimento sul viso nella visione intraorale. Vengono tracciate poche linee aggiuntive come lo zenit gengivale, le linee di giunzione degli zenit gengivali e margini incisali per un'analisi dentale completa. Per un'adeguata dimensione dei denti, la dimensione ideale del rapporto tra larghezza dentale e lunghezza può essere incorporata da una qualsiasi delle teorie pubblicate che includono la proporzione aurea, la teoria di Pound, la proporzione dentale estetica ricorrente, la teoria dentogenica o il visagismo.

Le modifiche necessarie vengono eseguite con l'ausilio di un righello digitale che può essere calibrato sulla fotografia misurando la larghezza

degli incisivi centrali nel modello di studio. I cambiamenti possono essere modificati, diminuiti o adattati a diverse situazioni, a seconda delle esigenze estetiche e delle esigenze individuali del paziente.

Dopo che il nuovo design del sorriso è stato ottenuto, può essere presentato digitalmente al paziente per cercare apprezzamento e feedback. Questo design del sorriso approvato digitalmente in questa fase può essere utilizzato per creare modelli fisici che possono essere testati esteticamente nella bocca del paziente. Il mock-up consente non solo la visualizzazione della forma integrata alla gengiva, alle labbra, al viso, ma anche alla fonetica durante il periodo di valutazione. In quanto tale, il paziente può valutare, esprimere un parere e approvare la forma finale del nuovo sorriso prima che vengano eseguite procedure irreversibili⁴⁶.

3.3.6. Outcome simulator

Invisalign outcome simulator è un software in grado di rielaborare le impronte digitali acquisite e di mostrare nel giro di pochi minuti come saranno i denti durante e post trattamento ortodontico attraverso una pre-visualizzazione.

Come prima cosa si rilevano le impronte digitali della bocca con lo scanner intraorale. Le immagini vengono quindi elaborate dal software che, attraverso alcuni sofisticati algoritmi, restituisce una simulazione del risultato finale del trattamento consigliato.

Outcome Simulator permette di fare una previsualizzazione del sorriso del paziente durante e post trattamento ortodontico. Quello che si osserva sullo schermo del computer è una vera e propria simulazione, che deve essere valutata e corretta dall'ortodontista in base alla realtà clinica del singolo paziente.

La simulazione con l'Outcome Simulator è un buon mezzo di dialogo tra ortodontista e paziente: il paziente, infatti, con la possibilità di vedere affiancate le immagini del prima e dopo trattamento, può comprendere meglio gli effettivi benefici e chiarirsi le idee prima di cominciare un trattamento ortodontico.

Algoritmi avanzati generano simulazioni realistiche dei risultati del trattamento, disponibili sia nelle viste della dentizione in-face che 3D, per aiutare a guidare l'educazione del paziente e l'accettazione del trattamento.

Ciò consente ai medici di mostrare ai pazienti il loro potenziale nuovo sorriso dopo il trattamento, il tutto alla poltrona in pochi minuti e senza invasività alcuna.

È un vero punto di svolta nel guidare l'accettazione del caso poiché l'impatto emotivo di un paziente che vede la trasformazione del proprio sorriso sul proprio viso è incredibilmente potente.

Le foto dei pazienti possono essere facilmente acquisite su un dispositivo mobile utilizzando l'app Invisalign Practice e la scansione viene eseguita con lo scanner. Con queste immagini digitali dei pazienti, Outcome Simulator si avvia automaticamente in background, consentendo ai medici di continuare la consultazione utilizzando altri strumenti nelle discussioni alla poltrona con i loro pazienti mentre viene generata la simulazione del trattamento.

Invisalign viene costruito sulla base di precise indicazioni ricavate da un progetto di correzione della malocclusione dentale chiamato ClinCheck.

Si tratta di delineare il percorso di correzione del disallineamento dei denti, dalla malocclusione iniziale fino all'allineamento, partendo da un modello dei denti digitale: una rappresentazione computerizzata dei denti ricavata dalla diretta scansione della dentatura del paziente,

oppure dalla scansione di una loro impronta presa con materiali di precisione.

Una volta al computer, si elabora il modello digitale delle arcate dentarie avvalendosi di un software, che permette di effettuare piccoli spostamenti progressivi di ogni singolo dente in tutti i piani dello spazio. A seconda della complessità degli spostamenti necessari alla correzione del caso, varierà il numero delle fasi correttive che porteranno all'allineamento estetico.

Terminato il lavoro di elaborazione al computer, si può presentare e discutere il ClinCheck con il paziente prima che inizi il trattamento. Il paziente potrà così capire realmente tutte le fasi attive del percorso correttivo e, cosa ancora più importante, di come appariranno i suoi denti alla fine del trattamento.

Il ClinCheck diventa pertanto uno strumento unico del sistema di ortodonzia Invisalign, il cui compito è sia guidare la costruzione dell'apparecchio, sia di motivare il paziente, che prima di iniziare il trattamento ortodontico sarà reso consapevole della qualità del risultato estetico finale che potrà ottenere con Invisalign.

3.3.7 Interazioni tra dati: paziente virtuale

La digitalizzazione delle cartelle cliniche, le tecniche di imaging assistita da computer e la pianificazione o le simulazioni di trattamenti virtuali hanno rivoluzionato la pratica clinica. Gradualmente, e quasi consecutivamente, la digitalizzazione è stata adottata nelle tre fasi principali del flusso di lavoro convenzionale del paziente, risultando in tre processi distinti:

1. paziente reale: le procedure di trattamento possono essere assistite con dispositivi di fabbricazione assistita da computer (CAM) utilizzando la tecnologia di fresatura o stampa 3D cioè aiuto digitale su paziente reale;
2. paziente digitale: l'acquisizione dei dati del paziente è digitalizzata (informazioni cliniche, informazioni radiografiche, calchi etc..) e ora può essere archiviata o archiviata nei record digitali del paziente cioè registrazione dati;
3. paziente virtuale: la pianificazione mentale della riabilitazione del paziente può ora essere assistita con una pianificazione digitale del trattamento e la simulazione su schermo (progettazione assistita da computer o CAD) cioè elaborazione dati⁴⁷.

Creare un paziente virtuale, cioè la fusione di questi pezzi di puzzle digitali in un tutt'uno sembra essere il continuum logico di questa tendenza. L'intero piano di trattamento potrebbe essere simulato in modo non invasivo, condiviso tramite strumenti di comunicazione mediati dalla rete e adattato in base alle aspettative del paziente.

I dati forniti dai nostri strumenti digitali possono essere integrati al fine di avere una visione d'insieme più completa del paziente. Inoltre, questo approccio ci permette di avere innumerevoli vantaggi nella pianificazione del trattamento e quindi nei risultati ottenibili^{42,43}.

Nel mondo reale, la combinazione della triade di diverse strutture del tessuto craniofacciale (scheletro facciale, tessuti molli extraorali e dentizione compresi i tessuti molli intraorali circostanti) in una singola entità rimane complessa. Non solo le strutture anatomiche sono uniche in natura; inoltre, i corrispondenti dati 3D digitali ottenuti dalla radiologia e dalle tecniche di scansione differiscono nella tipologia di dati. La replica di un paziente virtuale 3D richiede la fusione di diversi dispositivi di imaging e formati di dati.

- CBCT utilizza file formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), un formato standard generale per la manipolazione, l'archiviazione, la stampa e la trasmissione di informazioni;
- La scanner extraorale cattura la pelle extraorale del viso e i dati sono solitamente memorizzati come file formato OBJ, un formato di definizione geometrica ampiamente accettato che rappresenta le informazioni 3D sul colore e sulla trama;
- Lo scanner intraorale usa file formato STL (linguaggio di tessellazione superficiale o stereolitografia), che descrivono geometrie superficiali triangolari di oggetti 3D ma memorizzano dati senza informazioni sul colore⁴⁴.

La parte più difficile nella creazione del clone digitale è senza dubbio il matching di file diversi. Recentemente, sono stati proposti algoritmi di rete neurale basati sull'intelligenza artificiale per la fusione automatica della scansione intraorale, facciale e delle immagini CBCT senza alcun intervento umano. Tuttavia, sono necessarie ulteriori ricerche per perfezionarne l'accuratezza⁴⁸.

Per la maggior parte dei trattamenti protesici convenzionali una procedura che includesse scansione facciale e intraorale sarebbe adeguata per simulare i risultati del trattamento protesico. Qui, il paziente trarrà profitto da un metodo che non include radiazioni ionizzanti ed è completamente non invasivo, veloce e facilmente allineabile in un modello 3D. Inoltre, la procedura potrebbe essere ripetuta in qualsiasi momento e consentirebbe la documentazione per i follow-up.

Fino a ieri si è parlato di virtualizzazione statica, ossia l'importazione all'interno di un ambiente virtuale di tutte le caratteristiche muscolo-scheletriche dentali dei pazienti. Oggi l'odontoiatria sta raggiungendo

invece un risultato fino ad ora impensabile: la virtualizzazione dinamica. Poter usufruire della virtualizzazione dinamica significa ottenere un vero e proprio “avatar” responsivo del paziente, con il quale i dentisti possono interagire.

Da un punto di vista funzionale, questo consente una personalizzazione totale delle protesi, realizzate sulla dinamica masticatoria di ciascun soggetto. Funzionalizzazione e controllo intraorale potranno essere fatti su pazienti virtuali, sfruttando il vantaggio che un avatar non si stanca mai, banalmente, di aprire la bocca.

Sarà possibile visualizzare e osservare insieme al paziente il suo personale prima e dopo, fare aggiustamenti, e arrivare a una soluzione estetica condivisa prima di iniziare il lavoro. Migliorando sensibilmente anche il rapporto di fiducia e la trasparenza e la gestione delle aspettative.

Infine, snellendo sensibilmente la filiera produttiva protesica e potendo lavorare sulla preparazione totalmente in digitale il “*trial and error*” si azzererà quasi completamente.

Con la virtualizzazione dinamica dentisti potranno avere il paziente sempre in poltrona, e il paziente potrà passare in studio solo il tempo strettamente necessario.

L'utilizzo del paziente virtuale come piattaforma consente lo sviluppo di un piano di trattamento digitale, la progettazione su schermo e la simulazione di procedure come la progettazione di restauri, la navigazione chirurgica per il posizionamento di impianti o interventi chirurgici craniofacciali (e altri) e modelli virtuali per l'istruzione e la comunicazione con un paziente^{45-47,49}. La creazione del paziente virtuale riduce gli errori che possono essere introdotti quando si utilizzano approcci convenzionali, diminuisce il tempo necessario per la pianificazione e aumenta l'intuitività^{46,50}. Inoltre, il paziente virtuale

consente a medici e tecnici di modellare digitalmente e valutare più configurazioni e soluzioni più facilmente rispetto agli approcci convenzionali che possono introdurre danni ai modelli, avere un'ampiezza limitata di dati 3D disponibili e richiedere noiose manipolazioni manuali. Negli interventi di chirurgia ortognatica, ad esempio, la pianificazione con il paziente virtuale consente un'elevata precisione e l'ottimizzazione di ogni fase del trattamento con conseguenti risultati ortognatici più accurati^{51,52}.

4. I VANTAGGI DEL DIGITALE

Oggi siamo abituati ad abbinare il tema delle innovazioni tecnologiche alla fase ultima del percorso di cura, ovvero alla terapia. Ma non riguardano solo o direttamente questo. In realtà queste svolgono un ruolo fondamentale anche nel colloquio conoscitivo, nella diagnosi, pianificazione, spiegazione dei piani di trattamento e quindi indirettamente nella terapia.

La prima visita è sempre un momento importante, non solo per il paziente, ma anche per lo stesso odontoiatra: è durante questo primo incontro che si instaura un rapporto di fiducia che consenta alle parti di procedere in completa sintonia e serenità. Perché questo accada, è bene che il dentista abbia ben chiaro obiettivi e aspettative del paziente, oltre ad elaborare una diagnosi corretta, che possa anche essere discussa insieme. L'operatore deve usare termini di semplice comprensione in tutte le fasi oltre che incoraggiare il dialogo. Il paziente deve cercare di far comprendere le sue problematiche, i suoi desideri, le sue aspettative. Spesso problemi in questa fase compromettono l'intero processo di cura. Infatti, una terapia eseguita magistralmente dove però sono venute meno le fasi di comunicazione dei desideri del paziente o dei risultati ottenibili dall'operatore sarà considerato senza dubbio un insuccesso.

Fin dalla prima visita si rende necessario usare tutte le strategie utili ad individualizzare il delicato approccio al paziente, poiché, soprattutto oggi, il valore del sorriso si basa su conoscenze non solo odontoiatriche, ma prima di tutto psicologiche, sociologiche e comunicative. La comunicazione odierna prevede un elemento essenziale, l'immagine, che è la rappresentazione più elementare dell'estetica: l'immagine rappresenta oggi l'unico vero linguaggio universale, facile, immediato e decodificato.

L'integrazione degli strumenti digitali in prima visita facilita la comprensione, il dialogo e l'instaurarsi del rapporto di fiducia.

Un altro aspetto chiave nell'utilizzo del digitale è legato all'efficienza: il digitale permette di abbattere costi, tempi e problematiche legate a logistica e infezioni crociate.

È dimostrato in letteratura come sia pazienti che operatori preferiscano l'utilizzo di strumenti digitali rispetto alle metodologie analogiche. Inoltre, questi strumenti permettono di ottenere risultati migliori o comparabili alle metodologie classiche con una minore invasività.

Anche la discussione del caso con altri professionisti e tecnici è di fondamentale importanza per avere una visione d'insieme più ampia. Con il digitale è possibile il confronto e la pianificazione del caso tra professionisti che si trovano in diverse parti del mondo. È possibile avere un clone digitale del paziente disponibile in ogni momento e in ogni luogo per le prove estetiche e funzionali. Permette quindi di portare l'esperienza della prima visita ad un livello successivo sia per l'operatore che per il paziente.

In sintesi, i principali vantaggi del mondo digitale applicati all'odontoiatria riguardano essenzialmente due macro aree: la comunicazione e l'efficienza.

4.1 La comunicazione

Negli anni c'è sempre più attenzione da parte del paziente all'estetica del proprio sorriso. Uno dei principali motivi che fa avvicinare il paziente all'attenzione dell'odontoiatra sono proprio le richieste di migliorare l'estetica del sorriso (prima le motivazioni erano altre). Nel corso della prima visita succede spesso che durante il colloquio conoscitivo il paziente manifesti disagio o insoddisfazione riguardo al

proprio sorriso, senza però riuscire a manifestare le reali cause di ciò. È perfettamente normale data la mancanza di *background* di conoscenze in campo odontoiatrico⁵³.

Molti fattori critici possono sfuggire anche al dentista che visita per la prima volta un nuovo paziente con problemi estetici. Inoltre, è importante correggere per prime le problematiche che il paziente ha più a cuore. Un protocollo che preveda fotografie e analisi digitali consente al professionista di visualizzare e analizzare problemi che potrebbe non notare clinicamente.

La comunicazione in questa fase deve essere più efficace possibile in quanto andrà ad influenzare tutte le fasi successive del trattamento.

La fase diagnostica è di grande importanza per il paziente, il dentista e l'odontotecnico per comprendere i desideri e le aspettative dei pazienti^{54,55}.

Per ottenere il massimo dal trattamento è fondamentale che il paziente venga coinvolto nel processo decisionale e che quindi si giunga al desiderato SDM (Shared Decision-Making). Per fare ciò è necessario che il paziente capisca realmente la diagnosi e i piani di trattamento proposti dall'operatore.

Tra le metodologie di comunicazione che possiamo usare per spiegare il piano di trattamento ci possiamo avvalere della comunicazione verbale, con la spiegazione del piano di trattamento e dei risultati attesi, delle foto del prima e dopo di altri pazienti, del *wax-up* su modello in gesso del paziente, del *mock-up* intraorale e della simulazione computerizzata⁵⁶.

I pazienti che desiderano migliorare la propria estetica dentale spesso incontrano difficoltà nell'immaginare i potenziali esiti del trattamento, poiché non possono controllare tutte le possibilità disponibili per quanto riguarda il loro aspetto dentale finale⁵⁷.

Tra le metodiche di comunicazione la simulazione computerizzata sembra essere la migliore in termini di accettazione del piano di trattamento e preferenza dei pazienti⁵³.

L'uso di immagini in questa fase permette al clinico di demistificare aspetti complessi della diagnosi. Lo Scanner Intraorale permette la visione immediata in 3D delle arcate dentarie del paziente. Le fotografie e il DSD permettono invece di rendere evidenti eventuali problematiche estetiche del sorriso del paziente grazie all'aggiunta di linee e punti di riferimento sulle foto. La scansione 3D del volto può essere utilizzata in prima visita come strumento di valutazione preliminare del paziente da un punto di vista prettamente diagnostico, perché solo attraverso un'analisi globale del soggetto possono essere evidenziate le problematiche che dovranno essere affrontate in seguito, stilando un piano di trattamento adeguato e ottimizzato per le caratteristiche del paziente.

Uno studio condotto da Gabriele Cervino et al.⁵⁸ ha esaminato ben 24 articoli sui DSD pubblicati fino al 2018 con lo scopo di valutare l'efficacia dell'uso delle tecniche di Digital Smile Design e se il Digital Smile Design sta apportando miglioramenti nel comfort dei pazienti e nei loro trattamenti. Lo studio sopracitato ha preso in considerazione l'utilità "comunicativa" del software, la pianificazione terapeutica e la riabilitazione estetica e funzionale dei pazienti. Gli autori, analizzando gli studi presenti in letteratura sul Digital Smile Design, hanno concluso che questo strumento fornisce importanti informazioni al clinico e al paziente. I pazienti possono visionare le proprie riabilitazioni anche prima dell'inizio, e questo può avere anche importanti funzioni medico-legali.

Le simulazioni computerizzate sono permesse grazie alla realtà aumentata (AR). La definizione di realtà aumentata si riferisce a: "una

tecnologia che sovrappone un'immagine generata al computer alla visione del mondo reale da parte dell'utente, fornendo così una visione composita”: genera quindi un'interazione tra l'ambiente reale e gli oggetti virtuali⁵⁹. La tecnologia AR viene utilizzata per scopi medici e odontoiatrici con lo scopo, tra l'altro, di simulare specifici obiettivi di trattamento^{56,60}.

Le simulazioni di trattamento sono quindi ottenute partendo dalla raccolta di dati clinici attraverso una scansione intraorale, scansione facciale, CBCT, fotografie e video. Attraverso software poi vengono aggiunte informazioni relative agli esiti di trattamento proposti⁶¹. Il paziente, in questo modo, non deve cercare di interpretare le informazioni fornite dall'operatore o riportare i risultati di altri pazienti al suo caso bensì guardare su uno schermo i risultati che potrebbe ottenere personalmente. Inoltre, essendo una simulazione con invasività pari a zero, il paziente può interagire al fine di esprimere feedback sul risultato proposto e modulare i parametri estetici utilizzati. Sebbene esistano numerosi principi riconosciuti su base scientifica per rendere un sorriso armonioso e attraente, è risaputo che il concetto di bellezza vari considerevolmente in base sia alle caratteristiche fisiche del paziente che ai suoi preconcetti. Per questi motivi i principi non possono essere usati universalmente su tutti e seguiti alla lettera bensì devono rappresentare solo un punto di partenza per la pianificazione del trattamento, per poi adattarsi alle richieste estetiche del paziente e ai suoi gusti personali.

Proprio in quest'ottica di idee la pre-visualizzazione dell'outcome gioca un ruolo fondamentale. L'imaging e la progettazione digitali aiutano i pazienti a visualizzare il risultato finale atteso prima dell'inizio del trattamento stesso, il che migliora la prevedibilità del trattamento^{62,63}.

Questo è alla base dell'SDM e del coinvolgimento del paziente nel processo decisionale che, come si è visto, migliora la comunicazione, l'aderenza al piano di trattamento e la soddisfazione generale del paziente per la terapia^{66,67}.

Ecco che l'AR acquisisce importanza fondamentale nel migliorare la comunicazione e supportare gli ausili decisionali per i pazienti^{64,65,60}.

I benefici ottenibili in ottica comunicazione riguardano anche la collaborazione tra diversi professionisti. Il DSD è stato istituito dall'odontotecnico. Il tecnico esegue la ceratura diagnostica: crea le forme dei denti seguendo le istruzioni e le linee guida fornite dal dentista per iscritto o per telefono. In molti casi, tuttavia, vengono fornite informazioni insufficienti all'odontotecnico per utilizzare le sue capacità al massimo delle sue potenzialità. Di conseguenza, il restauro finale ha meno probabilità di soddisfare pienamente i desideri del paziente. Con questo strumento si riesce a comunicare meglio le preferenze personali e/o le caratteristiche morfo-psicologiche del paziente al tecnico, elevando l'eccellenza del restauro. I principi universalmente riconosciuti di estetica possono così essere rapportati alla bocca del paziente e le informazioni relative scambiate tra clinici e tecnici. L'obiettivo principale del protocollo DSD è facilitare questo processo. Con queste preziose informazioni in mano, l'odontotecnico può fabbricare in modo più efficiente una cera tridimensionale, concentrandosi sullo sviluppo di caratteristiche anatomiche all'interno dei parametri forniti, compresi i piani di riferimento, le linee intermedie facciali e dentali, la posizione del bordo incisale, la dinamica delle labbra, la disposizione dei denti e il piano incisale.

Non solo migliora la comunicazione tra medico e paziente, ma anche tra i membri del team interdisciplinare, tra medici, clinici e tecnici di laboratorio. Tutti i membri della squadra possono accedere a queste

informazioni quando necessario per rivedere, modificare o aggiungere componenti durante le fasi diagnostiche e terapeutiche, senza essere disponibili nello stesso luogo o nello stesso momento. Ciò migliora la comunicazione visiva, migliora la trasparenza, crea un migliore lavoro di squadra e una pianificazione del trattamento interdisciplinare. Il tecnico di laboratorio riceve anche un feedback sulle aspettative dei pazienti relative alla forma, alla disposizione e al colore dei denti per consentire le modifiche desiderate. Questo doppio controllo persistente garantisce la qualità del risultato finale.

Il design del sorriso digitale integra fotografie digitali del viso e analisi software per assistere medici e tecnici di laboratorio nella creazione e pianificazione di un ciclo di trattamento, fornendo una simulazione virtuale dei risultati estetici finali. Ciò è particolarmente prezioso nei restauri complessi e multidisciplinari: consente e facilita la comunicazione tra i medici e il laboratorio. Il DSD ha un ruolo centrale anche nelle discussioni pre-trattamento con i pazienti in quanto consente di coinvolgerli in scelte che influiscono sull'estetica e stabilire aspettative realistiche per i risultati del trattamento⁶⁸⁻⁷².

Tra gli strumenti comunicativi utilizzabili dall'operatore le immagini e le simulazioni sono senza dubbio gli strumenti che portano ad una percentuale di accettazione del piano di trattamento maggiore⁵³.

La visione di immagini, video e simulazioni 3D, oltre a demistificare aspetti complessi della diagnosi e del piano di trattamento, sfiorano corde che provocano inevitabilmente un coinvolgimento emotivo. La voglia di migliorare il proprio aspetto è insita in ciascuno di noi ed è per questo che vedersi “a pochi millimetri di distanza” da un sorriso più bello e sano non può lasciare indifferenti. Diversi studi hanno mostrato come il tasso di accettazione di piani di cura e preventivi sia molto più

elevato quando questi vengono spiegati mostrando scansioni acquisite e rielaborate del cavo orale del paziente.

Rispetto alla rilevazione dell'impronta tradizionale, il paziente non beneficia solamente dei vantaggi in termini di igiene e comfort, ma viene anche più facilmente coinvolto in prima persona nello studio del proprio caso.

Il coinvolgimento emozionale del paziente aumenta l'aderenza al piano di cura stilato dal curante e permette di innalzare la soddisfazione di entrambe le parti.

È questo il cuore della nuova odontoiatria "emozionale". I pazienti possono toccare con mano il risultato che possono ottenere ancor prima di iniziare il trattamento⁷³.

4.2. Efficienza

Gli strumenti digitali permettono di migliorare l'efficienza della prima visita oltre che dell'intero flusso di lavoro. Tra i vantaggi di questi ultimi sulle metodologie classiche troviamo la minor invasività intrinseca di questi strumenti.

Infatti, è risaputo come la presa dell'impronta con metodologie classiche sia un'esperienza che causa grande discomfort nei pazienti. Studi clinici hanno indicato che le impronte convenzionali sono classificate tra le esperienze più spiacevoli durante la protesica fissa, rimovibile e implantare^{74,75}.

I principali aspetti che possono influenzare negativamente l'esperienza del paziente relativi alle tecniche di impronta convenzionali includono la sensazione di soffocamento, mancanza di respiro e attivazione del riflesso del vomito, ansia, le attività preparatorie coinvolti, paura di

dover ripetere le impronte, le proprietà fisiche del materiale, la consistenza, il gusto e l'odore⁷⁶.

Le impronte digitali invece sembrano essere più confortevoli per il paziente poiché le tecniche coinvolte sono più veloci, più facili, non inducono nausea e sono associate a sentimenti più positivi. Con la scansione intraorale è possibile fare piccole pause, con il paziente in grado di seguire la sequenza di scansione al computer e provare una sensazione di maggiore partecipazione al processo di trattamento. Ciò può anche influenzare la fiducia e il comportamento del paziente durante il trattamento⁷⁷.

Anche l'individuazione precoce di processi cariosi e il loro eventuale monitoraggio nel tempo con la tecnologia di transilluminazione è permesso senza determinare il rischio stocastico connesso all'esecuzione di indagini radiografiche ripetute nel tempo. Altro aspetto rilevante è che con le radiografie, in caso di trattamento precoce di piccole carie, diventa difficile avere un approccio minimamente invasivo, in quanto non si hanno indicazioni sulla posizione in senso vestibolo-linguale della carie, con il conseguente rischio di rimuovere più tessuto sano del necessario.

I dati forniti dai nostri strumenti digitali hanno un altro grande vantaggio rispetto alle metodologie classiche: hanno disponibilità immediata.

La disponibilità immediata dei dati comporta la possibilità di utilizzarli per istruire il paziente sulla diagnosi, un feedback immediato per il clinico, la possibilità di consultazione dati in formato digitale da qualsiasi luogo in remoto in qualsiasi momento da tutte le figure del team, l'opportunità di interazione tra dati diversi e l'eventuale utilizzo dei dati per una pre-visualizzazione dei risultati ottenibili con il piano di trattamento proposto.

Le metodologie analogiche prevedono la presa di un'impronta con vari materiali, la disinfezione, la conservazione e l'invio fisico al laboratorio. Il tecnico deve così sviluppare un modello in gesso in positivo dell'impronta presa e rinviarla al clinico che solo dopo questi step può utilizzare il modello per istruire il paziente alla sua diagnosi. Nel caso di errori bisogna ripetere nuovamente l'impronta, con un conseguente allungamento dei tempi per il paziente e per il clinico. Oggi questi step possono essere sfoltiti a vantaggio di ambo le parti, clinico e paziente. La presa dell'impronta avviene con uno scanner intraorale e i dati sono immediatamente disponibili per il clinico che può utilizzarli per demistificare aspetti complessi della diagnosi aiutandosi con le immagini 3D. Le fotografie e il DSD permettono invece di rendere evidenti eventuali problematiche estetiche del sorriso del paziente grazie all'aggiunta di linee e punti di riferimento sulle foto. Disponibilità immediata significa anche feedback immediato, ovvero la possibilità di correggere e rimediare in maniera istantanea a eventuali, comunque improbabili, errori o imprecisioni: basta riprendere una nuova impronta con lo scanner o scansionare meglio le zone d'ombra. Non bisogna spedire al tecnico l'impronta e colare il gesso. Limitando quindi il numero di step si limitano anche i possibili errori. Il feedback nell'analogico è indiretto e tardivo se c'è: l'ipotesi migliore è che il tecnico faccia riprendere l'impronta con tutti i discomfort associati ad essa, l'ipotesi peggiore è un manufatto protesico incongruo causato da un errore a monte del processo.

Disponibilità immediata significa anche portare la pianificazione del caso ad un passo successivo. I dati possono essere *matchati* tra di loro a formare un clone digitale del paziente. Questa integrazione comporta senza dubbio una visione d'insieme del paziente molto più completa e conseguentemente porta a risultati che si integrano meglio in quel

particolare paziente. Per esempio, la scansione 3D del volto può essere utilizzata in prima visita come strumento di valutazione preliminare del paziente da un punto di vista prettamente diagnostico, perché solo attraverso un'analisi globale del soggetto possono essere evidenziate le problematiche che dovranno essere affrontate in seguito, stilando un piano di trattamento adeguato e ottimizzato per le caratteristiche del paziente.

Inoltre, con la creazione del paziente digitale i dati possono essere consultati simultaneamente in remoto da parte di qualsiasi figura coinvolta nel processo di cura, in qualsiasi parte del mondo. Potenzialmente possono lavorare sullo stesso caso professionisti provenienti da parti opposte del globo e ad orari differenti. Si possono fare più piani di trattamento, simularli in modo non invasivo, fare le prove del caso, senza la necessità di avere il paziente in studio, senza la necessità di essere in studio^{78,79}.

La disponibilità immediata dei dati rende possibile anche l'utilizzo in sede di prima visita di strumenti, che grazie alla realtà aumentata permettono la pre-visualizzazione di risultati ottenibili tramite trattamenti proposti. La definizione di realtà aumentata si riferisce a: “una tecnologia che sovrappone un'immagine generata al computer alla visione del mondo reale da parte dell'utente, fornendo così una visione composita”: genera quindi un'interazione tra l'ambiente reale e oggetti virtuali⁵⁹.

Software come DSD ma anche *Outcome simulator* a partire da fotografie e scansioni intraorali permettono, attraverso algoritmi, la creazione di immagini realistiche che raffigurano i potenziali outcome delle terapie. Questi vengono mostrati al paziente per istruirlo sui possibili esiti consentendo quindi di avere un'idea molto più concreta di quelli che sono gli obiettivi terapeutici rispetto alla semplice

spiegazione orale. La pre-visualizzazione serve anche per motivarlo all'accettazione del piano di cura e per migliorare la successiva aderenza terapeutica. Il paziente può, inoltre, fornire opinioni e approvare la forma finale del nuovo sorriso prima dell'esecuzione di qualsiasi procedura di trattamento con invasività pari a zero. Questo approccio non lascia spazio di rammarico dopo il trattamento dove le procedure irreversibili una volta eseguite non possono essere annullate. Queste opportunità erano impensabili fino a qualche anno fa.

Oggi, c'è un numero in rapido aumento di applicazioni per le tecnologie AR/VR nell'odontoiatria nel suo insieme, così come molti sviluppi interessanti sia per i pazienti che per gli operatori sanitari^{80,81,59}.

Il software AR/VR consente agli utenti di sovrapporre visualizzazioni create virtualmente alle registrazioni del paziente in movimento naturale. Qualsiasi modello 3D, ad esempio un progetto protesico di una possibile ricostruzione, può essere ampliato nella situazione del singolo paziente per simulare in anticipo esiti diversi e prospettici senza fasi di lavoro invasive⁶¹.

L'utilizzo di modelli digitali 3D per la diagnosi e la pianificazione del trattamento comporta ulteriori vantaggi rispetto alle metodiche tradizionali: tempi ridotti, oltre che *storage*, trasporto e possibilità di infezioni crociate eliminati.

Le metodiche classiche prevedono la presa di un'impronta con materiali vari, la disinfezione, la conservazione e l'invio fisico al laboratorio. Il tecnico deve così sviluppare un modello in gesso in positivo dell'impronta presa e rinviarla al clinico. Nel caso di errori bisogna ripetere nuovamente l'impronta, con un conseguente allungamento dei tempi per il paziente e per il clinico. Con le metodiche digitali bastano pochi minuti per prendere un'impronta e avere un modello digitale 3D

disponibile per clinico e tecnico. Nel caso di errori essendo il feedback immediato la possibilità di rimediare è istantanea: basta riprendere una nuova impronta con lo scanner o scansionare meglio le zone d'ombra. A livello di tempistiche il digitale si è dimostrato superiore alle altre metodiche. Il tempo che intercorre tra l'acquisizione della prima impronta e la consegna del prodotto finale si riduce drasticamente, in particolar modo le tempistiche relative al laboratorio⁸²⁻⁸⁴.

Con i modelli studio digitali sono superate le necessità di grandi aree di stoccaggio, i possibili danni ai modelli di studio e problemi di trasporto. L'archiviazione di dati digitali può essere eseguita su dispositivi di archiviazione compatti, computer o disco rigido dell'unità di scansione o anche in "cloud"⁸⁵. I file vengono trasferiti al laboratorio tramite la rete. Ciò diminuisce il costo del trasporto⁸⁶.

Alcuni studi in letteratura riportano il problema della gestione dell'infezione da impronta, e la gestione di quest'ultima nel tempo, in laboratorio odontotecnico, la stabilità del materiale da impronta nel tempo, o la fase di lavorazione del materiale e problemi di miscelazione. Questo è un problema che non esiste nel caso delle impronte ottiche⁸⁷.

Il flusso di lavoro digitale può aiutare in termini di riduzione del rischio di trasmissione della malattia⁸⁸. I fluidi biologici (saliva e sangue) presenti nelle impronte convenzionali richiedono la disinfezione, una fase che può favorire la distorsione del materiale da impronta. Inoltre, la necessità di consegna fisica a un laboratorio odontotecnico e di conservazione può anche fungere da fonte di contaminazione tra gli operatori^{89,90}.

Tutti gli operatori hanno valutato la scansione digitale come significativamente più igienica rispetto alla impressione convenzionale. Ciò potrebbe essere dovuto all'assenza di colata dell'impronta,

fabbricazione del calco e altre fasi fisiche di laboratorio nelle procedure di scansione digitale^{91,92}.

Questi vantaggi vanno ad influenzare le preferenze del paziente verso le metodiche digitali. L'impronta digitale è preferita alle modalità analogiche in quanto elimina problematiche quali sensazione di soffocamento, mancanza di respiro, attivazione del riflesso del vomito, ansia, proprietà fisiche del materiale, la consistenza, il gusto e l'odore. Oltre a questo, c'è una riduzione del tempo di presa dell'impronta. Con la scansione intraorale è possibile fare piccole pause, con il paziente in grado di seguire la sequenza di scansione al computer e provare una sensazione di maggiore partecipazione al processo di trattamento. Ciò può anche influenzare la fiducia e il comportamento del paziente durante il trattamento⁹³. Complessivamente quindi, IOS offre un livello di comfort maggiore per il paziente.

Il maggior comfort dei pazienti e il minor tempo di presa dell'impronta e la facilità di applicazione della tecnica influenzano anche le preferenze del clinico verso il digitale^{91,94}.

Oltre ai vantaggi clinici sono presenti anche vantaggi dal punto di vista del marketing. L'utilizzo della tecnologia digitale all'interno dello studio odontoiatrico viene enormemente apprezzata dai pazienti e correlata all'aggiornamento tecnologico dello studio⁹⁵.

L'utilizzo di software che permettono la pre-visualizzazione dei risultati inoltre permette al paziente di capire quali sono le reali potenzialità del trattamento, cosa che con semplici spiegazioni orali non sarebbe possibile.

4.3. Contro del digitale

Il digitale oggi non è ancora presente in tutti gli studi. La modalità più comune di presa dell'impronta rimane ad oggi quella analogica^{91,96-98}. Tra gli ostacoli più grandi che limitano la sua diffusione troviamo il costo, la curva di apprendimento e l'avversione al cambiamento e quindi al digitale. Il primo ostacolo riguarda l'ingente investimento iniziale che interessa le apparecchiature⁹¹. Un altro costo è rappresentato dai software che aumentano ulteriormente la spesa⁹⁹.

Negli anni i costi delle apparecchiature stanno diminuendo con lo sviluppo di tecnologie sempre più efficienti e presenti nella vita quotidiana. Basti pensare alla scansione facciale: oggi una scansione facciale accettabile ai fini clinici può essere fatta con un semplice smartphone e un'app di scansione. Per la pre-visualizzazione di una riabilitazione estetica è sufficiente uno smartphone e una qualsiasi app di presentazione.

Un altro ostacolo è rappresentato dalla curva di apprendimento di queste tecnologie^{91,95}.

In alcuni studi precedenti, la curva di apprendimento per IOS era più breve e più facile per giovani studenti di odontoiatria rispetto ai dentisti più anziani^{91,100-102}.

Ciò è stato attribuito al fatto che l'attuale generazione di studenti di odontoiatria utilizzano frequentemente le tecnologie digitali nella loro vita quotidiana^{94,103-106}.

5. QUESTIONARIO

L'idea di somministrare un questionario all'odontoiatra ha il fine di indagare la percezione del professionista sull'utilità e l'utilizzo della visita digitale ma anche la percezione del paziente.

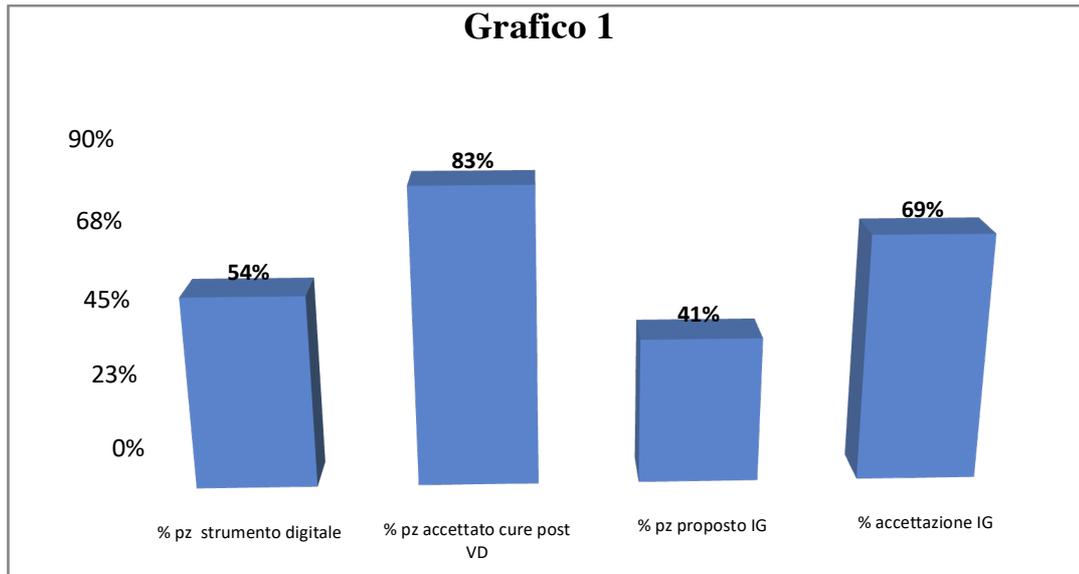
Lo strumento utilizzato consiste in un questionario di 7 item: 5 a risposta aperta e 2 a risposta multipla.

Il questionario è stato somministrato a 50 professionisti che a loro volta hanno indagato la percezione dei propri pazienti ed è emerso quanto raffigurato nella Tab 1 e Allegato 1 (in coda al capitolo 5).

Tabella 1

Campione	% pazienti sottoposti a strumento digitale	% pazienti accettati o cure post visita digitale	% pazienti proposto Invisalign Go	% accettazione Invisalign Go	grado di aiuto al professionista (da 1 a 10)	Soddisfazione globale paziente	Percezione globale paziente
50	54%	83%	41%	69%	8,8	70% ottimo	90% ottimo

Dall'analisi dei questionari emerge che la percentuale di pazienti sottoposti a strumento digitale è mediamente del 54% e di essi l'83% accettano poi la proposta del piano terapeutico. L'Invisalign Go invece, all'interno della visita digitale, viene proposto solo al 41% dei pazienti e accettato dal 69% di essi, come evidenziato nel grafico n. 1.



Passando invece agli indici di percezione soggettiva emerge quanto segue e sintetizzato nei grafici 2 e 3:

1. il professionista reputa utile la visita digitale nella spiegazione del piano terapeutico con un punteggio di 8,8 su 10;
2. il 90% dei pazienti ha una percezione globale della VD definita “ottima” mentre il 10% la definisce “buona”;
3. il 70% dei pazienti ha una soddisfazione globale della VD definita come “ottima” mentre il 30% la definisce “buona”.

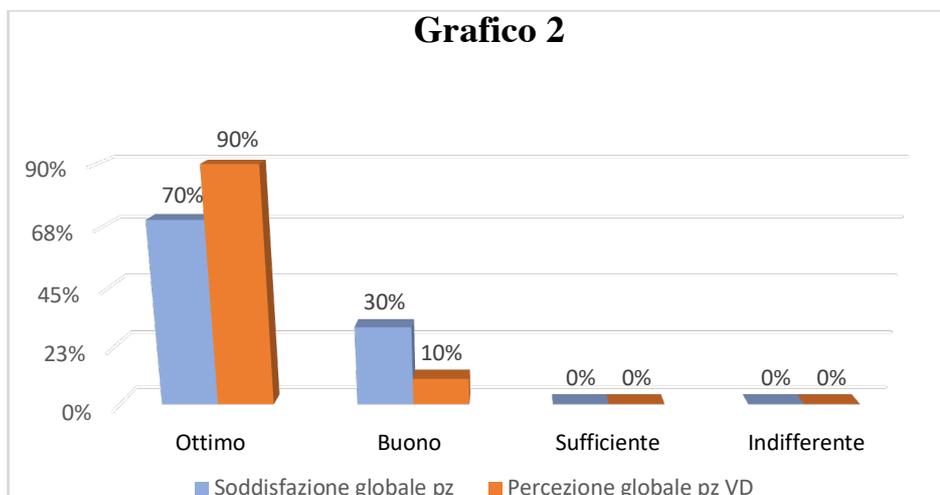
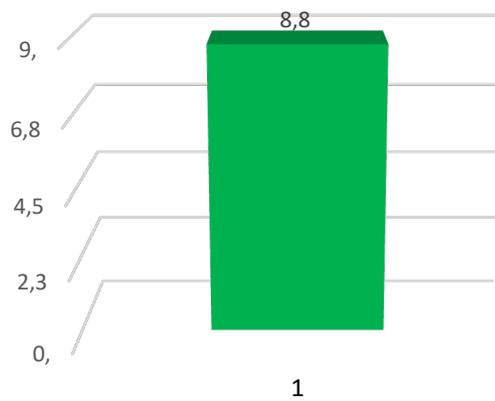


Grafico 3

Nel complesso questo questionario, seppur somministrato ad un numero relativamente esiguo di professionisti, ci dà comunque un'indicazione sulla percezione di tale procedura sia dal punto di vista del professionista che del paziente. Possiamo dunque concludere che l'esperienza della visita digitale è vissuta, seppur da prospettive chiaramente differenti, in maniera positiva da ambo le parti ma il paziente sembra trarne maggiori vantaggi a livello di percezione e soddisfazione.

Allegato 1

Campione	% pz sottoposti a strumento digitale	% pz accettato cure post VD	% pz proposto IG	% accettazione IG	Percezione globale pz VD	grado di aiuto al professionista (da 1 a 10)	Soddisfazione globale pz
1	38%	90%	6%	71%	Ottima	10	Ottima
2	67%	92%	50%	58%	Ottima	7	Ottima
3	48%	91%	48%	67%	Ottima	9	Ottima
4	67%	80%	29%	69%	Buona	8	Ottima
5	52%	89%	63%	75%	Ottima	10	Ottima
6	43%	71%	32%	73%	Ottima	8	Buona
7	37%	67%	23%	58%	Ottima	9	Buona
8	65%	84%	48%	46%	Ottima	7	Buona
9	89%	100%	88%	80%	Buona	10	Ottima
10	25%	68%	25%	91%	Ottima	9	Ottima
11	38%	90%	9%	71%	Ottima	10	Ottima
12	67%	89%	51%	58%	Ottima	8	Ottima
13	44%	91%	48%	67%	Ottima	9	Ottima
14	67%	80%	29%	69%	Ottima	8	Buona
15	53%	89%	63%	75%	Ottima	10	Ottima
16	71%	71%	32%	71%	Ottima	8	Ottima
17	37%	66%	22%	55%	Ottima	9	Ottima
18	61%	88%	48%	46%	Ottima	8	Buona
19	87%	100%	88%	80%	Ottima	10	Ottima
20	24%	68%	25%	91%	Ottima	8	Ottima
21	39%	90%	10%	77%	Ottima	10	Buona
22	67%	92%	50%	58%	Ottima	7	Ottima
23	48%	91%	49%	67%	Ottima	10	Ottima
24	67%	80%	26%	69%	Buona	8	Buona
25	53%	89%	63%	75%	Ottima	10	Ottima
26	55%	70%	32%	71%	Ottima	8	Ottima
27	32%	66%	22%	59%	Ottima	9	Ottima
28	61%	85%	48%	46%	Buona	8	Buona
29	90%	100%	88%	80%	Ottima	10	Buona
30	25%	100%	25%	91%	Ottima	7	Ottima
31	38%	90%	8%	72%	Ottima	10	Ottima
32	67%	92%	50%	59%	Ottima	7	Ottima
33	48%	65%	48%	67%	Ottima	9	Ottima
34	67%	80%	29%	68%	Ottima	10	Buona
35	53%	89%	63%	75%	Ottima	10	Buona
36	52%	70%	32%	71%	Ottima	8	Buona
37	43%	67%	22%	58%	Ottima	9	Ottima
38	61%	85%	48%	46%	Ottima	8	Ottima
39	88%	100%	88%	80%	Ottima	10	Ottima

Allegato 1

40	24%	68%	25%	91%	Ottima	8	Ottima
41	38%	90%	6%	71%	Ottima	10	Ottima
42	68%	92%	50%	55%	Ottima	8	Ottima
43	48%	91%	44%	67%	Ottima	6	Ottima
44	67%	80%	30%	70%	Ottima	8	Buona
45	53%	89%	63%	75%	Ottima	10	Ottima
46	52%	70%	32%	71%	Ottima	8	Buona
47	36%	67%	22%	58%	Ottima	9	Ottima
48	61%	84%	48%	47%	Ottima	8	Buona
49	86%	100%	87%	80%	Buona	10	Ottima
50	22%	68%	26%	89%	Ottima	10	Ottima

6. CONCLUSIONI

I sistemi digitali sono pervasivi nella nostra vita personale e professionale.

Anche nel campo dell'odontoiatria l'avvento del digitale rivoluziona completamente diversi aspetti legati alla professione. Nello specifico, la digitalizzazione di cartelle cliniche, radiografie, fotografie e scansioni intraorali è la piattaforma che rivoluziona le attività cliniche, arricchisce le interazioni paziente-clinico e interprofessionali, trasforma l'istruzione e migliora la gestione dello studio. L'avvento del digitale offre indiscutibili vantaggi sul piano della comunicazione in ogni fase del trattamento: dalla diagnosi alla terapia stessa. Un altro aspetto impattato positivamente dal progresso tecnologico in odontoiatria è quello dell'efficienza: il workflow è considerevolmente sfolto in quanto c'è una disponibilità immediata dei dati in digitale. Anche il lavoro in team è agevolato da questa modalità in quanto i dati digitali possono essere condivisi in qualunque momento con un numero illimitato di persone superando anche le distanze. Un tasso esponenziale di innovazione ha e continuerà a fornire tecnologie che non avremmo mai immaginato. Mentre i confini tra le sfere fisica, digitale e biologica si confondono, le collaborazioni di progettazione computazionale, produzione additiva, scienza dei materiali e biologia sintetica contribuiranno indiscutibilmente a plasmare il futuro. Le opportunità di evoluzione e innovazione nella scienza dei materiali sono eccezionali.

Le innovazioni digitali hanno indiscutibilmente sconvolto l'odontoiatria. Con queste innovazioni, l'esperienza del paziente è migliorata. Sono disponibili più opzioni di restauro per una maggiore durata e una migliore estetica. Nuovi approcci stanno portando

maggiore efficienza e precisione, sfruttando l'interesse, le capacità e le competenze delle persone coinvolte. Si sono evoluti nuovi modi per interazioni interprofessionali e medico-paziente efficaci ed efficienti. I dati possono essere estratti in modo più efficiente per usi forensi ed epidemiologici. Gli studenti hanno nuove modalità di apprendimento. Nuove, spesso inaspettate, collaborazioni si sono formate portando ulteriori interruzioni e nuovi vantaggi.

Ho testato la percezione soggettiva di paziente e professionista mediante l'uso di un questionario composto da 7 item, 3 risposta multipla e 4 risposta aperta. È emerso che entrambe le parti hanno un'ottima percezione degli strumenti digitali utilizzati in prima visita, il digitale è vissuto quindi come una risorsa.

Quello che il digitale offre non è una rivoluzione bensì un'evoluzione: i principi della professione e della visita rimangono fissi così come i principi a tutela del paziente sono rimasti stabili da Ippocrate ad oggi nonostante cambino i mezzi, i materiali, le procedure. Questa è evoluzione. ma non bisogna mai perdere di vista la *vision* della professione: il paziente deve sempre essere al centro.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Gopal, G.; Suter-Crazzolara, C.; Toldo, L. Digital transformation in healthcare— Architectures of present and future information technologies. *Clin. Chem. Lab. Med.* 2019, 57, 328–335. [CrossRef] [PubMed]
2. Emanuel EJ, Emanuel LL. Four models of the physician-patient relationship. *JAMA.* 1992;267:2221-2226.
3. Matakis S. Patient-dentist relationship. *J Med Dent Sci.* 2000 Dec;47(4):209-14. PMID: 12160233.
4. Ben-Sira, Z. Affective and instrumental components of the physician-patient relationship: An additional dimension of interaction theory. *Journal of Health and Social Behavior*, 1980; 21:170-180.
5. Reissmann DR, Bellows JC, Kasper J. Patient Preferred and Perceived Control in Dental Care Decision Making. *JDR Clin Trans Res.* 2019 Apr;4(2):151-159. doi: 10.1177/2380084418811321. Epub 2018 Nov 14. PMID: 3
6. Newell S, Jordan Z. The patient experience of patient-centered communication with nurses in the hospital setting: a qualitative systematic review protocol. *JBI Database System Rev*

Implement Rep. 2015 Jan;13(1):76-87. doi: 10.11124/jbisrir-2015-1072. PMID: 26447009.

7. Corah, N. L., O' Shea, R. M. & Bissell, G. D. The dentist-patient relationship: Perceptions by patients of dentist behavior in relation to satisfaction and anxiety Journal of the American Dental Association 1985; 111: 443- 446.
8. Corah, N. L., O'Shea, R. M., Bissel,G. D., Thines, T. J., & Mendola, P. The dentist-patient relationship: Perceived dentist behaviors that reduce patient anxiety and increase satisfaction. Journal of the American Dental Association 1988; 116:7976.
9. Touati R, Sailer I, Marchand L, Ducret M, Strasding M. Communication tools and patient satisfaction: A scoping review. J Esthet Restor Dent. 2022 Jan;34(1):104-116. doi: 10.1111/jerd.12854. Epub 2021 Dec 25. PMID: 34953109; PMCID: PMC9305134.
10. Chiou SJ, Lee LH, Lee PC, Lin KC. Better Self-report Health Status and Provider-Patient Communication in Dental Service Can Improve the Patient Experience: A Cross-year Comparison from the NHI Survey. Health Commun. 2020 Nov;35(13):1569-1575. doi: 10.1080/10410236.2019.1652390. Epub 2019 Aug 19. PMID: 31423836.
11. G.Fradà e G. Fradà, Semeiotica Medica. Padova: Piccin nuova libreria, 2003
12. Dick RS, Steen EB. The computer-based patient record: an essential technology for health care. Washington, D.C: The

National Academies Press; 1991,
<http://dx.doi.org/10.17226/18459>.

13. Palenik J. Gloves in the dental office. *Dent Today* 2004
[Accessed July 2019] <https://www.dentistryoday.com/infection-conro/1317-sp-194544855>.
14. Riaud X. First dental radiograph (1896). *Dent Health Oral Disord Ther* 2018 [Accessed July 2019] <https://pdfs.semanticscholar.org/13f9/8be261303f0fca6c0837937aabacffa734de.pdf>.
15. Zero DT. How the introduction of the acid-etch technique revolutionized dental practice. *J Am Dent Assoc* 2013;144. Spec No:47S-51S.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22414182>. 1971
[Accessed July 2019].
16. Buonocore MG. Caries prevention in pits and fissures sealed with an adhesive resin polymerized by ultraviolet light: a two-year study of a single adhesive application. *J Am Dent Assoc* 1971;82:1090-3
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4928100>.
17. Cueto EI, Buonocore MG. Sealing of pits and fissures with an adhesive resin: its use in caries prevention. *J Am Dent Assoc* 1967;75:121-8
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5338243>.

18. Bayne SC. Beginnings of the dental composite revolution. *J Am Dent Assoc* 2013;144:880–4
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23904574>.
19. Bowen RL. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Assoc* 1963;66:57–64
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14014600>.
20. Jayesh RS, Dhinakarsamy V. Osseointegration. *J Pharm Bioallied Sci* 2015;7:S226–9 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2601519>.
21. Branemark PI. Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent* 1983;50:399–410
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6352924>.
22. Vandenberghe B. The digital patient - Imaging science in dentistry. *J Dent*. 2018 Jul;74 Suppl 1:S21-S26. doi: 10.1016/j.jdent.2018.04.019. PMID: 29929585.
23. Ireland AJ, McNamara C, Clover MJ, House K, Wenger N, Barbour ME, Alemzadeh K, Zhang L, Sandy JR. 3D surface imaging in dentistry - what we are looking at. *Br Dent J*. 2008 Oct 11;205(7):387-92. doi: 10.1038/sj.bdj.2008.845. PMID: 18849941.

24. Chen F, Brown G M, Song M. Overview of three dimensional shape measurement using optical methods. *Opt Eng* 2000; 39: 10-22.
25. Ministero della Salute, Raccomandazioni cliniche in odontostomatologia. Gennaio 2014. Pag. 40
26. Pitts NB. Modern Concepts of Caries Measurement. *J Dent Res* 2004;83 (Spec Iss C):C43-C47.
27. Schwendicke F, Tzschope M, Paris S. Radiographic caries detection: A systematic review and meta-analysis. *J Dent* 2015 Aug; 43(8):924-33.
28. M.I.G. Ortiz, C. de Melo Alencar, B.L.F. De Paula, M.B. Magno, L.C. Maia, C.M. Silva, Accuracy of near-infrared light transillumination (NILT) compared to bitewing radiograph for detection of interproximal caries in the permanent dentition: a systematic review and meta-analysis, *J. Dent.* 98 (2020), 103351, <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103351>
29. Michou S, Vannahme C, Bakhshandeh A, Ekstrand KR, Benetti AR. Intraoral scanner featuring transillumination for proximal caries detection. An in vitro validation study on permanent posterior teeth. *J Dent.* 2022 Jan;116:103841. doi: 10.1016/j.jdent.2021.103841. Epub 2021 Oct 6. PMID: 34624420.

30. Ma L, Xu T, Lin J. Validation of a three-dimensional facial scanning system based on structured light techniques. *Comput Methods Programs Biomed.* 2009 Jun;94(3):290-8. doi: 10.1016/j.cmpb.2009.01.010. Epub 2009 Mar 20. PMID: 19303659.
31. Piedra-Cascón W, Meyer MJ, Methani MM, Revilla-León M. Accuracy (trueness and precision) of a dual-structured light facial scanner and interexaminer reliability. *J Prosthet Dent.* 2020 Nov;124(5):567-574. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.10.010. Epub 2020 Jan 7. PMID: 31918895.
32. Gallardo YNR, Salazar-Gamarra R, Bohner L, De Oliveira JI, Dib LL, Sesma N. Evaluation of the 3D error of 2 face-scanning systems: An in vitro analysis. *J Prosthet Dent.* 2021 Aug 3:S0022-3913(21)00368-1. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.06.049. Epub ahead of print. PMID: 34362565.
33. D'Ettorre G, Farronato M, Candida E, Quinzi V, Grippaudo C. A comparison between stereophotogrammetry and smartphone structured light technology for three-dimensional face scanning. *Angle Orthod.* 2022 May 1;92(3):358-363. doi: 10.2319/040921-290.1. PMID: 35015071; PMCID: PMC9020391.
34. Liu J, Zhang C, Cai R, Yao Y, Zhao Z, Liao W. Accuracy of 3-dimensional stereophotogrammetry: Comparison of the 3dMD

and Bellus3D facial scanning systems with one another and with direct anthropometry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2021 Dec;160(6):862-871. doi: 10.1016/j.ajodo.2021.04.020. PMID: 34814981.

35. Ramanpal singh Makkad, Shaheen Hamdani, Anil Agrawal, Cone Beam Computed Tomography in Dentistry: Principle, Application & Diagnosis Paperback, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012, ISBN 978-3-659-21862-0.

36. Tjan AH, Miller GD. Some aesthetic factors in a smile. *J Prosthet Dent.* 1984;51(1):24–28.

37. Mahn E, Sampaio CS, Pereira da Silva B, Stanley K, Valdés AM, Gutierrez J, Coachman C. Comparing the use of static versus dynamic images to evaluate a smile. *J Prosthet Dent.* 2020 May;123(5):739-746. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.02.023. Epub 2019 Aug 2. PMID: 31383523.

38. Tarantili VV, Halazonetis DJ, Spyropoulos MN. The spontaneous smile in dynamic motion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;128(1):8–15.

39. Fradeani M. *Esthetic Rehabilitation in Fixed Prosthodontics.* Chicago: Quintessence; 2004.

40. Davis NC. Smile design. *Dent Clin North Am.* 2007;51(2):299–318.

41. Dias NS, Tsingene F. SAEF Smile's aesthetic evaluation form: a useful tool to improve communication between clinicians and patients during multidisciplinary treatment. *Eur J Esthetic Dent.* 2011;6(2):160–176.
42. Daher R, Ardu S, Vjero O, Krejci I. 3D digital smile design with a mobile phone and intraoral optical scanner. *Comp Cont Educ Dent.* 2018;39(6):e5–8.
43. Coachman C, Calamita MA, Sesma N. Dynamic documentation of the smile and the 2D/3D digital smile design process. *Int J Periodontics Restor Dent.* 2017;37(2):183–193.
44. Zanardi PR, Zanardi RL, Stegun RC, Sesma N, Costa BN, Laganá DC. The use of the digital smile design concept as an auxiliary tool in aesthetic rehabilitation: a case report. *Open Dent J.* 2016;10:28.
45. Omar D, Duarte C. The application of parameters for comprehensive smile aesthetics by digital smile design programs: a review of literature. *Saudi Dent J.* 2018;30(1):7–11.
46. Jafri Z, Ahmad N, Sawai M, Sultan N, Bhardwaj A. Digital Smile Design-An innovative tool in aesthetic dentistry. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2020 Apr-Jun;10(2):194-198. doi: 10.1016/j.jobcr.2020.04.010. Epub 2020 Apr 18. PMID: 32373450; PMCID: PMC7193250.

47. Vandenberghe B. The digital patient — imaging science in dentistry. *J Dent* 2018;74(Suppl 1):S21–6, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2018.04.019>.
48. Chung M, Lee J, Song W, Song Y, Yang I-H, Lee J, et al. Auto- matic registration between dental cone-beam CT and scanned surface via deep pose regression neural networks and clustered similarities. *IEEE Trans Med Imaging* 2020; 39: 3900–9. doi: <https://doi.org/10.1109/TMI.2020.3007520>.
49. Ho CT, Lin HH, Lo LJ. Intraoral scanning and setting up the digital final occlusion in three-dimensional planning of orthognathic surgery: its comparison with the dental model approach. *Plast Reconstr Surg* 2019;143:1027e–36e, <https://doi.gov/PRS.0000000000005556>.
50. Zaragoza-Siqueiros J, Medellin-Castillo HI, de la Garza-Camargo H, Lim T, Ritchie JM. An integrated haptic-enabled virtual reality system for orthognathic surgery planning. *Comput Methods Biomech Biomed Eng* 2019:1–19, <http://dx.doi.org/10.1080/10255842.2019.156817>.
51. Farronato G, Galbiati G, Esposito L, Mortellaro C, Zanoni F, Maspero C. Three-Dimensional virtual treatment planning: presurgical evaluation. *J Craniofac Surg* 2018;29:e433–7, <http://dx.doi.org/10.1097/SCS.0000000000004455>.
52. Helal H, Wang Y, Qin Z, Wang P, Xiang Z, Li J. Virtual surgical planning assisted management for three-dimensional

dentomaxillofacial deformities. *J Craniofac Surg* 2018;29:e732–6,
<http://dx.doi.org/10.1097/SCS.00000000000004643>.

53. Touati R, Sailer I, Marchand L, Ducret M, Strasding M. Communication tools and patient satisfaction: A scoping review. *J Esthet Restor Dent*. 2022 Jan;34(1):104-116. doi: 10.1111/jerd.12854. Epub 2021 Dec 25. PMID: 34953109; PMCID: PMC9305134.
54. Sancho-Puchades M, Fehmer V, Hammerle C, Sailer I. Advanced smile diagnostics using CAD/CAM mock-ups. *Int J Esthet Dent*. 2015;10: 374-391.
55. Owens EG, Goodacre CJ, Loh PL, et al. A multicenter interracial study of facial appearance. Part 1: a comparison of extraoral parameters. *Int J Prosthodont*. 2002;15:273-282.
56. Marchand L, Touati R, Fehmer V, Ducret M, Sailer I. Latest advances in augmented reality technology and its integration into the digital workflow. *Int J Comput Dent*. 2020;23:397-408.
57. Kahng LS. Patient-dentist-technician communication within the dental team: using a colored treatment plan wax-up. *J Esthet Restor Dent*. 2006;18:185-193.
58. Cervino G, Fiorillo L, Arzukanyan AV, Spagnuolo G, Cicciù M. Dental restorative digital workflow: digital smile design from aesthetic to function. *Dent J (Basel)*. 2019;7(2):30.

59. Farronato M, Maspero C, Lanteri V, Fama A, Ferrati F, Pettenuzzo A, Farronato D. Current state of the art in the use of augmented reality in dentistry: a systematic review of the literature. *BMC Oral Health*. 2019 Jul 8;19(1):135. doi: 10.1186/s12903-019-0808-3. PMID: 31286904; PMCID: PMC6613250.
60. Touati R, Richert R, Millet C, Farges JC, Sailer I, Ducret M. Comparison of two innovative strategies using augmented reality for communication in aesthetic dentistry: a pilot study. *J Healthc Eng*. 2019; 2019:7019046.
61. Joda, T.; Gallucci, G.O. The virtual patient in dental medicine. *Clin. Oral Implant. Res*. 2015, 26, 725–726. [CrossRef]
62. Fan F, Li N, Huang S, Ma J. A multidisciplinary approach to the functional and aesthetic rehabilitation of dentinogenesis imperfecta type II: a clinical report. *J Prosthet Dent*. 2019;122(2):95–103.
63. Ahrberg D, Lauer HC, Ahrberg M, Weigl P. Evaluation of fit and efficiency of CAD/CAM fabricated all-ceramic restorations based on direct and indirect digitalization: a double-blinded, randomized clinical trial. *Clin Oral Invest*. 2016;20(2):291–300.
64. Marchand L, Touati R, Fehmer V, Ducret M, Sailer I. Latest advances in augmented reality technology and its integration into the digital workflow. *Int J Comput Dent*. 2020;23:397-408.

65. Kwon HB, Park YS, Han JS. Augmented reality in dentistry: A current perspective. *Acta Odontol Scand.* 2018;76:497-503.
66. Bergkulla N, Hanninen H, Alanko O, et al. Introduction and assessment of orthognathic information clinic. *Eur J Orthod.* 2017;39: 660-664.
67. Almog D, Sanchez Marin C, Proskin HM, Cohen MJ, Kyrkanides S, Malmstrom H. The effect of esthetic consultation methods on acceptance of diastema-closure treatment plan: a pilot study. *J Am Dent Assoc.* 2004;135:875-881.
68. Charavet C, Bernard JC, Gaillard C, Le Gall M. Benefits of Digital Smile Design (DSD) in the conception of a complex orthodontic treatment plan: a case report-proof of concept. *Int Orthod* 2019;17(3):573–9,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ortho.2019.06.019>.
69. Garcia PP, da Costa RG, Calgaro M, Ritter AV, Correr GM, da Cunha LF, et al. Digital smile design and mock-up technique for esthetic treatment planning with porcelain laminate veneers. *J Conserv Dent* 2018;21:455–8,
<http://dx.doi.org/10.4103/JCD.JCD-17218>.
70. Lin WS, Harris BT, Phasuk K, Llop DR, Morton D. Integrating a facial scan, virtual smile design, and 3D virtual patient for treatment with CAD-CAM ceramic veneers: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2018;119:200–5,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.03.007>.

71. Pozzi A, Arcuri L, Moy PK. The smiling scan technique: facially driven guided surgery and prosthetics. *J Prosthodont Res* 2018;62:514–7, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpor.2018.03.004>.
72. Seay A. Utilizing digital technology to facilitate dentofacial integration. *Compend Contin Educ Dent* 2018;39:696–704.
73. Coachman C, Georg R, Bohner L, Rigo LC, Sesma N. Chairside 3D digital design and trial restoration workflow. *J Prosthet Dent*. 2020 Nov;124(5):514-520. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.10.015. Epub 2020 Jan 7. PMID: 31924341.
74. Hacker T, Heydecke G, Reissmann DR (2015) Impact of procedures during prosthodontic treatment on patients' perceived burdens. *J Dent* 43:51–57. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.10.013>
75. Conny DJ, Tedesco LA, Brewer JD, Albino JE (1985) Changes of attitude in fixed prosthodontic patients. *J Prosthet Dent* 53:451– 454. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(85\)90623-7](https://doi.org/10.1016/0022-3913(85)90623-7)
76. Tsirogiannis P, Neophytou S, Reul A, Heydecke G, Reissmann DR (2017) Can we measure patients' perception during dental impressions? The Burdens in Dental Impression-Making Questionnaire - BiDIM-Q. *J Prosthodont Res* 61:34–42. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2016.03.003>

77. Glisic, O., Hoejbjerre, L. and Sonnesen, L. (2019) A comparison of patient experience, chair-side time, accuracy of dental arch measurements and costs of acquisition of dental models. *The Angle Orthodontist*, 89, 868–875.
78. Kau, C.H. (2011) Creation of the virtual patient for the study of facial morphology. *Facial Plastic Surgery Clinics of North America* 19: 615–622, viii.
79. Katase, H., Kanazawa, M., Inokoshi, M. & Minakuchi, S. (2013) Face simulation system for complete dentures by applying rapid prototyping. *Journal of Prosthetic Dentistry* 109: 353–360.
80. Kwon, H.B.; Park, Y.S.; Han, J.S. Augmented reality in dentistry: A current perspective. *Acta Odontol. Scand.* **2018**, 76, 497–503. [CrossRef]
81. Joda, T.; Gallucci, G.O.; Wismeijer, D.; Zitzmann, N.U. Augmented and virtual reality in dental medicine: A systematic review. *Comput. Biol. Med.* 2019, 108, 93–100. [CrossRef]
82. Muhlemann S, Benic GI, Fehmer V, Hammerle CHF, Sailer I. Randomized controlled clinical trial of digital and conventional workflows for the fabrication of zirconia-ceramic posterior fixed partial dentures. Part II: time efficiency of CAD-CAM versus conventional laboratory procedures. *J Prosthet Dent* 2019;121:252–7, <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.04.020>.

83. Sailer I, Benic GI, Fehmer V, Hammerle CHF, Muhlemann S. Randomized controlled within-subject evaluation of digital and conventional workflows for the fabrication of lithium disilicate single crowns. Part II: CAD-CAM versus conventional laboratory procedures. *J Prosthet Dent* 2017;118:43–8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.09.031>.
84. Siqueira R, Galli M, Chen Z, Mendonça G, Meirelles L, Wang HL, Chan HL. Intraoral scanning reduces procedure time and improves patient comfort in fixed prosthodontics and implant dentistry: a systematic review. *Clin Oral Investig*. 2021 Dec;25(12):6517-6531. doi: 10.1007/s00784-021-04157-3. Epub 2021 Sep 27. PMID: 34568955; PMCID: PMC8475874.
85. Peluso MJ, Josell SD, Levine SW, Lorei BJ. Digital models: An introduction. *Semin Orthod* 2004;10:226-38.
86. Martin CB, Chalmers EV, McIntyre GT, Cochrane H, Mossey PA. Orthodontic scanners: What's available? *J Orthod* 2015;42:136-43.
87. Chandran, S.K.; Jaini, J.; Babu, A.S.; Mathew, A.; Keepanasseril, A. Digital versus conventional impressions in dentistry: A systematic review. *J. Clin. Diagn. Res.* 2019, 13, 1–6. [CrossRef]
88. Papi P, Di Murro B, Penna D, Pompa G (2020) Digital prosthetic workflow during COVID-19 pandemic to limit

infection risk in dental practice. *Oral Dis*.

<https://doi.org/10.1111/odi.13442>

89. Barenghi L, Barenghi A, Cadeo C, Di Blasio A (2019) Innovation by computer-aided design/computer-aided manufacturing technology: a look at infection prevention in dental settings. *Biomed Res Int* 2019:6092018. <https://doi.org/10.1155/2019/6092018>
90. Sofou A, Larsen T, Fiehn NE, Owall B (2002) Contamination level of alginate impressions arriving at a dental laboratory. *Clin Oral Investig* 6:161–165. <https://doi.org/10.1007/s00784-002-0173-4>
91. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, et al: Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health* 2017;17:149
92. Barenghi L, Barenghi A, Cadeo C, Di Blasio A. Innovation by computer-aided design/computer-aided manufacturing technology: A look at infection prevention in dental settings. *Biomed Res Int* 2019;2019:6092018. doi: 10.1155/2019/6092018.
93. Glisic, O., Hoejbjerg, L. and Sonnesen, L. (2019) A comparison of patient experience, chair-side time, accuracy of dental arch measurements and costs of acquisition of dental models. *The Angle Orthodontist*, 89, 868–875.

94. Joda T, Lenherr P, Dedem P, et al: Time efficiency, difficulty, and operator's preference comparing digital and conventional implant impressions: a randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res* 2017;28:1318-1323
95. Burzynski, J.A., Firestone, A.R., Beck, F.M., Fields, H.W. Jr and Deguchi, T. (2018) Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions: time and patient satisfaction. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 153, 534–541.
96. Grünheid T, McCarthy SD, Larson BE: Clinical use of a direct chairside oral scanner: an assessment of accuracy, time, and patient acceptance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;146:673-682
97. Asquith J, Gillgrass T, Mossey P: Three-dimensional imaging of orthodontic models: a pilot study. *Eur J Orthod* 2007;29:517-522
98. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, et al: Diagnostic accuracy and measurement sensitivity of digital models for orthodontic purposes: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;149:161-170
99. Meereis CT, De Souza GB, Albino LG, Ogliari FA, Piva E, Lima GS. Digital smile design for computer-assisted aesthetic rehabilitation: two-year follow-up. *OperatDent*. 2016;41(1):E13–E22.

100. Kim J, Park J-M, Kim M, et al: Comparison of experience curves between two 3-dimensional intraoral scanners. *J Prosthet Dent* 2016;116:221-230
101. Lee SJ, MacArthur IV RX, Gallucci GO: An evaluation of student and clinician perception of digital and conventional implant impressions. *J Prosthet Dent* 2013;110:420-423
102. Marti A, Harris B, Metz M, et al: Comparison of digital scanning and polyvinyl siloxane impression techniques by dental students: instructional efficiency and attitudes towards technology. *Eur J Dent Educ* 2017;21:200-205
103. Gjelvold B, Chrcanovic BR, Korduner EK, et al: Intraoral digital impression technique compared to conventional impression technique. A randomized clinical trial. *J Prosthodont* 2016;25:282-287
104. Cheah C, Lim C, Ma S: The dentist will scan you now: the next generation of digital-savvy graduates. *Eur J Dent Educ* 2020;00:1-6
105. Birnbaum NS, Aaronson HB, Stevens C, et al: 3D digital scanners: a high-tech approach to more accurate dental impressions. *Inside Dentistry* 2009;5:70-74
106. Róth I, Czigola A, Joós-Kovács GL, et al: Learning curve of digital intraoral scanning—an in vivo study. *BMC Oral Health* 2020;20:28