

1 IL CASO CLINICO
L'intelligenza artificiale
ed il "paziente virtuale".

2 DIGITAL@
Approfondimento sulle
aziende HighTech del dentale.
In questo numero: RELU

3 L'OPINIONE
L'Intelligenza Artificiale al
servizio dell'Odontoiatria



Dr. Francesco Mangano
DDS, PhD, FICD*

* *Professore Associato, Digital Dentistry, Sechenov University, Mosca, Russia. Editore della Digital Dentistry Section del Journal of Dentistry (Elsevier) rivista Q1 con impact factor 4.3 e citescore 6.2. Socio Fondatore, Socio Attivo e Membro del Board of Directors e della Commissione Scientifica della Digital Dentistry Society (DDS) International. Direttore della Mangano Digital Academy (MDA), accademia indipendente che ha lo scopo di promuovere l'educazione nell'Odontoiatria Digitale. Autore di 130 pubblicazioni su riviste internazionali indicizzate Pubmed e ad elevato impact factor, con un h-index di 42 (Google Scholar) e 32 (Scopus). Esercita la libera professione a Gravedona (Como), dedicandosi esclusivamente all'Odontoiatria Digitale, ed allo sviluppo ed all'applicazione di tecnologie innovative in Odontoiatria, come l'intelligenza artificiale e la realtà aumentata.*

L'Intelligenza Artificiale in Odontoiatria

Cari amici e colleghi,
bentornati in DentalTech, la rubrica che Infodent dedica al mondo del digitale in Odontoiatria. In questo numero di gennaio- febbraio 2022 affrontiamo una tematica assai innovativa: parliamo di #AI, ovvero di Artificial Intelligence - Intelligenza Artificiale.

Sino a pochi anni fa, parlare di Intelligenza Artificiale significava sostanzialmente parlare di cinema, e della rappresentazione di un avvenire futuristico. Ma oggi l'Intelligenza Artificiale è un argomento attuale, dato che è intorno a noi, e viene già impiegata con successo in moltissimi ambiti, non solo in quello medicale. Eppure pochi sembrano essersene accorti, nonostante questa tecnologia sia potenzialmente, come dicono gli inglesi, disruptive- dirompente. Così dirompente, da essere stata classificata dalla rivista FORBES come una delle principali tecnologie che rivoluzioneranno il mondo medico già nei prossimi anni, insieme a stampa 3D, realtà virtuale ed aumentata, big data analytics, immunoterapia/ immunogenica. Ma cosa significa davvero questo termine, che cos'è l'Intelligenza Artificiale? Senza addentrarsi in definizioni eccessivamente tecniche, e semplificando, possiamo definire l'intelligenza umana come la capacità di affrontare e risolvere problemi, siano essi semplici o complessi. L'intelligenza è da sempre prerogativa umana: ed un problema, un quesito sono certamente più complessi da risolvere rispetto ad un semplice calcolo. Da tempo, ormai, i computer dispongono di una potenza di calcolo elevatissima, superiore a quella della mente umana. Fanno i calcoli meglio di noi. Ma fino a poco tempo fa, le macchine non erano in grado di imparare dalle esperienze pregresse, o di formarsi attraverso lo studio, come invece facciamo noi umani; né di risolvere problemi, quali ad esempio nel nostro campo, un quesito diagnostico, o la realizzazione per segmentazione di modelli tridimensionali (3D), che è il risultato di precise scelte. Oggi tutto questo è possibile, e le macchine possono farlo, grazie appunto ai progressi fatti nel campo dell'Intelligenza Artificiale. Nei prossimi numeri di DentalTech parleremo estensivamente di Intelligenza Artificiale, andando a valutare l'impatto che questa tecnologia oggi ha e che potenzialmente può avere, nel nostro campo specifico, e sul workflow digitale. In questo numero trovate un ricco antipasto e vedrete come abbiamo affrontato la prima parte di un caso chirurgico implantare, ovvero quella della progettazione, grazie all'Intelligenza Artificiale. Buona lettura!

Francesco Mangano

L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE ED IL "PAZIENTE VIRTUALE"



Dr. Francesco Mangano DDS, PhD, FICD*

* Professore Associato, Digital Dentistry, Sechenov University, Mosca, Russia. Editore della Digital Dentistry Section del Journal of Dentistry (Elsevier) rivista Q1 con impact factor 4.3 e citescore 6.2. Socio Fondatore, Socio Attivo e Membro del Board of Directors e della Commissione Scientifica della Digital Dentistry Society (DDS) International. Direttore della Mangano Digital Academy (MDA), accademia indipendente che ha lo scopo di promuovere l'educazione nell'Odontoiatria Digitale. Autore di 130 pubblicazioni su riviste internazionali indicizzate Pubmed e ad elevato impact factor, con un h-index di 42 (Google Scholar) e 32 (Scopus). Esercita la libera professione a Gravedona (Como), dedicandosi esclusivamente all'Odontoiatria Digitale, ed allo sviluppo ed all'applicazione di tecnologie innovative in Odontoiatria, come l'intelligenza artificiale e la realtà aumentata.

INTRODUZIONE

L'intelligenza artificiale è entrata prepotentemente nel mondo Odontoiatrico. Esistono già oggi software che, utilizzando l'intelligenza artificiale, permettono di segmentare automaticamente i dati DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) provenienti da cone beam computed tomography (CBCT), sovrapponendo poi ai modelli osseo e dei denti così ottenuti (in formato stereolitografico .STL) scansioni intraorali e facciali. È la realizzazione pratica del cosiddetto "paziente virtuale", per molti anni sogno dei dentisti in tutto il mondo: utile non solo per la comunicazione, ma anche e soprattutto per la diagnosi e la formulazione del piano di trattamento. Ottenere i modelli osseo e dento-gengivale del paziente, accuratamente segmentati ed allineati in modo automatico, permette all'operatore di risparmiare tantissimo tempo, e concentrarsi sulla fase diagnostica e quella relativa alla pianificazione della terapia. I modelli dei denti, in particolare, sono il prodotto della fusione del dato CBCT (ricostruzione delle radici) con quello derivato da scansione intraorale (rappresentazione delle corone protesiche). Il vantaggio operativo è enorme, perchè apre la strada ad una vera e propria rivoluzione nella diagnostica e nella pianificazione delle terapie: pensiamo, ad esempio, alla possibilità per gli ortodontisti di realizzare un set up "safe-bone" controllando i movimenti delle radici (e non solo

delle corone) dei denti durante l'allineamento; ma anche alle straordinarie possibilità che si aprono nel campo della pianificazione chirurgica e implantare.

In questo numero di DentalTech di gennaio e febbraio 2022, presentiamo l'impiego di un software di intelligenza artificiale (Relu®, Relu BV, Leuven, Belgio) per la segmentazione automatica e la creazione del "paziente virtuale". Tale procedimento è nello specifico preliminare ad una pianificazione implantare; seguirà, in uno dei prossimi numeri di DentalTech, la finalizzazione del caso.

CASO CLINICO

La paziente si presentava alla nostra attenzione con la richiesta di riabilitare protesicamente, attraverso l'inserimento di impianti, i settori posteriori edentuli della mandibola. Dopo la presentazione del piano di trattamento previsto, che prevedeva appunto l'inserimento di impianti nella mandibola posteriore di sinistra e di destra, e la successiva riabilitazione protesica con restauri fissi a supporto implantare, la paziente firmava un consenso informato specifico; inoltre, autorizzava il clinico ad impiegare il materiale iconografico relativo allo specifico caso per fini formativi e di pubblicazione.

La paziente si sottoponeva a CBCT (CS 9600®, Carestream Dental, Atlanta, USA) con field-of-view (FOV) specifico per catturare l'intera mandibola (10 x 5 cm) (Fig. 1, 2), e

contestualmente venivano catturate anche le scansioni intraorali delle arcate (CS 3800®, Carestream Dental, Atlanta, USA) (Fig. 3, 4). Tali scansioni erano quindi salvate in

formato .STL e caricate, insieme ai dati DICOM provenienti dalla CBCT, su software di Intelligenza Artificiale in cloud <https://creator.relu.eu/> (Relu®, Relu BV, Leuven, Belgio). Tale software permette di ottenere, in pochi minuti, il "paziente virtuale", grazie alla segmentazione automatica dei dati CBCT, ed alla realizzazione di modelli specifici sopra i quali vengono allineate le scansioni intraorali. A seconda delle dimensioni del file, occorrono da pochi secondi fino a 10- 15 minuti per caricare, segmentare, ed allineare i modelli. Quando l'indicatore dell'Intelligenza Artificiale all'interno del software diventa verde, significa che la segmentazione è terminata ed è possibile aprire il file. All'apertura del file, è possibile visualizzare il paziente virtuale. L'Intelligenza Artificiale riconosce i singoli denti, radici, nervi, ossa, e li segmenta realizzando singoli modelli, esportabili in formato .STL. Accanto ai modelli 3D, è naturalmente possibile visualizzare nel software anche le varie sezioni sagittali, assiali e coronali della CBCT. La segmentazione automatica realizzata dall'Intelligenza Artificiale è il più delle volte molto accurata, ma è una tecnica statistica, che si basa sull'esperienza, l'apprendimento e la conoscenza che il software Relu® ha accumulato, segmentando decine di migliaia di diverse CBCT. Qualora però emergessero delle imperfezioni che richiedono l'intervento dell'operatore, e qualche forma di perfezionamento, questo è possibile. L'operatore ha infatti a disposizione una serie di strumenti di modifica, attraverso i quali può perfezionare la segmentazione, correggendo l'opera dell'Intelligenza Artificiale. In questo caso specifico, ad esempio, abbiamo utilizzato uno strumento di "contorno" per correggere la segmentazione su scansione intraorale: questo trascinando i punti verdi per contornare i denti. Una volta che l'operatore è soddisfatto della segmentazione, può esportare il set completo di files, come .STL singoli o combinati. È ovviamente possibile selezionare quali strutture esportare. Tutti i passaggi sopra descritti, dal caricamento della scansione fino alla segmentazione automatica ed alla creazione del "paziente virtuale" sono presentati all'interno del **Video 1**.

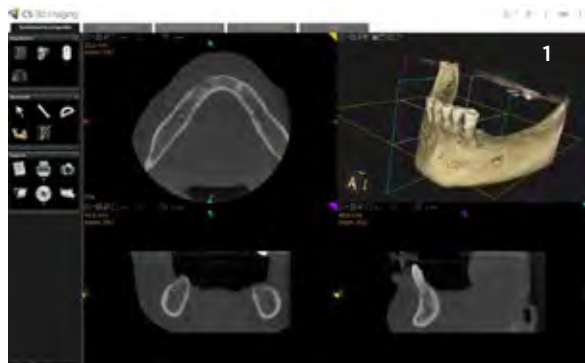


Fig. 1. CBCT (CS 9600®, Carestream Dental, Atlanta, USA): sezioni assiale, frontale, sagittale e rendering.

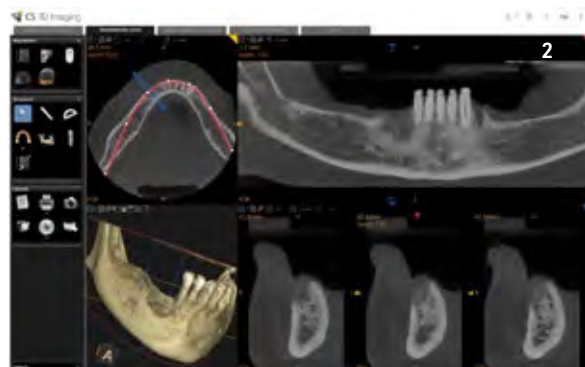


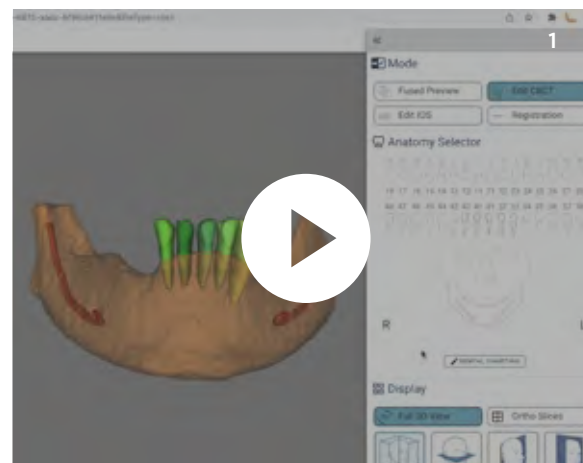
Fig. 2. CBCT (CS 9600®, Carestream Dental, Atlanta, USA): curva panoramica, panorex e cross-sections.



Fig. 3. Scansione intraorale delle arcate (CS 3800®, Carestream Dental, Atlanta, USA).



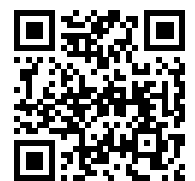
Fig. 4. Scansione intraorale (CS 3800®, Carestream Dental, Atlanta, USA): modello mandibolare in .STL.



Video 1. Dal caricamento del dato DICOM sino alla creazione del "paziente virtuale".

I modelli del paziente virtuale, esportati come singoli files .STL, sono presentati nelle Fig. 5-8.

La presente web app al momento non è da considerarsi un'applicazione medica, e può essere pertanto impiegata-



GUARDA IL VIDEO
youtu.be/04bxaX4oQ4Y

ta ai soli fini della ricerca; l'applicazione è comunque in procinto di diventare un'applicazione medica di classe IIa, entro la fine del 2022, una volta completato il percorso di certificazione. In uno dei prossimi numeri di DentalTech presenteremo la finalizzazione del caso, attraverso la pianificazione degli impianti e l'inserimento degli stessi; il caso è stato naturalmente finalizzato in ambiente Universitario, dopo approvazione del protocollo di ricerca da parte del Comitato Etico locale.

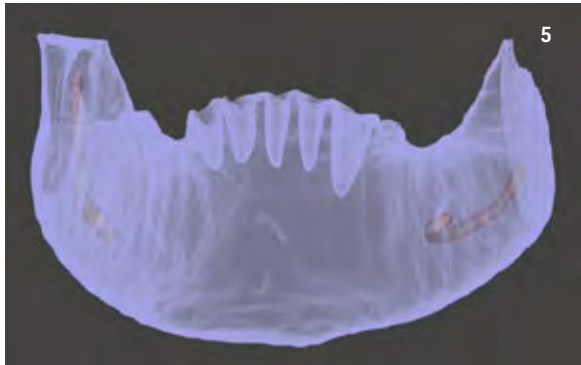


Fig. 5. Modello osseo trasparente, privato dei denti, con nervo alveolare inferiore di sinistra e destra in evidenza.



Fig. 6. Modello osseo senza i denti.



Fig. 7. I denti ed il nervo alveolare inferiore di sinistra e destra, in evidenza.



Fig. 8. Dente 32, risultato della segmentazione della radice dal dato CBCT fusa con la scansione intraorale della corona protesica. L'allineamento è perfetto.

DIGITAL@ - Relu

IL VIRTUAL PATIENT CREATOR: la Web App di Relu basata sull'Intelligenza Artificiale

Il Virtual Patient Creator è una web app sviluppata da Relu che modella automaticamente la testa del paziente in 3D, e fornisce gli strumenti all'odontoiatra per rifinirla ulteriormente, laddove necessario.

In ambito clinico, poter disporre dei modelli virtuali del proprio paziente può aiutare il dentista a fare diagnosi e pianificare un trattamento; permette inoltre al dentista di comunicare efficacemente con il paziente. Nell'ambito della ricerca, disporre dei modelli virtuali del paziente può essere utile, come anche nel campo della formazione.

Il creatore paziente virtuale di Relu (Fig. 1) non richiede

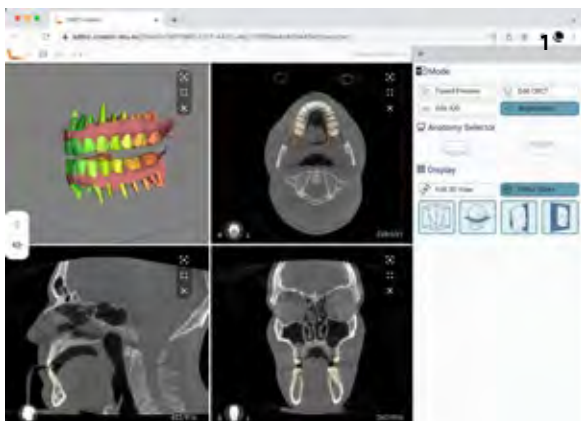


Fig. 1. L'interfaccia grafica del Virtual Patient Creator di Relu.

installazione (basta navigare su creator.relu.eu), è in grado di segmentare in modo automatico e fornire al clinico i modelli in formato stereo litografico (.STL) dei vari tessuti del paziente (osso, denti, gengive), allineati nella corretta posizione spaziale. Il tutto grazie all'Intelligenza Artificiale, che automatizza la segmentazione e la realizzazione di tali modelli, rendendo l'intero processo 100 volte più veloce rispetto al lavoro manuale (Fig. 2). L'Intelligenza Artificiale di Relu è in grado di proporre al dentista modelli estremamente accurati dell'anatomia ossea e dento-gengivale del paziente, in formato .STL, perché ha imparato leggendo e segmentando decine di migliaia di cone beam computed tomography (CBCT) o tomografie computerizzate (TC) diverse, ed allineando su di esse migliaia di scansioni intraorali. Di fatto, l'Intelligenza Artificiale ha imparato a lavorare come uno specialista esperto, e si è formata e continua a formarsi, giorno dopo giorno, per fornire un servizio sempre di maggior qualità, in tempi assai ridotti: di solito, i modelli vengono generati dall'app in meno di 15 minuti.



Fig. 2. I modelli completi del paziente in .STL, nella corretta posizione spaziale reciproca, e pronti per l'esportazione.

Per utilizzare il "Virtual Patient Creator" di Relu, occorre seguire i seguenti passaggi:

1. Iscriverti al "Virtual Patient Creator" Relu: <https://creator.relu.eu/>
2. Caricare una cone beam computed tomography (CBCT), oppure una classica tomografia computerizzata (TC), insieme ad una scansione intraorale
3. Attendere alcuni minuti (la creazione di un paziente virtuale può richiedere 10- 15 minuti)
4. Aprire e visualizzare il paziente virtuale in 2D e 3D
5. Perfezionare il paziente virtuale con gli strumenti dell'app
6. Esportare il paziente virtuale sul proprio computer, con i diversi modelli anatomici salvati separatamente in formato standard tessellation language (.STL).

Nella visione di Relu, l'Intelligenza Artificiale sarà il partner sognato del dentista, in grado di supportare il professionista nella formulazione della diagnosi e del piano di trattamento del paziente, nonché della prognosi.

L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE AL SERVIZIO DELL' ODONTOIATRIA



Holger Willems*

**Holger Willems è CEO e co-fondatore di Relu, una società di intelligenza artificiale che sfrutta l'imaging 3D per la pianificazione del trattamento dentale. Ha conseguito un master in scienze ingegneristiche presso KU Leuven (Belgio) ed è stato formato in imaging biomedico presso l'ETH di Zurigo (Svizzera). Ha insegnato algebra lineare applicata alla KU Leuven e ha lavorato nel dipartimento di ricerca e sviluppo medico di Materialise (Belgio). È co-autore di numerose pubblicazioni relative all'IA in odontoiatria con OMFS-IMPACT.*

Intervistiamo **Holger Willems**, CEO e co-fondatore di Relu, una delle realtà emergenti nel campo dell'Intelligenza Artificiale in odontoiatria.

Che cos'è Relu?

Relu è una società di intelligenza artificiale (IA) che sfrutta l'imaging 3D per la pianificazione dei trattamenti in odontoiatria. Ha sede a Leuven (Belgio) ed è stata fondata nel 2019 da quattro ingegneri con la passione per l'IA. Relu ha un unico prodotto, il "virtual patient creator" una web app che modella automaticamente la testa del paziente in 3D, sulla base delle informazioni acquisite attraverso cone beam computed tomography (CBCT) e scansione intraorale.

Come è nata l'azienda?

Nel 2019, stavamo realizzando progetti di Intelligenza Artificiale per aziende attive nelle scienze della vita. Uno dei progetti era la previsione dell'eruzione dei terzi molari (denti del giudizio) basata su radiografie panoramiche per il gruppo di ricerca OMFS-IMPACT di KU Leuven (<https://omfsimpath.be/>). Abbiamo imparato da questo progetto l'importanza delle immagini in odontoiatria e l'affascinante imaging 3D che si sta diffondendo sempre di più nel mondo dentale. Ciò ha spinto Relu a dedicarsi completamente all'intelligenza artificiale per l'odontoiatria e il nostro motto è diventato: "attivare l'intelligenza artificiale nell'odontoiatria". Oggi, Relu è cresciuta fino a diventare un team di 12 persone, composto sia da ingegneri che da dentisti (**Fig. 1**). Relu lavora ancora a stretto contatto con il gruppo di ricerca dell'OMFS-IMPACT, sotto la supervisione della Prof.ssa Reinhilde Jacobs.

Cosa fa Relu?

Come già anticipato, Relu ha un unico prodotto, il "virtual patient creator". Tale app modella automaticamente la testa del paziente in 3D, sulla base dei dati raccolti attraverso tomografia computerizzata (TC), Cone Beam Computed Tomography (CBCT) e scansione intraorale. Questo modello 3D può essere utilizzato oggi per comunicare efficacemente con il paziente, per la ricerca nel campo odontoiatrico, o per l'istruzione degli studenti di odontoiatria. Al momento non è ancora certificato come dispositivo medico, il che significa che non può essere utilizzato per scopi clinici, al di fuori dell'ambito Universitario. Tuttavia entro la fine del 2022 tale certificazione sarà ottenuta.

Come funziona il Creatore di Paziente Virtuale di Relu?

Il creatore di pazienti virtuali si basa sul principio fondamentale di avere una proposta automatizzata generata da un'intelligenza artificiale, fornendo al contempo gli strumenti che possono fungere da backup manuale, per garantire che lo specialista mantenga sempre il controllo. Possiamo considerare questa intelligenza artificiale come una funzione. Se si fornisce all'IA un'immagine 3D come input, l'IA restituisce il modello 3D del paziente come output. L'IA di Relu ha imparato a svolgere questa funzione vedendo le immagini di decine di migliaia di pazienti, noi chiamiamo questo training. Dopo la fase di formazione (che può essere paragonata alla laurea), l'IA ha raggiunto il livello di



Fig. 1. Alcuni dei componenti del team di Relu.

uno specialista in questo particolare compito. Tuttavia, l'errore della macchina è ancora possibile, allo stesso modo in cui è ancora possibile l'errore umano. Pertanto, l'IA segue una formazione permanente anche dopo la laurea, per aumentare le sue prestazioni. Questo viene fatto mostrandogli più pazienti con patologie e morfologie molto diverse, per rafforzare le sue competenze nella costruzione di modelli 3D.

Come funziona tecnicamente il deep learning?

Il deep learning utilizza reti neurali artificiali per apprendere nuovi concetti basati sui dati di input. Queste reti neurali artificiali sono costruite in modo simile al collegamento dei nostri neuroni nel cervello. Un singolo neurone riceve input da molti altri neuroni e invia i suoi segnali a molti altri neuroni dopo l'attivazione. Le reti neurali artificiali sono costruite su questi stessi principi. In verità le cose sono anche più complesse, poiché le reti neurali possono essere strutturate in molte configurazioni

diverse per un migliore apprendimento e comprensione, ma fondamentalmente il concetto è questo.

Qual è il futuro dell'IA in odontoiatria?

Nella visione di Relu, l'intelligenza artificiale è una seconda opinione su cui un dentista può fare affidamento per fare diagnosi, pianificare trattamenti, formulare prognosi. L'IA basa la sua valutazione sui dati grezzi forniti dal dentista, e informa lo specialista sugli elementi che considera essenziali, e sui quali basa effettivamente le proprie decisioni. Ciò per consentire al dentista di prendere decisioni più informate. Poiché queste informazioni vengono fornite in modo automatico ed in pochissimo tempo, l'impiego dell'IA ha il potenziale di ridurre i tempi necessari alla formulazione della diagnosi e del piano di trattamento. Pertanto, l'intelligenza artificiale è lo strumento del futuro, che migliorerà l'efficienza temporale e l'esito dei trattamenti messi in atto dagli specialisti odontoiatrici.

LABOMED ITS

IL MICROSCOPIO CERTIFICATO PER INDUSTRIA 4.0

Scopri come fare per provarlo nel tuo studio. Contattaci

Via Livia Drusilla 12, Roma | T. 06.768472 | info@lts-srl.com | www.lts-srl.com



Om

ZERO MICRONS:

la Precisione in Digital Dentistry

La **Digital Dentistry** trasforma radicalmente il modo di essere dentista.

Per essere un vero **Digital Dentist** è necessario conoscere i segreti che ogni fase di lavoro nasconde: dalla scansione alla progettazione, sino alla produzione ed all'applicazione clinica.

Attraverso un innovativo approccio **matematico**, il Dr. Francesco Mangano guiderà i partecipanti al Corso alla piena comprensione di tutte le fasi di lavoro, e degli errori da evitare, per ottimizzare i risultati clinici, e vincere la **sfida digitale**.



Il Dr. Francesco Mangano è uno dei maggiori esperti in Digital Dentistry a livello mondiale. È attualmente titolare dell'insegnamento in Digital Dentistry presso la prestigiosa Sechenov Moscow University, ed è Editor della Digital Dentistry Section del Journal of Dentistry (rivista internazionale peer-reviewed Q1, con impact factor 4.3 e citescore 6.2). È relatore nei maggiori convegni internazionali ed autore di 125 pubblicazioni Pubmed su tematiche di Odontoiatria Digitale.

Programma del Corso:

27-28-29 gennaio 2022. #SCAN!

La precisione nell'acquisizione del dato 3D. Scansione Intraorale, Facciale, Cone Beam Computed Tomography, Realtà Aumentata.

24-25-26 febbraio 2022. #PLAN!

La precisione nella pianificazione 3D. Pianificazione con software di computer-assisted-design (CAD) in chirurgia e protesi.

24-25-26 marzo 2022. #MAKE!

La precisione nella realizzazione fisica di restauri e modelli. Fresatura e stampa 3D di resine e zirconia.

Sede del Corso:

Il Corso avrà un taglio decisamente pratico e si svolgerà presso la sede della **Mangano Digital Academy** in Piazza Trento 4, 22015 Gravedona ed Uniti (Como).

Il Corso dà diritto a 25 crediti formativi (ECM), ed ha un costo complessivo di **3000 eur + IVA**.

Per informazioni scrivete a francesco@francescomangano.com chiamate il numero **3332795204** oppure visitate il sito www.manganodigitalacademy.com