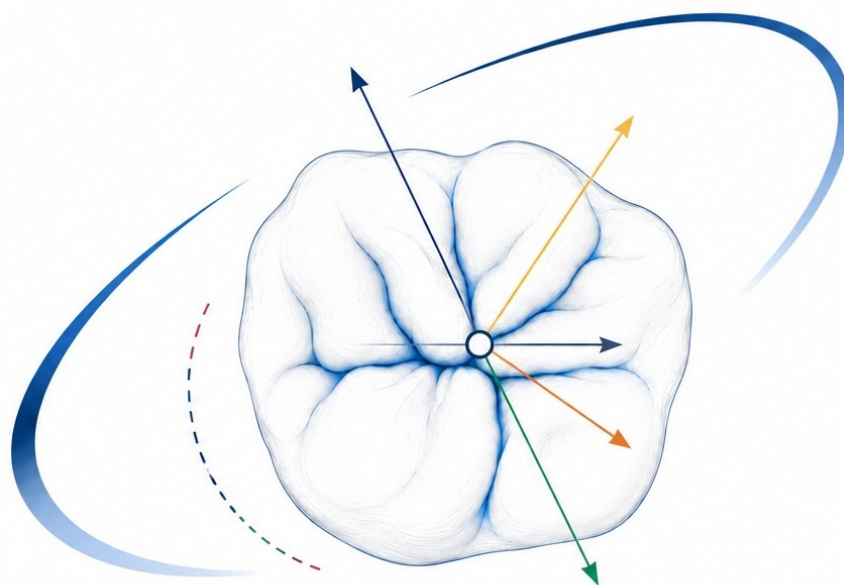




GNATHOS440

BIOMECHANICAL DENTAL ENGINEERING

GNATHOS440 — Biomechanical Dental Engineering

L'INGEGNERIZZAZIONE DELLA FUNZIONE

Dalla ricerca scientifica al valore clinico della protesi

La funzione si progetta.

Non si lascia al caso.

Edizione riveduta · Ottobre 2026

Questo libro descrive un metodo di progettazione e il suo razionale scientifico. Le pubblicazioni citate non dimostrano direttamente la superiorità clinica di GNATHOS440. Il controllo e la decisione clinica rimangono di competenza dell'odontoiatra.

Indice

Prefazione — Il minuto che non compare in fattura

1. Il digitale non decide al posto nostro
2. La bussola occlusale: anatomia e movimento
3. M.U.D.L.: la logica dei contatti statici
4. Che cosa può dirci l'articolatore virtuale
5. Dal file alla consegna: le decisioni del laboratorio
6. Il valore economico per lo studio
7. Tre situazioni progettuali
8. Come leggere la letteratura senza forzarla
9. Documentare il progetto, senza rallentare la collaborazione
10. La prova del primo caso

Conclusione • Bibliografia • Appendici

Prefazione — Il minuto che non compare in fattura

Il dentista riceve una corona, la prova, controlla l'occlusione. Se serve un ritocco, lo esegue: fa parte della pratica clinica. Ma quando la prova si trasforma in una serie di correzioni, viene naturale chiedersi se almeno una parte di quel lavoro avrebbe potuto essere anticipata in laboratorio.

Da questa domanda nasce il nostro modo di intendere l'ingegnerizzazione della funzione. Non vogliamo convincere il clinico che una simulazione possa sostituire la bocca del paziente. Vogliamo mostrare che il progetto può essere discusso, controllato e, quando necessario, corretto prima della produzione. La qualità del ragionamento fa parte del valore del manufatto.

La letteratura scientifica aiuta a capire quali variabili meritano attenzione. Il CAD consente di tradurre alcune di queste conoscenze in decisioni. Il riscontro alla poltrona stabilisce se tali decisioni sono state utili. Questo libro segue esattamente quel percorso, senza chiedere al lettore un atto di fede.

1. Il digitale non decide al posto nostro

Uno scanner restituisce una rappresentazione delle superfici. Una registrazione interocclusale descrive una relazione fra le arcate. L'articolatore virtuale simula movimenti secondo i dati e i parametri disponibili. Sono informazioni diverse, e la qualità di una non certifica automaticamente le altre.

La scansione intraorale ha trasformato la comunicazione tra studio e laboratorio. Tuttavia una rappresentazione geometrica digitale non contiene necessariamente tutte le informazioni necessarie per interpretare la funzione. Occorre distinguere la precisione della scansione, l'affidabilità della registrazione interocclusale e la ricostruzione dei movimenti mandibolari.

Una meta-analisi pubblicata online nel 2022 e nel fascicolo del 2024, basata su 29 studi, ha riportato accuratezza complessivamente accettabile delle registrazioni interocclusali virtuali ottenute con scanner intraorali per l'articolazione statica [R4]. Una revisione critica pubblicata online nel 2024 e nel fascicolo del 2025, su 30 articoli, ha identificato fattori potenzialmente rilevanti: estensione delle scansioni vestibolari, numero e posizione delle registrazioni, aree edentule, metodi di allineamento e software [R5]. Il loro effetto non è identico in tutti i casi.

Applicazione al banco CAD

Una corona posteriore può apparire anatomicamente plausibile sul monitor, ma prima di approvarla occorre domandarsi: la relazione interarcata è adeguatamente registrata? Dove ricadono i contatti statici? Quali movimenti sono simulabili con i dati disponibili? Il software non deve inventare informazioni cliniche che non ha ricevuto.

La conseguenza pratica è semplice: quando una registrazione è incompleta, il laboratorio non dovrebbe mascherare l'incertezza con una modellazione elegante. È più professionale chiedere un dato aggiuntivo o indicare con chiarezza quale verifica non è stata possibile eseguire.

2. La bussola occlusale: anatomia e movimento

La superficie occlusale non è una decorazione anatomica. Cuspidi, creste, fosse e solchi interagiscono con gli antagonisti e delimitano percorsi durante i movimenti mandibolari. L'Okclusal Fingerprint Analysis descritta da Kullmer e collaboratori nel 2009 utilizza la geometria tridimensionale delle faccette di usura per interpretare i principali percorsi d'interazione occlusale [R1].

Nel 2012 Kullmer, Schulz, Benazzi e collaboratori hanno studiato sperimentalmente la corrispondenza fra specifici movimenti e posizione delle faccette su modelli di molari in articolatore. Alcune faccette comparivano soltanto quando venivano eseguite determinate direzioni di movimento [R2]. Questa ricerca dà fondamento alla relazione fra rilievo anatomico e traiettorie, senza dimostrare direttamente una riduzione dei ritocchi clinici da parte di GNATHOS440.

Due applicazioni distinte

Durante la modellazione: la bussola è un riferimento per la morfologia di cuspidi e solchi in relazione alle traiettorie eccentriche considerate.

Durante la verifica: il progetto viene sottoposto ai movimenti simulati e le interferenze indesiderate individuate vengono analizzate e, quando appropriato, corrette.

La bussola NON è il criterio con cui si decide la posizione dei contatti statici in massima intercuspidazione. Nel protocollo GNATHOS440 questo livello è distinto.

Esempio di decisione progettuale

Durante una simulazione di lateralità, una cresta progettata genera un contatto indesiderato. Il tecnico osserva la zona, modifica il rilievo anatomico e ripete la simulazione. Il video CAD può mostrare questa sequenza con trasparenza. Non prova che il ritocco si sarebbe verificato certamente in bocca, né che non sarà necessario un controllo clinico.

Qui sta la differenza fra un disegno e un progetto. La cresta che appare anatomicamente credibile può diventare una zona critica durante una traiettoria simulata. Riconoscerla, modificarla e ripetere il controllo è una decisione che può essere mostrata al dentista, non un risultato da attribuire a un algoritmo misterioso.

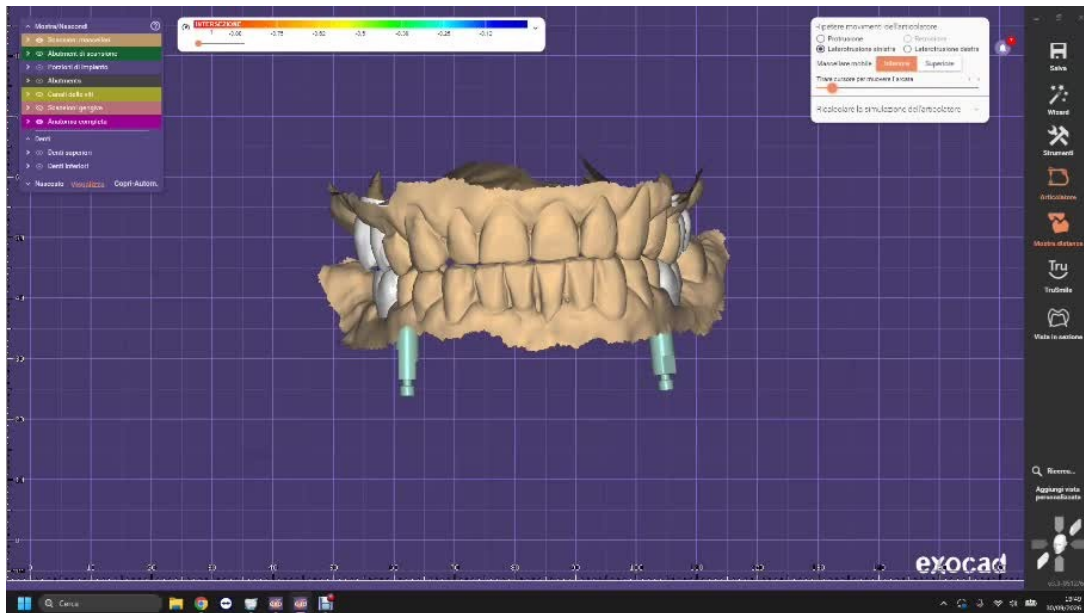


Figura 1 — Fotogramma reale del CAD GNATHOS440: documentazione di processo, non prova di esito clinico.

Approfondimento multimediale — Anatomia e traiettorie

Il testo descrive il rapporto tra morfologia oclusale e movimenti eccentrici. Nel filmato osserva la sequenza operativa dell'articolatore virtuale: l'immagine in movimento rende comprensibile perché una singola vista statica non è sufficiente a descrivere tutto il controllo progettuale.

VIDEO CAD • [Guarda il video già pubblicato su LinkedIn](#) 

Il collegamento apre il post LinkedIn già pubblicato. La versione definitiva del libro collegherà direttamente il filmato corrispondente, una volta ospitato online. Il video documenta il processo CAD, non un risultato clinico certificato.

3. M.U.D.L.: la logica dei contatti statici

Nella massima intercuspidação la posizione del contatto non è un dettaglio puramente grafico. Nel protocollo GNATHOS440, il riferimento M.U.D.L. orienta la valutazione dei versanti mesiali superiori e distali inferiori e dei contatti che potrebbero favorire scivolamenti mandibolari indesiderati. Il laboratorio privilegia, quando compatibile con il caso, fosse e superfici considerate favorevoli a una trasmissione prevalentemente assiale delle forze.

Uno studio agli elementi finiti del 2014 sui premolari superiori restaurati ha mostrato che posizione del carico e inclinazione delle cuspidi possono modificare la distribuzione degli stress nella dentina [R8]. In modelli di corone implantosupportate, carichi applicati alla fossa centrale hanno prodotto stress inferiori rispetto a determinate distribuzioni periferiche [R6]. Un'ulteriore analisi ha mostrato che inclinazione cuspidale, attrito, numero e distribuzione dei contatti influenzano insieme le sollecitazioni peri-implantari [R7].

Questi risultati NON autorizzano a sostenere che qualunque contatto in fossa sia ottimale o che ogni forza diventi assiale. Si tratta di modelli sperimentali e numerici, con limiti di trasferibilità alla clinica e differenze importanti tra denti naturali e impianti.

Due strumenti, due funzioni

M.U.D.L. orienta la progettazione dei contatti in chiusura; la bussola occlusale orienta la morfologia e il controllo dei movimenti eccentrici. Il valore del metodo nasce dall'integrazione dei due livelli, senza confonderli. L'attribuzione storica della M.U.D.L. a Moody richiede ancora verifica su una fonte primaria.

È utile ripeterlo in termini pratici: la bussola riguarda le traiettorie eccentriche; il criterio M.U.D.L. viene applicato nella valutazione dei contatti in massima intercuspidação. Se confondessimo le due funzioni, indeboliremmo proprio la precisione che intendiamo comunicare.

4. Che cosa può dirci l'articolatore virtuale

Una revisione sistematica del 2026, che ha incluso otto lavori, ha riscontrato una precisione statica virtuale comparabile a quella degli articolatori convenzionali, ma risultati meno conclusivi e limiti maggiori nella simulazione dinamica [R9]. Una revisione sistematica del 2025 su 39 studi ha evidenziato che gli strumenti digitali possono individuare con discreta affidabilità i contatti, ma presentano limiti nella stima dell'intensità e dell'area esatta; vanno quindi utilizzati come complemento, non come sostituto assoluto dell'analisi clinica [R10].

Uno studio comparativo del 2026 ha osservato, nelle condizioni sperimentali considerate, maggiore accuratezza delle regolazioni dinamiche basate su traiettorie mandibolari personalizzate rispetto a metodi basati su articolatori virtuali con parametri standard [R11]. Questo indica una direzione della ricerca, non prova che GNATHOS440 utilizzi sempre registrazioni individualizzate dei movimenti.

Cosa documentare per ogni caso

Tipo di registrazione interocclusale disponibile e sua adeguatezza.

Parametri utilizzati nella simulazione, distinguendo valori standard e dati individuali.

Contatti statici previsti e interferenze eccentriche osservate.

Correzioni digitali effettuate e limiti della verifica.

La ricerca offre anche risultati favorevoli alla riproducibilità dei movimenti virtuali in condizioni sperimentali controllate. Per esempio, uno studio del 2019 ha trovato differenze contenute rispetto all'articolatore meccanico nelle condizioni considerate [R12]. Non c'è contraddizione: uno strumento può essere accurato in un esperimento e presentare limiti quando si pretende di riprodurre tutta la funzione individuale.

5. Dal file alla consegna: le decisioni del laboratorio

Analisi dei file, del tipo di restauro, dei margini, degli antagonisti e delle indicazioni cliniche. I dati mancanti vengono segnalati.

02 — Modellazione anatomica

Progettazione delle superfici occlusali sugli elementi interessati, con attenzione a cuspidi, fosse, solchi e rapporto antagonista.

03 — Massima intercuspidação

Valutazione della posizione dei contatti statici, dei versanti coinvolti e degli obiettivi biomeccanici applicabili al caso.

04 — Movimenti eccentrici

Utilizzo della bussola occlusale durante la modellazione e verifica delle traiettorie simulate disponibili.

05 — Correzione e nuovo controllo

Analisi delle interferenze digitali indesiderate, eventuale modifica morfologica e ripetizione della verifica.

06 — Produzione e riscontro

Produzione del manufatto e raccolta del riscontro del clinico, distinguendo ritocchi statici, eccentrici, altri adattamenti e loro durata.

Questa sequenza non deve essere presentata come identica per qualsiasi caso. L'affidabilità del controllo dipende dalla qualità dei dati, dalla complessità del restauro e dal contesto clinico. Le Toronto seguono criteri progettuali specifici e sono trattate separatamente: il brevetto n. 102022000000440 non va attribuito alla bussola di Schulz, alla M.U.D.L. o alle corone singole.

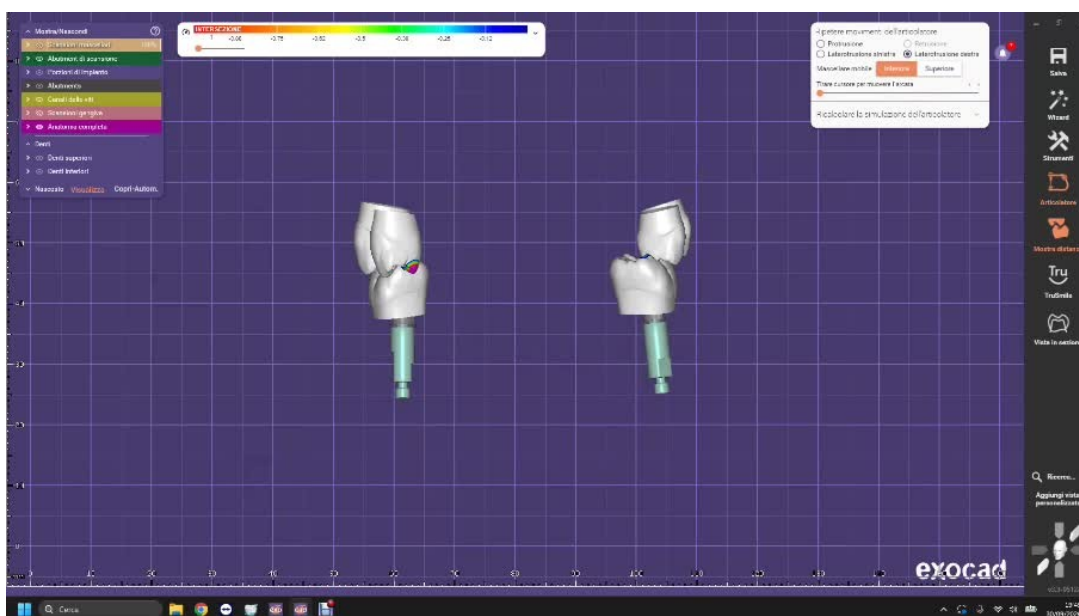


Figura 2 — Fotogramma CAD originale. La documentazione tecnica non equivale a una valutazione clinica del restauro.

La parte più importante del protocollo non è l'elenco delle fasi, ma ciò che resta verificabile: quali dati sono arrivati, quale modifica è stata fatta, quale controllo è stato ripetuto e quale limite rimane. Una procedura diventa credibile quando un altro professionista può seguirne la logica.

Dal video al vantaggio per lo studio

Il valore del controllo preventivo non si deduce dalla bellezza della simulazione. Per il dentista conta sapere quali verifiche sono state eseguite prima della consegna e quali problemi il laboratorio ha cercato di anticipare. Il video è quindi una dimostrazione del metodo, non una garanzia di zero ritocchi.

6. Il valore economico per lo studio

Il prezzo del manufatto è una componente del costo complessivo. Altre componenti sono i minuti necessari per la prova, le eventuali correzioni, le comunicazioni e i rifacimenti. Se una progettazione più attenta riduce il lavoro di adattamento, può liberare tempo clinico; il vantaggio deve però essere misurato e non presunto.

Esempio puramente illustrativo: se un caso richiedesse 10 minuti di correzione e il valore interno dell'ora di poltrona fosse 180 €, quei 10 minuti rappresenterebbero 30 € di capacità clinica impegnata. Non sono un risparmio dimostrato da GNATHOS440 né equivalgono necessariamente a 30 € di profitto. Il risultato economico reale dipende dalla struttura dei costi e dall'effettivo riutilizzo del tempo.

Per un'analisi credibile occorre registrare il tempo di correzione prima e dopo l'introduzione del protocollo, confrontare casi di complessità simile, distinguere le cause delle modifiche e considerare anche i casi senza risposta.

L'ora di poltrona non coincide automaticamente con un'ora di profitto. Il suo valore dipende dai costi, dall'agenda e dalla possibilità reale di impiegare diversamente il tempo. Per questo l'esempio economico serve a porre una domanda, non a promettere un risparmio: quanti minuti di correzione si registrano davvero, e quali sono evitabili?

Il vantaggio per lo studio può essere clinico, organizzativo o economico, ma deve essere osservato. Se un dentista riscontra un lavoro che richiede comunque aggiustamenti, anche quell'esito fa parte della valutazione del metodo.

7. Tre situazioni progettuali, senza artifici

Le tre situazioni che seguono sono esempi didattici. Non vanno presentate come casi clinici reali o come risultati conseguiti da GNATHOS440. Le immagini definitive dovranno provenire da lavori autentici, accompagnati da descrizioni fedeli.

SITUAZIONE A — CORONA SINGOLA SU DENTE NATURALE

Una corona posteriore viene progettata a partire dalla scansione dell'arcata e dell'antagonista. Il primo controllo riguarda la leggibilità dei margini e la registrazione interocclusale. Il secondo riguarda i contatti in massima intercuspidação: se un contatto cade su un versante che appare sfavorevole, la morfologia viene rivalutata. Il terzo riguarda la libertà dei movimenti eccentrici simulati. La sequenza può essere documentata con tre screenshot CAD: anatomia iniziale, controllo, modifica. Il riscontro del medico distingue i ritocchi occlusali dagli adattamenti per altre ragioni.

SITUAZIONE B — RESTAURO SU IMPIANTO

Nei restauri implantari la direzione del carico e la posizione dei contatti assumono un significato biomeccanico specifico. Gli studi agli elementi finiti [R6, R7] suggeriscono che carichi obliqui e distribuzioni sfavorevoli possono aumentare determinate sollecitazioni. Questo non significa che il laboratorio possa predire da solo la sopravvivenza implantare: la clinica dipende da fattori molto più ampi. La progettazione può però documentare la scelta della morfologia, il posizionamento previsto dei contatti e le verifiche digitali effettuate.

SITUAZIONE C — IL RESTAURO CHE APPARE CORRETTO IN STATICA

Un progetto presenta contatti statici apparentemente coerenti, ma una traiettoria eccentrica simulata incontra una cresta occlusale. La verifica con la bussola consente di identificare la zona e correggerla prima della produzione. È l'esempio più immediato del perché «contatti

corretti» e «movimenti eccentrici liberi» siano due obiettivi distinti. Anche in questo caso il risultato finale richiede la verifica del clinico.

Un'immagine utile al dentista non è necessariamente la più spettacolare. È quella che permette di vedere la decisione: prima, controllo, eventuale correzione e dopo. Se il materiale CAD non mostra questi passaggi, è meglio dirlo piuttosto che costruire una narrazione artificiale.

8. Come leggere la letteratura senza forzarla

Uno studio sperimentale sulle faccette di usura, un'analisi agli elementi finiti e una revisione sistematica rispondono a domande differenti. Non hanno lo stesso peso per ogni affermazione. La letteratura non va usata per rivestire il marchio di autorevolezza: deve aiutare il lettore a capire quali scelte sono ragionevoli e quali conclusioni non possiamo ancora trarre.

Non tutte le pubblicazioni rispondono alla stessa domanda. Uno studio morfologico sulle faccette di usura aiuta a comprendere la relazione fra movimento e anatomia. Un modello agli elementi finiti esplora la distribuzione delle sollecitazioni in condizioni definite. Una revisione sistematica sintetizza studi esistenti ma ne eredita eterogeneità e limiti. Uno studio clinico misura esiti su persone, ma il risultato dipende da disegno, dimensione campionaria e condizioni operative.

Per GNATHOS440 la catena logica deve rimanere visibile:

1. La letteratura identifica variabili rilevanti per l'occlusione.
2. Il laboratorio sceglie di considerare tali variabili nella progettazione.
3. Il CAD permette di controllare alcune condizioni simulate.
4. Il dentista verifica il manufatto nella situazione clinica.
5. Una raccolta di dati può mostrare se il metodo si associa a un beneficio misurabile.

Saltare direttamente dal primo al quinto punto sarebbe scorretto. Il valore della ricerca non sta nel prestare un'autorità automatica al marchio, ma nell'aiutare a costruire un metodo criticabile, ripetibile e migliorabile.

Per esempio, Kullmer e collaboratori [R1, R2] spiegano perché morfologia e traiettorie debbano essere considerate insieme. Gli studi FEA [R6–R8] mostrano che geometria e punto di applicazione del carico possono modificare lo stress nei modelli. Le revisioni sull'articolazione virtuale [R4, R5, R9] ricordano che la qualità della simulazione dipende dai dati e dalle condizioni. Nessuno di questi lavori misura i ritocchi di GNATHOS440.

9. Documentare il progetto, senza rallentare la collaborazione

Per la prima edizione del libro è sufficiente mostrare ciò che il laboratorio può documentare autonomamente: scansioni ricevute, criteri adottati, controlli CAD, eventuali modifiche e progetto definitivo. Non chiediamo al dentista una raccolta sistematica di dati clinici per avviare la collaborazione.

La documentazione di laboratorio può comprendere codice pseudonimo, tipo di restauro, supporto naturale o implantare, qualità dei dati, controlli statici ed eccentrici eseguiti e immagini del progetto prima e dopo le modifiche. Non devono essere pubblicati dati identificativi dei pazienti.

Una futura seconda edizione potrà includere uno studio pilota con riscontri clinici, se sarà possibile raccogliarli senza creare oneri eccessivi per gli studi. In quella fase definiranno il valore dell'analisi anche i casi senza risposta e i limiti di confrontabilità.

Anche i KPI commerciali devono essere distinti dagli esiti clinici: visite qualificate alla pagina, letture del libro, richieste del primo caso, primi lavori ricevuti e dentisti che affidano un secondo lavoro. Un download non è un cliente.

Per la prima edizione non presenteremo percentuali di riduzione dei ritocchi non ancora documentate. Se in futuro raccoglieremo valutazioni cliniche, dovremo considerare anche le risposte mancanti per evitare di pubblicare soltanto le esperienze positive.

La verifica clinica resta indispensabile per il singolo paziente, ma non deve diventare una condizione commerciale per il primo caso. Un eventuale studio comparativo sarà un progetto separato, da impostare in seguito con criteri metodologici adeguati.

10. La prova del primo caso

Un dentista che lavora da anni con un laboratorio non ha bisogno di sentirsi dire che dovrebbe cambiare fornitore. Ha bisogno di una ragione concreta per valutare una possibilità nuova senza compromettere un rapporto consolidato.

La proposta GNATHOS440 è semplice: scegliere un primo caso appropriato, chiarire i dati necessari e mostrare come viene progettato. Nessun obbligo di interrompere la collaborazione esistente. Nessun questionario da compilare. Nessuna promessa di «zero ritocchi». Il medico potrà giudicare il risultato secondo i propri criteri clinici.

Prima della prova possiamo spiegare che cosa è stato controllato nel CAD: contatti statici, morfologia e traiettorie eccentriche simulate. Dopo la consegna, nessun resoconto formale è

richiesto. L'eventuale dialogo con il dentista resterà spontaneo e finalizzato al lavoro, non a un progetto di ricerca.

Conclusione — La differenza non si racconta, si prova

La funzione si progetta. Non si lascia al caso. Questa frase ha senso soltanto se dietro ci sono decisioni verificabili, non promesse assolute. La ricerca orienta il ragionamento; il CAD consente di applicarlo al singolo restauro; il dentista verifica ciò che accade davvero in bocca.

Il valore della protesi comincia prima della fresatura, ma si dimostra alla consegna. Per questo proponiamo di partire da un caso. Non chiediamo fiducia in anticipo: chiediamo di osservare il lavoro e valutarne il risultato.

Come leggere questa edizione digitale

I collegamenti azzurri sono cliccabili: aprono le pubblicazioni scientifiche e il post LinkedIn. Il PDF può essere condiviso su WhatsApp o email; per vedere il filmato è necessaria una connessione Internet. Le immagini statiche rimangono come orientamento, mentre i video sono la dimostrazione principale. La raccolta strutturata dei riscontri clinici è rimandata a una possibile seconda edizione.

Bibliografia ragionata

[R1] Kullmer et al. (2009). Technical note: Occlusal fingerprint analysis: quantification of tooth wear pattern.

[Apri la pubblicazione scientifica](#) 

[R2] Kullmer, Schulz, Benazzi et al. (2012). An experimental approach to evaluate the correspondence between wear facet position and occlusal movements.

[Apri la pubblicazione scientifica](#) 

[R4] Accuracy of intraoral scanners for static virtual articulation: A systematic review and meta-analysis of multiple outcomes (pubblicazione online 2022; fascicolo 2024).

[Apri la pubblicazione scientifica](#) 

[R5] Evaluation Methods and Influencing Factors on Accuracy for Static Virtual Articulation Obtained by Intraoral Scanners (online 2024; fascicolo 2025).

[Apri la pubblicazione scientifica](#) 

[R6] Finite Element Analysis of Effect of Cusp Inclination and Occlusal Contacts in PFM and PEEK Implant-Supported Crowns (2022).

[Apri la pubblicazione scientifica](#) 

[R7] The effect of different occlusal contact situations on peri-implant bone stress (2019).

[Apri la pubblicazione scientifica](#) 

[R8] Influence of occlusal contact and cusp inclination on the biomechanical character of a maxillary premolar (2014).

[Apri la pubblicazione scientifica](#) 

[R9] Accuracy of static and dynamic occlusion simulation of virtual articulation compared with a conventional articulator (2026).

[Apri la pubblicazione scientifica](#) 

[R10] Validity and reliability of digital occlusal analyzing methods in Dentistry: A systematic review (2025).

[Apri la pubblicazione scientifica](#) 

[R11] A comparative study on dynamic occlusal adjustment based on mandibular movement trajectories (2026).

[Apri la pubblicazione scientifica](#) 

R3. Weinstein C, Hirschhaut M, Flores-Mir C. Occlusal adjustment in the digital era – A working protocol. Seminars in Orthodontics. 2025;31(1):18–46. DOI 10.1053/j.sodo.2024.11.003.

[Apri la pubblicazione scientifica](#) 

[R12] Accuracy of Dynamic Virtual Articulation: Trueness and Precision (2019).

[Apri la pubblicazione scientifica](#) 

La differenza non si racconta, si prova.

Se questo metodo ti interessa, il passo successivo è semplice: concordare un primo caso senza interrompere il rapporto con il laboratorio abituale. La valutazione clinica resta responsabilità del dentista; non è richiesto un questionario per iniziare.

Appendice A — Checklist del primo caso

Prima di ricevere i file. Concordare con il clinico il tipo di restauro, l'elemento interessato, il supporto naturale o implantare, le indicazioni sul materiale e la modalità di trasferimento sicuro. Verificare che le scansioni contengano preparazione, antagonista e registrazione

interocclusale sufficienti. Non usare il modulo commerciale pubblico per trasmettere dati sanitari.

Prima della modellazione. Controllare leggibilità del margine, estensione dell'antagonista, presenza di artefatti o dati mancanti e coerenza della relazione interarcata. Segnalare al clinico ciò che non è valutabile. Registrare eventuali assunzioni utilizzate.

Durante la modellazione. Definire morfologia di cuspidi, fosse e solchi; valutare i contatti previsti in massima intercuspidação; documentare l'applicazione dei criteri M.U.D.L. agli elementi interessati. Applicare la bussola occlusale alla morfologia e verificare le traiettorie eccentriche simulate.

Prima della produzione. Rivedere eventuali interferenze individuate, le modifiche effettuate e i limiti della simulazione. Salvare una versione identificabile del progetto. Non confondere un controllo software positivo con una garanzia di assenza di ritocchi in bocca.

Dopo la consegna. Raccogliere dal medico una valutazione sintetica: necessità di ritocco, tipo, minuti, osservazioni e motivazione di eventuali rifacimenti. Collegare la valutazione all'ID univoco del lavoro senza esporre dati personali del paziente.

Appendice B — Glossario

Massima intercuspidação (MI): posizione di massima intercuspidação dentale. Nel protocollo GNATHOS440 è il riferimento per la valutazione dei contatti statici previsti sugli elementi progettati.

Contatto statico: relazione occlusale valutata in una condizione di chiusura. La sua posizione geometrica non equivale automaticamente a una misura clinica della forza trasmessa.

Movimento eccentrico: movimento mandibolare al di fuori della posizione di riferimento in chiusura; include, fra gli altri, movimenti protrusivi e laterali.

Interferenza eccentrica: contatto che ostacola un movimento considerato non desiderato nel quadro clinico o nella simulazione eseguita. La sua rilevanza clinica non può essere dedotta soltanto da un colore sul monitor.

Bussola occlusale: rappresentazione delle direzioni di movimento e della loro relazione con il rilievo occlusale. GNATHOS440 la impiega nella modellazione e nel controllo eccentrico, non per definire i contatti statici.

M.U.D.L.: sigla riferita ai versanti Mesial Upper e Distal Lower nel contesto dei contatti e dell'aggiustamento occlusale. L'applicazione specifica GNATHOS440 riguarda posizione dei

contatti e morfologia in MI; la storia della denominazione richiede verifica bibliografica primaria.

Analisi agli elementi finiti (FEA): metodo numerico che stima distribuzioni di stress e deformazione in un modello definito da geometria, materiali, vincoli e carichi. Non equivale a un esito clinico misurato su un paziente.

Articolatore virtuale: sistema di simulazione delle relazioni e dei movimenti fra arcate digitali, dipendente dai dati e dai parametri disponibili.

Riscontro clinico: valutazione del medico alla prova o alla consegna del restauro, distinta dalla simulazione di laboratorio.

Appendice C — Il conto del tempo clinico

Il costo complessivo della consegna può essere descritto come prezzo del manufatto più costo del tempo clinico e degli eventuali passaggi aggiuntivi. Per evitare numeri suggestivi ma fuorvianti, ogni componente deve essere definita e misurata separatamente.

Esempio puramente illustrativo: a un valore interno della poltrona di 180 euro l'ora, dieci minuti rappresentano 30 euro di capacità clinica impegnata. Non sono necessariamente 30 euro di profitto perso, né un risparmio automaticamente attribuibile a GNATHOS440. Occorre sapere se quei minuti sono effettivamente ridotti e come viene impiegato il tempo liberato.

Il confronto va effettuato su casi omogenei, annotando complessità, tipo di restauro, dati disponibili, medico operatore e cause delle correzioni. La percentuale di casi senza ritocchi è un indicatore utile, ma da sola non descrive la qualità complessiva del restauro.

Per valutare il sito, distinguere visualizzazioni e download da richieste qualificate, primi casi e seconde lavorazioni. Il valore commerciale del libro emerge se stimola conversazioni con dentisti interessati alla progettazione funzionale, non se produce soltanto traffico.

Appendice D — Guida alla lettura delle fonti

Kullmer et al. (2009) [R1]: contributo metodologico sull'analisi tridimensionale delle faccette di usura. Pertinenza: relazione fra morfologia e movimenti. Limite: non misura ritocchi alla poltrona di restauri GNATHOS440.

Kullmer, Schulz e Benazzi et al. (2012) [R2]: studio sperimentale su movimenti e faccette. Pertinenza: supporta l'interesse per le traiettorie nella modellazione anatomica. Limite: modelli e condizioni sperimentali, non trial clinico sul nostro metodo.

Weinstein, Hirschhaut e Flores-Mir (2025) [R3]: protocollo di aggiustamento occlusale in ambito ortodontico. Pertinenza: relazioni cuspide-fossa, interferenze e versanti M.U.D.L. Limite: non valida la nostra applicazione sulle corone singole.

Registrazione virtuale [R4, R5]: revisioni sulla precisione dell'articolazione statica con scanner intraorali. Pertinenza: importanza della qualità del dato di partenza. Limite: non dimostrano che una simulazione statica riproduca l'intera dinamica mandibolare.

Studi FEA [R6, R7, R8]: valutano in modelli il ruolo di posizione del carico, inclinazione cuspidale e distribuzione degli stress. Pertinenza: ragionamento biomeccanico sui contatti. Limite: i risultati dipendono da ipotesi numeriche e non si trasferiscono automaticamente alla clinica.

Articolatori e strumenti digitali [R9, R10, R11]: revisioni e confronti su simulazioni e rilevazione dei contatti. Pertinenza: potenzialità e limiti dei controlli CAD. Limite: accuratezza diversa per statico, dinamico, intensità del contatto e dati individualizzati.

Nota di metodo e diritti

Il libro presenta un metodo progettuale e non garantisce esiti clinici individuali. Il brevetto n. 102022000000440 riguarda una lavorazione Toronto distinta: non viene attribuito alla bussola di Schulz, alla M.U.D.L. o alle corone singole. L'attribuzione storica della M.U.D.L. a Moody rimane da verificare su fonte primaria. Le figure tratte da pubblicazioni di terzi non sono riprodotte senza autorizzazione. Le schermate CAD provengono da materiale fornito per il progetto e vanno comunque controllate per la presenza di dati identificativi prima della diffusione.