



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Odontoiatria e Protesi Dentaria

Presidente: Prof. Angelo Putignano

**Valutazione del flusso di lavoro digitale nella
riabilitazione dei pazienti affetti da parodontite di
stadio IV**

Relatore: **Chiar.mo**

Prof. Mauro Merli

Candidato:

Nicolò Togni

Correlatore: **Chiar.mo**

Prof. Giorgio Giulio Lorenzo Rappelli

Anno Accademico 2021-2022

Indice

- 1.** Nuova classificazione della malattia parodontale
 - 1.1. Classificazione della malattia parodontale (2018)
 - 1.2. Il paziente affetto da parodontite di stadio IV
- 2.** Funzione e disfunzione masticatoria: quali cambiamenti nel paziente parodontale?
 - 2.1. Semantica ed esami di valutazione della funzione masticatoria
 - 2.2. Valutazione oggettiva della performance masticatoria: metodi diretti
 - 2.2.1. Comminution test
 - 2.2.2. Mixing ability test
 - 2.2.3. Altri test di masticazione
 - 2.2.4. Soglia di deglutizione
 - 2.3. Valutazione oggettiva della performance masticatoria: metodi indiretti
 - 2.4. Auto valutazione della funzione masticatoria
- 3.** Capacità di adattamento della funzione masticatoria
 - 3.1. Auto-valutazione, performance ed efficienza nella funzione masticatoria
- 4.** Malattia parodontale e disfunzione masticatoria
- 5.** Cinematica del movimento mandibolare

6. Test sperimentale

6.1. Obiettivi dello studio

6.2. Materiali e metodi

6.3. Risultati

7. Discussione finale

7.1. Conclusioni

8. Bibliografia

1. Nuova Classificazione della Malattia Parodontale

1.1 Classificazione della malattia parodontale (2018)

Nel 2017 ha avuto luogo il “World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-implant Diseases and Conditions” di Chicago, a cui hanno partecipato esperti provenienti da tutto il mondo.

Da questo workshop sono emerse le lacune e le difficoltà nell'utilizzo della classificazione della malattia parodontale proposta da Armitage nel 1999.

Questa, infatti, era molto vasta e ricca di categorie e sottocategorie, che ne rendevano difficile l'utilizzo nella pratica clinica di tutti i giorni e inoltre presentava delle parziali sovrapposizioni di condizioni di malattia, nonché mancanze come la definizione di un concetto di salute parodontale. La differenziazione di quest'ultima da una condizione di infiammazione tra un parodonto sano e uno ridotto, l'attenzione ai fattori di rischio e la differenziazione delle malattie e condizioni perimplantari da quelle dell'elemento naturale^[1].

Dalla nuova classificazione emerge inoltre che in un paziente con gengivite si può assistere al ripristino dello stato di salute, mentre in un paziente affetto da parodontite tale condizione rimane tale per tutta la vita, e

necessita quindi di un adeguato follow-up vita natural durante mirato ad evitare recidive^[1].

CLASSIFICATION OF PERIODONTAL AND PERI-IMPLANT DISEASES AND CONDITIONS 2017

Periodontal Diseases and Conditions										
Periodontal Health, Gingival Diseases and Conditions Chapple, Mealey, et al. 2018 Consensus Rept link Trombelli et al. 2018 Case Definitions link			Periodontitis Papapanou, Sanz et al. 2018 Consensus Rept link Jepsen, Caton et al. 2018 Consensus Rept link Tonetti, Greenwell, Kornman. 2018 Case Definitions link			Other Conditions Affecting the Periodontium Jepsen, Caton et al. 2018 Consensus Rept link Papapanou, Sanz et al. 2018 Consensus Rept link				
Periodontal Health and Gingival Health	Gingivitis: Dental Biofilm-Induced	Gingival Diseases: Non-Dental Biofilm-Induced	Necrotizing Periodontal Diseases	Periodontitis	Periodontitis as a Manifestation of Systemic Disease	Systemic diseases or conditions affecting the periodontal supporting tissues	Periodontal Abscesses and Endodontic-Periodontal Lesions	Mucogingival Deformities and Conditions	Traumatic Occlusal Forces	Tooth and Prosthesis Related Factors
Peri-Implant Diseases and Conditions										
Berglundh, Armitage et al. 2018 Consensus Rept link										
Peri-Implant Health	Peri-Implant Mucositis			Peri-Implantitis			Peri-Implant Soft and Hard Tissue Deficiencies			

Tabella 1^[1]: classificazione delle malattie e condizioni parodontali e perimplantari come emerso dal workshop del 2017

Focalizzandosi sul riquadro centrale riguardante la parodontite, la semplificazione della classificazione si evince anche dal fatto che le possibili forme di malattia parodontale sono solo 3 (parodontite, parodontite necrotizzante, parodontite come manifestazione di malattie sistemiche). Dunque, con il termine di parodontite si racchiudono le vecchie differenziazioni tra parodontite cronica e parodontite aggressiva che non hanno più ragione di esistere come entità a sé stanti^[3].

Altra novità è l'introduzione di una classificazione della parodontite associata ad uno "staging" e ad un "grading".

Periodontitis stage		Stage I	Stage II	Stage III	Stage IV
Severity	Interdental CAL at site of greatest loss	1-2 mm	3-4 mm	≥5 mm or extending to middle third of the root	≥8 mm or extending to apical third of the root
	Radiographic bone loss	Coronal third (<15%)	Coronal third (15%-33%)	Extending to Middle third	Extending to Apical third
	Tooth loss	No Perio Tooth Loss		Perio tooth loss ≤ 4 teeth	Perio tooth loss ≥ 5 teeth
Complexity	Local	Probing depth 3-4	Probing depth 4-5	In addition to Stage II Complexity	In addition to Stage III Complexity
		Mostly horizontal bone loss	Mostly horizontal bone loss	Probing depth ≥6 Vertical bone loss ≥3 Furcation II or III Moderate ridge defect	Need for complex rehabilitation due to: Masticatory dysfunction Secondary occlusal trauma (Tooth mobility ≥ 2) Bite collapse, drifting, flaring Less than 20 remaining teeth (10 opposing pairs) Severe ridge defect
Extent & distribution	Add to Stage as descriptor	For each Stage, describe extent as localized (<30% of teeth involved), generalized or molar incisor pattern			

Tabella 2^[4]: staging della parodontite secondo la nuova classificazione del 2018, aggiornato da Mariano Sanz nel 2020.

Lo staging ci dà indicazioni riguardo la severità della patologia alla presentazione del paziente, che viene quindi subito inquadrato in uno dei 4 gruppi, e riguardo la complessità della gestione del caso^{[1][2]}.

Lo staging comprende 4 categorie ed è determinato valutando parametri clinici quali CAL (“Clinical Attachment Loss”, perdita di attacco clinico), BL (“Bone Level”, livello osseo), perdita di elementi dentali dovuta a parodontite, PPD (“Probing Pocket Depth, profondità della tasca al sondaggio), difetti ossei verticali o orizzontali, coinvolgimento delle forche, mobilità^{[1][2]}.

Troviamo anche la dicitura “extent and distribution”. Sanz et al. specificano a tale proposito che “l’estensione dovrebbe essere descritta dopo aver determinato lo stadio. Seguendo questo criterio [...] l’estensione descrive la percentuale di denti che si trovano nello stadio definito e fornisce informazioni al clinico riguardo la percentuale di denti che potrebbero

richiedere trattamenti di maggiore complessità”^[5].

Periodontitis grade		Grade A: Slow rate of progression	Grade B: Moderate rate of progression	Grade C: Rapid rate of progression	
Primary criteria	Direct evidence of progression	Longitudinal data (radiographic bone loss or CAL)	Evidence of no loss over 5 years	<2 mm over 5 years	≥2 mm over 5 years
	Indirect evidence of progression	% bone loss/age	<0.25	0.25 to 1.0	>1.0
		Case phenotype	Heavy biofilm deposits with low levels of destruction	Destruction commensurate with biofilm deposits	Destruction exceeds expectation given biofilm deposits; specific clinical patterns suggestive of periods of rapid progression and/or early onset disease (e.g., molar/incisor pattern; lack of expected response to standard bacterial control therapies)
Grade modifiers	Risk factors	Smoking	Non-smoker	Smoker <10 cigarettes/day	Smoker ≥10 cigarettes/day
		Diabetes	Normoglycemic/ no diagnosis of diabetes	HbA1c <7.0% in patients with diabetes	HbA1c ≥7.0% in patients with diabetes

Tabella 3^[2]: grading della parodontite secondo la nuova classificazione del 2018

Il grading fornisce informazioni supplementari riguardanti le caratteristiche biologiche della patologia, tra cui un’analisi basata sulla valutazione del tasso di progressione della malattia, la valutazione del rischio di ulteriore progressione e del rischio che la malattia o il trattamento possano influire negativamente sulla salute generale del paziente^{[1] [2]}.

Il grading comprende 3 livelli di rischio di progressione (A rischio basso, B rischio moderato, C rischio elevato) e prende in considerazione fattori primari come perdita di BL nel tempo, BL in relazione all’età, fenotipo, e fattori modificanti come fumo e diabete^{[1] [2]}.

Per associare al paziente lo specifico stadio ci si basa prima di tutto sul CAL, solo se questo non è rilevabile sul BL. La perdita di denti può però

aumentare il numero dello stadio.

Le variabili relative alla complessità possono far salire allo stesso modo lo stadio. Ad esempio, in caso di una forzazione coinvolta di grado 2 o maggiore, pur in presenza di una CAL associabile a stadio II, il paziente sarà associato ad uno stadio III o IV.

1.2 Il paziente affetto da Parodontite di Stadio IV

Degno di nota all'interno della nuova classificazione è come la differenza tra stadio 3 e 4 sia basata per lo più su fattori relativi alla complessità e come il rischio per il paziente in stadio 3 sia quello di perdere un singolo elemento in caso di progressione della patologia, mentre nello stadio 4 il rischio è quello di perdere l'intera dentizione.^[3]

Novità importante della nuova classificazione è infatti la definizione del paziente con stadio IV e in particolare il concetto di “masticatory dysfunction” associato a questa condizione.

Il paziente con parodontite di stadio IV può presentare uno o più dei seguenti segni e sintomi, infatti, come leggiamo dalla tabella 2, trauma occlusale secondario con conseguente mobilità degli elementi di grado superiore o uguale a 2, meno di venti denti masticanti (dieci coppie masticanti), severi difetti ossei, collasso del morso.

Questi elementi vanno a ridurre la performance masticatoria del paziente^[6], portando ad una disfunzione dello stesso apparato stomatognatico che

richiederà un processo riabilitativo complesso il quale si baserà non su una singola figura, ma su quella di più professionisti della salute orale, i quali dovranno formare un'equipe in grado di risanare il cavo orale del paziente e di riabilitarne la funzione.

2. Funzione e Disfunzione Masticatoria: Quali Cambiamenti nel Paziente Parodontale?

2.1 Semantica ed esami di valutazione della funzione masticatoria

Prima di iniziare a parlare di funzione e disfunzione masticatoria è necessario chiarire quali sono i termini da utilizzare in questo contesto e qual è il loro significato reale. Nel tempo sono stati pubblicati diversi lavori scientifici in cui differenti autori hanno utilizzato stessi termini, ma con accezioni differenti.

Per poter effettuare però dei paragoni tra i vari studi presenti nella letteratura, è necessaria una standardizzazione dei termini. A tal proposito, e dunque ai fini della comprensione di questo elaborato, è necessario citare il “Consensus on the terminologies and methodologies for masticatory assessment”^[7], nel quale si cerca di fare chiarezza in merito all’utilizzo di una terminologia specifica inerente alla performance masticatoria, nonché di provvedere a delineare la validità di diversi metodi per la valutazione della stessa.

Dal Consensus emerge come la “*performance masticatoria*” indichi il livello di comminazione del bolo raggiunto dopo un determinato numero di cicli masticatori. Non bisogna dunque confondere o intercambiare questo

parametro con quello dell'”*efficienza masticatoria*”. Quest’ultima, infatti, è descritta come il numero di cicli masticatori necessari per raggiungere un particolare risultato della masticazione caratterizzato da una dimensione media delle particelle del bolo equivalente a metà della dimensione delle particelle precedente alla masticazione.

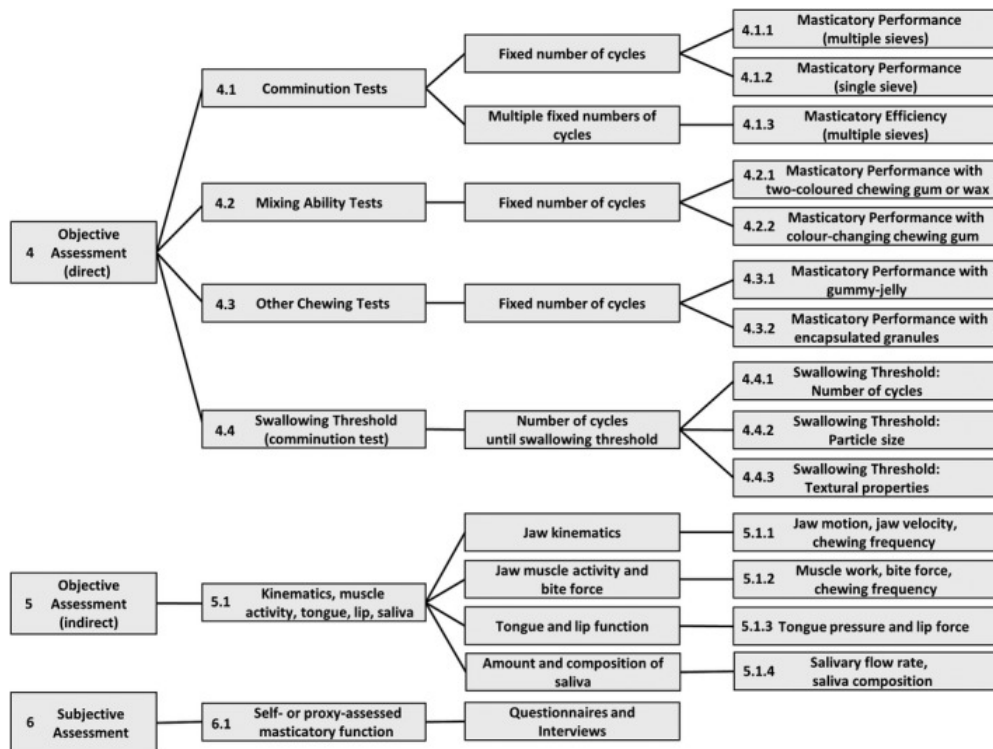


Figura 1^[7]: schematizzazione dei termini e dei test relativi alla funzione masticatoria.

Dallo schema rappresentato sopra è evidente come dal Consensus emerga la possibilità di valutare la funzione masticatoria sotto tre punti di vista:

1. oggettiva diretta
2. oggettiva indiretta
3. soggettiva

Analizziamo rapidamente più nel dettaglio lo schema.

2.2 Valutazione oggettiva della performance masticatoria: metodi diretti

2.2.1 Comminution test

Questa tipologia di test è basata sulla valutazione, al setaccio o tramite scansione ottica, della dimensione delle particelle in cui è stato ridotto un cibo fragile in seguito a masticazione.

1. performance masticatoria con setacci multipli: il cibo viene masticato per un numero fisso di cicli e poi l'espettorato valutato tramite setacci multipli con fori di dimensione progressivamente decrescente. Fatto ciò, utilizzando la distribuzione delle particelle del bolo (in termini di peso), potrà essere creata una funzione caratterizzata dal valore di dimensione medio delle particelle (cioè la dimensione del foro ideale attraverso il quale solo il 50% in peso delle particelle passa).
2. performance masticatoria con singolo setaccio: stesso procedimento, ma con un unico setaccio di dimensione predefinita. Il test sarà più semplice da eseguire, ma meno accurato.
3. efficienza masticatoria con setacci multipli: questa, come definita precedentemente, viene calcolata come una funzione che mette in relazione la riduzione della dimensione delle particelle con il numero di cicli masticatori. Sarà dunque necessario eseguire test multipli per rilevarla, fissando un numero di cicli differente ogni volta. Dunque, è

un test in cui si valuta più volte la performance masticatoria.

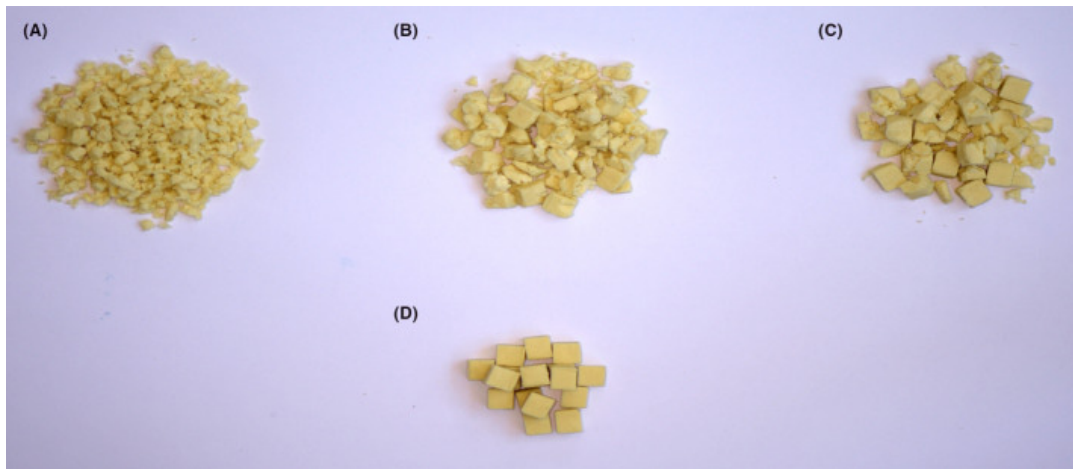


Figura 2^[7]: diversi risultati del test di comminuzione

2.2.2 Mixing ability test

Questo test è basato sulla valutazione di forma o colore di un bolo derivante dalla masticazione di un materiale plastico, il quale viene poi appiattito ad uno spessore di 1mm e fotografato da entrambi i lati in condizioni di illuminazione standardizzata.

1. performance masticatoria con cera o chewing-gum bicolori: il bolo viene masticato per, di solito, 20 cicli (è il numero più discriminatorio e dirimente) e in seguito analizzato il grado di miscelazione del colore.
2. performance masticatoria con chewing-gum che cambia colore: il bolo viene masticato per un numero di cicli determinato e il chewing-gum cambia colore da giallo-verde a rosso.

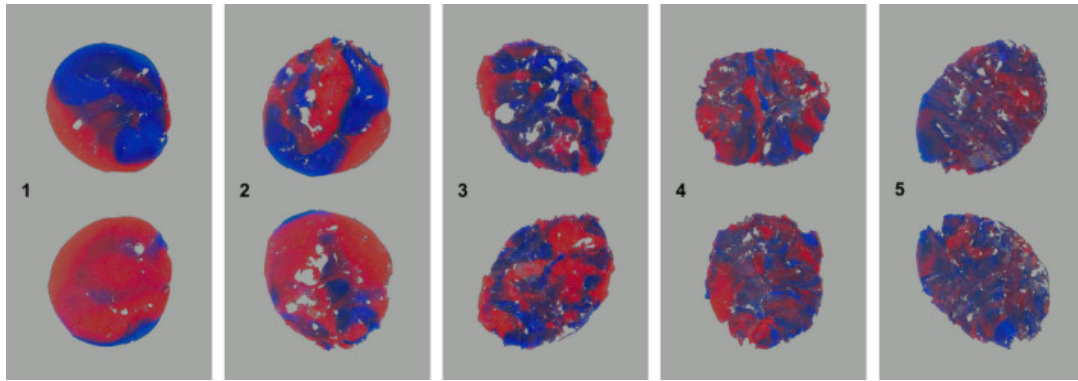


Figura 3^[7]: esempio di diversi gradi di miscelazione di due cere di colore diverso, fotografate da entrambi i lati

2.2.3 Altri test di masticazione

1. performance masticatoria con gelatina gommosa: dopo un numero di cicli predeterminato si può valutare o la superficie totale delle particelle o la concentrazione di glucosio o β -carotene nella saliva.
2. performance masticatoria con granuli incapsulati: granuli di colorante (fucsina, eritrosina, ATP) incapsulati in un involucro di PVC che il paziente masticherà per un numero definito di cicli, al termine dei quali il contenuto della capsula sarà miscelato con acqua, filtrato e valutato con uno spettrofotometro.

2.2.4 Soglia di deglutizione

Con questi test si valutano le condizioni del bolo nel momento in cui il paziente è pronto a deglutirlo.

1. numero di cicli alla soglia di deglutizione: si contano i cicli masticatori fino a quel momento.
2. dimensione delle particelle alla soglia di deglutizione: si valuta la dimensione media delle particelle nel momento esattamente

precedente alla deglutizione.

3. proprietà fisiche del bolo masticato: durezza, viscosità, coesione, orientamento delle fibre, contenuto di umidità, adesione delle particelle, deformabilità.

2.3 Valutazione oggettiva della performance masticatoria: metodi indiretti

I movimenti della mandibola e l'attività muscolare sono aspetti fondamentali della masticazione e sono controllati a livello centrale tramite meccanismi di feedback in base alla resistenza opposta dal cibo. La dentizione, la saliva, l'attività di labbra e lingua si aggiungono nell'influenzare il processo masticatorio.

1. Cinematica mandibolare: velocità, accelerazione, frequenza e movimenti della mandibola possono essere analizzati con sistemi di analisi elettromagnetici, ottici e video.
2. Attività dei muscoli della mandibola e forza del morso: l'attività statica e dinamica dei muscoli (specie massetere e capo anteriore del temporale) può essere misurata con elettrodi, mentre la massima forza del morso viene misurata con un trasduttore interposto tra le arcate in regione molare.
3. Funzione di lingua e labbra: misurate come la massima pressione volontariamente esercitata su un rilevatore.
4. Quantità e composizione della saliva: si misura il flusso salivare

nell'arco di 5 minuti. Valori fisiologici sono compresi tra 0.52 ml/min e 4.55 ml/min.

2.4 Auto valutazione della funzione masticatoria

I test di valutazione soggettiva della funzione masticatoria si riferiscono spesso a ciò che in un grande numero di studi viene definito come “abilità masticatoria”, valutata tramite questionari e interviste.

1. Quality of masticatory function questionnaire (QMFQ): questionario di 26 domande focalizzato sulla frequenza e/o difficoltà nel masticare diversi tipi di cibo nelle due settimane precedenti.
2. Chewing function questionnaire (CFQ): valuta la funzione masticatoria in pazienti portatori di protesi concentrandosi su aspetti come difficoltà a masticare o addentare determinati cibi, insicurezza durante la masticazione, se il cibo si attacca ai denti o ai manufatti protesici.
3. Screening for masticatory disorders in older adults (SMDOA): questionario di 9 domande per avere una diagnosi di presenza di disordini masticatori.
4. Food intake ability (FIA): questionario contenente 35 cibi divisi in 5 categorie di durezza, per i quali il paziente dovrà riferire un'eventuale difficoltà alla masticazione.
5. International classification of functioning, disability and health (ICF) for oral functions: mette in relazione il funzionamento dell'organismo (inteso come struttura del corpo, funzioni del corpo, attività, partecipazione) con salute e ambiente. La classificazione individua 9

gradi di menomazione crescente associati alla funzione orale.

6. A questi possiamo aggiungere il “Quality of Masticatory Function Questionnaire”, scritto originariamente in francese e tradotto poi in altre lingue, tra cui naturalmente l’inglese^[8], in cui sono riportate 29 domande relative alla frequenza e alla difficoltà di masticare differenti tipi di cibi nelle due settimane precedenti. A queste domande il paziente può rispondere scegliendo una tra 5 opzioni che vanno da “sempre” a “mai” e da “molta difficoltà” a “nessuna difficoltà”.

1. Do you have difficulty chewing small pieces of beef?
2. Do you difficulty chewing small pieces of chicken?
3. Do you have difficulty chewing ground beef?
4. Do you have difficulty chewing hard, raw vegetables, without cutting them?
5. Do you have difficulty chewing hard, raw fruits, without cutting them (e.g.: apples)?
6. Do you have difficulty chewing hard, raw fruits, after cutting them in quarters?
7. Do you have difficulty chewing peels of hard raw fruits?
8. Do you have difficulty chewing crusted bread?
9. Do you have difficulty chewing nuts and grains?
10. Do you have difficulty chewing with your prosthesis?
11. Do you have to remove one or both of your prostheses in order to eat?
12. Do you have to drink while eating to facilitate swallowing?
13. Do you have to add sauce to your meal to facilitate swallowing?
14. Do you have to soak your food to facilitate chewing and/or swallowing?
15. Is your food choice limited because of your prosthesis?
16. In general, is the food well chewed before being swallowed?
17. Have you eaten beef cut into small pieces?
18. Has it been necessary to ground the beef before eating?
19. Have you eaten chicken cut into small pieces?
20. Has it been necessary to ground the chicken before eating?
21. Has it been necessary to convert meet into puree in order to eat?
22. Have you eaten fresh apples without cutting them?
23. Is it necessary to peel the apples before eating?
24. Is it necessary to cut the apples into quarters in order to chew them?
25. Is it necessary to cut the apples into small pieces in order to chew them?
26. Has it been necessary to convert fruits into puree in order to eat?
27. Have you eaten fresh carrots without cutting them?
28. Is it necessary to cut the carrots into small pieces in order to

Figura 4^[8]: *Quality of Masticatory Function Questionnaire* nella sua versione tradotta in inglese.

Precursore del sopracitato questionario è il metodo utilizzato da Manal A. Awad^[9] che nei suoi studi, spesso volti a valutare la soddisfazione dei pazienti riguardo le loro protesi, utilizza spesso una scala analogica visiva (VAS) di 10mm tramite cui dare una valutazione generale della protesi, associata ad una valutazione mirata nei confronti di comfort, facilità di pulizia, capacità di masticare, capacità di parlare, estetica, stabilità, capacità di tritare sei specifici cibi (carota, mela, formaggio, salsiccia, pane, lattuga)^[10] indicando il parametro che per il paziente è quello più importante.

Più conciso, invece, è il metodo utilizzato da Laudisio et al.^[11] nel loro studio riguardante la correlazione tra osteoporosi e disfunzione masticatoria. In questo studio l'auto valutazione della funzione masticatoria (definita all'interno del suddetto lavoro come "self reported symptoms") si basa infatti solo sulla risposta affermativa alle domande "percepisci difficoltà durante la masticazione?" e "hai cambiato le tue abitudini alimentari a causa di queste difficoltà?".

Possiamo fare il punto della situazione facendo riferimento alla revisione sistematica che Fan et al. nel 2021^[12] hanno condotto, riguardo l'insieme delle possibili modalità di auto-valutazione della funzione masticatoria (Patient-Reported Outcome Measures, PROMs) fornendo anche un giudizio sulla loro attendibilità e validità.

La revisione si è basata su 19 differenti tipologie di PROMs contenute all'interno di 23 studi. Ad ogni studio è stato assegnato un punteggio di

validità, così come ad ogni parametro psicometrico preso in analisi nei suddetti studi. Le diverse tipologie di PROMs sono riconducibili a 4 principali:

1. Domande relative alla masticazione di specifici cibi
2. Domande relative a problemi durante la masticazione
3. Domande relative ad entrambi gli aspetti menzionati nei punti 1 e 2
4. Una singola domanda globale

Dalle valutazioni effettuate nello studio emerge che nessuno dei PROMs analizzati presenta un livello di evidenza elevato per tutti i parametri psicometrici analizzati e gli autori suggeriscono la formulazione di nuovi PROMs che contengano indicazioni riguardo al processo che ha portato alla formulazione dello stesso, che siano validati per diverse popolazioni di diversa cultura, che presentino una valutazione della “*responsiveness*” (capacità di rilevare cambiamenti clinici importanti, in questo caso tra il tempo 0 e il momento successivo alla riabilitazione), nonché della validità dei contenuti, indicata come “il grado con cui il contenuto del PROM è capace di riflettere in maniera adeguata l’indice da misurare”.

Quindi, ora, possiamo comprendere il significato di una giusta terminologia, e come la funzione masticatoria possa e debba essere valutata sotto diversi punti di vista per avere un quadro diagnostico a 360 gradi.

3. Capacità di Adattamento della Funzione Masticatoria

L'obiettivo della masticazione è quello di creare un bolo che possa essere deglutito in tutta sicurezza. Per ottenere ciò è necessario che questo sia costituito da particelle di cibo di dimensioni adeguate e con una coesione sufficiente derivante dalla lubrificazione della saliva ^[13].

Il cibo posizionato in bocca attiva una serie di recettori sensoriali che portano informazioni su consistenza, dimensione, forma del bolo al centro della masticazione, le quali vengono integrate con altre derivanti dalla corteccia cerebrale, così da determinare una variazione progressiva di alcuni parametri quali la forza masticatoria, i movimenti della mandibola, il numero dei cicli masticatori precedenti alla deglutizione. Tutto ciò al fine di creare un bolo che abbia delle proprietà che lo rendano deglutibile. La capacità di raggiungere questo fine tramite la masticazione è spesso il discriminante nelle scelte alimentari del paziente, che può quindi essere costretto a deglutire cibo non sufficientemente tritato o ad evitare alcuni alimenti.

Il nostro sistema nervoso è capace di modulare, più o meno rapidamente, i parametri che determinano la funzione masticatoria e possono essere individuati quattro tipi di adattamento:^[14]

1. I cicli masticatori variano durante una singola sequenza per adattarsi ai cambiamenti del cibo che sta mutando in un bolo. Parliamo quindi

di un adattamento causato dalla variazione progressiva nella consistenza del cibo, oppure dovuto ad una sensazione sgradevole come quella del dolore di origine dentale, mucoso o articolare.

2. L'adattamento alle diverse consistenze dei vari cibi.
3. Un lento e progressivo adattamento a cambiamenti intrinseci quali quelli dovuti all'età, a terapia ortodontica, a usura degli elementi dentali.
4. Adattamento a cambiamenti intrinseci più repentini quali la perdita di denti, i traumi oro-facciali, le riabilitazioni protesiche.

Questa plasticità del nostro sistema nervoso è alla base della riduzione della funzione masticatoria che si ha in caso, tra le altre cose, di perdita di denti, ma anche della capacità di riacquisire progressivamente la suddetta funzione masticatoria in seguito ad un processo riabilitativo.

È possibile dunque parlare di piena capacità masticatoria quando i determinanti principali della funzione masticatoria sono in uno stato ottimale e si riesce di conseguenza senza problemi a creare un bolo adatto ad una corretta deglutizione. Questo meccanismo potrebbe non essere totalmente efficiente e ciò causerebbe una condizione di adattamento compensatorio dove l'organismo adotta strategie, come l'aumento del numero dei cicli masticatori, per raggiungere comunque l'obiettivo. Quando questi meccanismi compensatori non sono più sufficienti, siamo di fronte ad un'incapacità masticatoria che porta alla deglutizione di cibo mal tritato o ad evitare alcuni cibi, risultando a lungo andare in complicazioni sistemiche anche di rilievo. ^[14] ^[15]









	FOODBOLUS	PHYSIOLOGY	CONSEQUENCES
CAPACITY	Particle size < 4 mm (MNI) & adequate plasticity, cohesiveness, slipperiness	When chewing a given food: Great inter-individual variability & low intra-individual variability	 
COMPENSATORY ADAPTATION	Particle size < 4 mm (MNI) & adequate plasticity, cohesiveness, slipperiness	Cycle number increase and / or force change and / or jaw movement change	 
INCAPACITY	Particle size > 4 mm (MNI) or insufficient plasticity, cohesiveness, slipperiness or saliva problems	Swallowing unprepared bolus and/or some food types refused	 Diet change and/or modified food   or 

Tabella 4^[14]: capacità, adattamento compensatorio e incapacità. MNI^[16], “masticatory normative indicator” utilizzato come riferimento e ottenuto tramite masticazione di carote crude.

Dunque, risulta chiaro come il nostro organismo riesca, entro certi limiti, a sopperire all’alterazione dei fattori determinanti la funzione masticatoria come l’equilibrio neuromuscolare, il numero dei denti masticanti, l’eventuale presenza di malocclusioni o di patologie cognitive e neuro-motorie.

3.1. Auto-valutazione, performance ed efficienza nella funzione masticatoria

Abbiamo già discusso, nel paragrafo “semantica ed esami di valutazione

della funzione masticatoria”, riguardo le definizioni e la terminologia corrette relative alla auto-valutazione della funzione masticatoria (non più abilità masticatoria), alla performance masticatoria e all’efficienza masticatoria.

Quali sono, dunque, i fattori accennati nel paragrafo precedente la cui combinazione porta alla determinazione della funzione masticatoria e la cui variazione può causare un’alterazione di quest’ultima?

È chiaro che il nostro corpo subisce un fisiologico e progressivo declino psichico e motorio con l’avanzare dell’età. La nostra forma migliore, in questi termini, viene raggiunta intorno ai vent’anni, rimane costante per alcuni anni, per poi progressivamente decrescere. ^[17]

L’età è stata infatti associata in diversi studi ad un aumento dei cicli masticatori necessari per ottenere uno stesso livello di efficienza masticatoria. In particolare, Peyron et al. parlano di un aumento di 3 cicli masticatori per sequenza ogni dieci anni ^[18].

Gli stessi Peyron et al. però, indicano come l’età come fattore a sé stante non sia influente sulla funzione masticatoria in condizioni di uguale dentizione, ma piuttosto come lo siano alcune condizioni associate all’invecchiamento. Ciò è vero in quanto con l’età pur venendo meno alcuni riflessi, ma anche la massima forza esercitabile dai muscoli masticatori, il corpo trova un modo per compensare e mantenere la funzione pressoché inalterata. ^{[18] [19]}

Se è vero, infatti, che i muscoli masticatori vanno incontro ad una progressiva riduzione della sezione, risultando in un minor massimale di

forza ^[18], Peyron et al., nel loro studio del 2004, mostrano come le registrazioni elettromiografiche relative alla masticazione riportino dei grafici simili al variare dell'età dei pazienti presi in esame. Ciò indica come il totale della superficie che si contrae sia simile nel giovane e nell'anziano e questo sta a significare come un muscolo di dimensioni minori come quello dell'anziano sia in grado di raggiungere una forza di contrazione più vicina alla propria forza massima rispetto ad un soggetto giovane, attivando un maggior numero di fibre contrattili.^[18]

C'è quindi un passaggio verso un adattamento fisiologico del corpo al fine di mantenere la funzione masticatoria e una sua riduzione sembra non essere strettamente associata all'attività muscolare età-correlata e all'età di per sé stessa.^[19]

Altro fattore che gioca un ruolo fondamentale nella funzione masticatoria è di certo la saliva. Una condizione di xerostomia è stata infatti dimostrata essere associata ad una riduzione della capacità di comminazione, di masticazione e di deglutizione.^{[17] [20] [21]}

Allo stesso modo la funzionalità della lingua e la capacità di utilizzarla in associazione alle guance per mantenere il bolo tra i denti risultano rilevanti nel determinare la funzione masticatoria.^[22]

Sicuramente il fattore chiave nella valutazione della performance e dell'efficienza masticatoria è però il numero di elementi masticanti residui.

[17] [18]

Vari studi hanno indicato come questo parametro sia determinante e come non ci sia equivalenza, in termini di performance masticatoria, tra elementi

naturali, elementi protesici fissi ed elementi protesici mobili.^{[17] [25] [26] [27] [28]}
[29]

I primi forniscono la massima performance masticatoria, la protesi rimovibile quella minore, mentre le riabilitazioni protesiche fisse si posizionano ad un livello intermedio.^[30]

Il numero di denti masticanti è anche un determinante fondamentale, insieme alla capacità contrattile della muscolatura, della forza del morso che è il secondo più importante fattore chiave nella determinazione della performance e dell'efficienza masticatoria.^[29]

La capacità di comminuzione dipende inoltre strettamente dalla superficie di contatto totale tra i denti posteriori delle due arcate^[31], o semplificando dal numero di coppie di denti masticanti, o meglio dalle FTU, “functional tooth units” (due premolari che occludono equivalgono ad una unità, due molari equivalgono a due unità)^{[23] [32]}, quindi non solo dal quantitativo di denti, ma anche dalla loro reciproca posizione.^{[23] [33]}

Lo stesso WHO ha proposto il concetto di Shortened Dental Arch (SDA), a indicare una condizione di quattro FTU per avere una dentizione che sia meccanicamente ed esteticamente funzionale seppur non completa.^[34]

Questi pazienti si trovano però in una situazione di adattamento compensatorio,^[13] in quanto necessitano del doppio dei cicli masticatori rispetto ad una dentizione completa per ottenere un bolo correttamente deglutibile.^[25]

Naka et al. nella loro revisione sistematica del 2012 indicano come sia il numero dei denti che il numero di FTU possano essere positivamente messi

in relazione con l'auto-valutazione della funzione masticatoria in una maniera che conferma, nella maggior parte degli studi analizzati, il concetto di SDA, e cioè che il cut off al di sotto del quale il paziente non riferisce più una buona abilità masticatoria è di 20 denti, specie se non ben distribuiti.^[26] La performance masticatoria, valutata con test oggettivi diretti, non può che andare nella stessa direzione.^[35]

Ciò non deve essere però considerato come un dogma, in quanto l'altra faccia della medaglia è quella della minoranza degli studi in cui i pazienti riferiscono difficoltà nella masticazione o alterazione nella scelta e nella preparazione dei cibi pur possedendo una SDA.

Naturalmente, anche in questa revisione è specificato come sia poco accurato fare riferimento al numero di denti, che spesso sovrastimano la reale performance masticatoria, mentre più oculato è prendere in considerazione il numero di FTU.

A conclusioni simili sono giunti Ueno e al.^[28] studiando la funzione masticatoria nella popolazione giapponese e in particolare l'auto-valutazione della funzione masticatoria dei pazienti costituenti la popolazione in esame. Dallo studio emerge infatti una progressiva riduzione del valore dell'auto-valutazione in corrispondenza con la riduzione di denti naturali e di FTU (9 tra denti naturali e protesici fissi o 8 naturali per assicurare una corretta masticazione dei 15 cibi presi in esame), nonché il fatto che questa riduzione nelle FTU sia spesso correlabile all'età avanzata del paziente^[32], e come sia stato possibile masticare senza problemi tutti i cibi presi in esame per un campione di pazienti con una media di 23.4 denti,

mentre nel campione con 17.2 denti di media si sono presentate le prime difficoltà. Questi dati sono per lo più in accordo con gli studi che indicano in 20 elementi dentari il numero soglia al di sotto del quale si presentano problemi di funzione masticatoria, anche se sembra poter essere necessario un numero di elementi maggiore per una masticazione del tutto adeguata^[28], in quanto non sempre c'è corrispondenza tra quanto riferito dal paziente e una valutazione con metodi oggettivi della performance masticatoria, e questa eventualità si fa ancora più viva se si parla di elementi protesici, fissi e soprattutto mobili.^[30]

Abbiamo infatti parlato, nel paragrafo precedente, della capacità di adattamento del sistema masticatorio. Questo meccanismo non viene sfruttato del nostro organismo solo quando si hanno delle modificazioni negative dei fattori determinanti la funzione masticatoria, ma anche quando questa viene ad essere incrementata, ad esempio tramite riabilitazioni protesiche con risultati diversi in base al tipo di riabilitazione.

Una protesi rimovibile non consentirà un aumento rilevante della funzione masticatoria, in quanto il paziente avrà comunque un'incapacità masticatoria residua, o al massimo riuscirà a raggiungere una situazione di adattamento compensatorio.^{[35] [36]}

Questi pazienti necessitano infatti di un numero di cicli masticatori dalle 4 alle 8 volte superiori rispetto ad un individuo con dentizione normale per ottenere uno stesso grado di comminazione.^[29]

La protesi mobile comporta infatti una riduzione nella forza del morso, che abbiamo detto essere un determinante chiave della funzione masticatoria, a

causa di non sempre ottimali condizioni di ritenzione e stabilità, in particolar modo se si parla di protesi totali.^[29]

A ciò si aggiunge il fatto che il paziente deve abituarsi al nuovo manufatto e riacquisirà parte della funzione lentamente, richiedendo fino ad un anno di tempo.^[37]

Allo stesso modo, anche una protesi impianto-supportata, seppur sia evidente il fatto che favorisce un miglioramento della funzione di gran lunga superiore rispetto ad una protesi rimovibile^[29], non la restituisce completamente. Inoltre, in questo caso è stato visto che la capacità di adattamento della forza masticatoria nei confronti di cibi di diversa consistenza, nonché la capacità di adattamento al progressivo cambiamento della consistenza del bolo, sono alterate e il paziente riabilitato con questo tipo di manufatto tende ad utilizzare in maniera indiscriminata sempre la stessa forza masticatoria, probabilmente per l'assenza dei meccanoceffori tipici del legamento parodontale.^[38] Ciò è dovuto al fatto che il dente naturale riesce, tramite i meccanoceffori del legamento, a trasferire informazioni molto fini e sofisticate a livello centrale e ciò genera una risposta adeguata in termini di modulazione dei parametri della masticazione. L'assenza dei meccanoceffori porta ad un fenomeno di “*osteopercezione*”, in cui sono non più i recettori del legamento, ma quelli di periostio, mucosa, capi articolari, cute, muscoli e ciò compensa solo in parte e non adeguatamente il ruolo dei recettori del legamento.^[39]

Studio che fa da trait d'union a quelli sopracitati è quello di Javier Montero et al. del 2021.^[40] Questo studio infatti dimostra, tramite un metodo diretto

di valutazione oggettiva della funzione masticatoria come il mixing ability test, come la performance masticatoria sia correlata ai fattori precedentemente menzionati, tra cui:

1. Età
2. Flusso salivare
3. Presenza di manufatti protesici (sia mobili che fissi)
4. Numero di denti e in particolare numero di FTU

Gli autori mostrano e specificano inoltre che tra i parametri qui elencati, l'ultimo è di certo il più influente nella determinazione della performance masticatoria.

CONDITIONS	Capacity	Compensatory adaptation	Incapacity
Non-compensated tooth loss (PFU)	Depends on PFU number		
Aging	When no interfering problems		
Neuro-motor and cognitive disorders		Depends on oral consequences of the diseases	
Malocclusion before orthodontics	When mild or moderate		When skeletal. Delayed recovery after surgery.
Dental wear	When physiological		
Complete denture		Possible improvement with training	
Partial denture		Depends on number of residual natural PFUs	
Implant supported fixed prosthesis	Delayed maximal recovery		
Implant retained overdenture	Long delay before recovery		

Figura 5^[13]: valutazione della capacità, adattamento compensatorio e incapacità alla masticazione in base alla variazione di diversi parametri.

4. Malattia Parodontale e Disfunzione Masticatoria

Abbiamo visto come il fattore chiave e di maggior rilevanza nell'estrinsecazione della funzione masticatoria sia di certo il numero di denti, e più nello specifico le coppie di denti che occludono con un antagonista e che quindi possono realmente essere funzionali al fine del raggiungimento dello scopo della masticazione, con la triturazione del cibo e la sua trasformazione in bolo alimentare.

Senza alcun dubbio la malattia parodontale è uno dei maggiori fattori di rischio per la perdita degli elementi dentali e per la loro progressiva perdita di supporto e stabilità. Sappiamo infatti come il processo di migrazione apicale progressiva del parodonto marginale tipico della malattia parodontale, conduca, se non adeguatamente trattato e tenuto sotto controllo, alla perdita dell'elemento dentario.

La nuova classificazione della malattia parodontale introduce il concetto di disfunzione masticatoria e della necessità di un trattamento multidisciplinare in particolare per lo stadio IV. In effetti in questo stadio ci troviamo davanti ad un cavo orale che presenta diverse problematiche, tra cui trauma oclusale secondario e quindi mobilità degli elementi, perdita di dimensione verticale e assenza di almeno 5 elementi dentali persi per parodontite, con possibilità di avere addirittura un quantitativo totale di denti inferiore a 20. Questi sono tutti elementi che conducono inevitabilmente ad una condizione di riduzione sia soggettiva che oggettiva

della funzione masticatoria.

Va però precisato che sembra non essere necessario arrivare alla perdita dell'elemento per parlare di disfunzione masticatoria. Esistono infatti studi che dimostrano una riduzione nella performance masticatoria, a parità di superficie masticante, in individui affetti da malattia parodontale piuttosto che in individui sani^[41], ad indicare il fatto che anche senza perdita di elementi dentari un paziente con malattia parodontale mostrerà una funzione masticatoria ridotta rispetto ad un paziente sano^[42] e dunque come non necessariamente si debba giungere allo stadio IV per poter parlare di disfunzione masticatoria.^[43]

Barbe et al.^[43] nel loro studio del 2020 hanno confermato, con particolare riferimento a soggetti parodontali, la proporzionalità diretta tra unità oclusali funzionali ed efficienza ed auto-valutazione della funzione masticatoria, e alle prime due hanno associato anche una correlazione con i parametri di diagnosi parodontale (PPD, CAL, livello di igiene orale, numero di elementi dentari, numero di unità oclusali funzionali).

Hanno infatti dimostrato come anche la mobilità dentaria, causata dalla perdita di attacco, si associ ad una riduzione della funzione masticatoria percepita dal paziente e valutata oggettivamente, nonché ad una riduzione della massima forza del morso^[44]. Ciò è dovuto al fatto che il paziente, percependo la mobilità degli elementi masticanti, cerca di ridurre più o meno consapevolmente la forza del morso per evitare una situazione di discomfort e ciò potrebbe essere associato di conseguenza anche alla riduzione della massa muscolare.^[45]

Inoltre, una riduzione del supporto parodontale porta anche inevitabilmente alla perdita di un certo numero di meccanocettori del legamento, risultando in un raggiungimento precoce del limite di eccitazione da parte dei recettori residui e dunque in una limitazione, tramite meccanismi di feedback centrale, di grandi forze masticatorie che andrebbero ad agire su un'area di parodonto ridotta, e ciò equivale ad una minore efficienza del morso^[46] [47] con associata progressiva riduzione della massa muscolare. A questo proposito, è stato dimostrato come questo stesso processo di riduzione della contrazione muscolare causato da mobilità e perdita di supporto parodontale, conduca ad una riduzione nella sezione trasversale di muscoli quali massetere e pterigoideo interno, ad indicare una conseguente ulteriore riduzione della forza masticatoria, non accompagnata però da una riduzione della radiopacità del muscolo all'esame radiografico. Ciò suggerirebbe che, anche se la massa muscolare diminuisce nel paziente con malattia parodontale, la proporzione tra tessuto muscolare, fibroso e grasso rimane costante e dunque il cambiamento è più di tipo quantitativo che qualitativo.^[45]

La perdita dei meccanocettori del legamento conseguente alla perdita di attacco sembra anche essere correlata con la forza masticatoria in termini di forza utilizzata per mantenere un oggetto tra i denti e per spezzarlo. Il paziente con parodonto ridotto tende ad aumentare, quasi triplicare la forza necessaria per stringere tra i denti un qualsiasi oggetto, ma allo stesso modo a raggiungere un massimale di forza più lentamente e con più esitazione e indecisione per spezzarlo. Questo sta ad indicare come probabilmente la

diminuzione del numero dei meccanocettori porti da una parte ad una minore capacità di feedback verso il sistema nervoso centrale e ad una ridotta funzione sensitiva durante la prima fase statica (lo dimostra anche il fatto che la forza usata da portatori di protesi rimovibile o impianti è ancora superiore a quella usata in caso di denti naturali con parodonto ridotto), ma allo stesso tempo una maggiore sensibilizzazione dei recettori rimanenti alla rilevazione di carichi importanti che potrebbero causare danni o mobilità al dente, in modo da far fronte ad una situazione di minore stabilità dell'elemento.^[48]

A conclusioni simili sono giunti Kato et al. che hanno trovato una correlazione tra severità della parodontite e attività del massetere, indicando come una eccessiva contrazione del muscolo durante l'arco della giornata sia evidente in soggetti affetti da malattia parodontale, ipotizzando che la motivazione possa risiedere nella perdita di recettori del legamento, e che questa condizione possa essere correlabile ad un atto disfunzionale come il bruxismo.^[48]

Oltre a ciò, anche lo studio condotto da Barbe et al. evidenzia come, seppur la disfunzione masticatoria nella nuova classificazione sia menzionata solo nello stadio IV, una riduzione della performance masticatoria sia presente già a partire dallo stadio II in quanto questa è rilevabile oggettivamente e associabile a tutti i parametri parodontali studiati e quindi alla condizione della struttura parodontale.^[43]

Per finire, i risultati del suddetto studio indicano invece come non ci sia correlazione tra sanguinamento al sondaggio, segno di infiammazione

gingivale, e alterazione della performance masticatoria, a dimostrazione del fatto che un'efficace terapia parodontale di supporto (a cui tutti i pazienti dello studio erano sottoposti da lungo tempo) possa prevalere su una condizione di flogosi acuta localizzata.^[43]

In letteratura però troviamo anche risultati differenti a questo proposito, in quanto una condizione di flogosi è stata vista poter comportare un allargamento dello spazio parodontale con conseguente mobilità, la quale influisce negativamente sulla performance masticatoria.^[50]

Altro studio che conferma la forte associazione tra configurazione degli elementi dentali e performance masticatoria è quello di Shao et al. del 2018.^[51]

In questo studio viene indicato come il parametro più significativamente associato alla performance masticatoria sia la presenza di almeno 3 FTU in sede premolare, ovvero almeno 3 coppie di premolari masticanti. Quindi viene evidenziato come la presenza di un numero che viene di conseguenza definito come “sufficiente” di premolari masticanti, sia anche più importante, in termini di performance masticatoria, della presenza del parametro associato ai molari, e cioè come l'assenza di FTU premolari provochi un'alterazione valutata oggettivamente nella funzione masticatoria ancora maggiore di quanto non la provochi l'assenza delle FTU molari.

Ciò risulta meno vero, e quindi anche il numero di FTU molari assume un valore più elevato, nel momento in cui si prendono in considerazione pazienti in cui sono già soddisfatte altre condizioni influenti sulla performance masticatoria quali la presenza di almeno 10 elementi per arcata

e la presenza di almeno 3 FTU premolari. Questo sta ad indicare come il paziente edentulo abbia un grande guadagno in termini di performance masticatoria nel momento in cui viene riabilitato con 20 denti masticanti e in proporzione un guadagno minore se si inseriscono anche le FTU molari, ma al contrario il paziente che possiede già 20 denti masticanti e 3 o 4 FTU premolari avrà un miglioramento notevole nella funzione masticatoria nel momento in cui verrà riabilitato con le FTU molari.^[51]

Lo studio poi, in accordo con i risultati degli studi citati precedentemente, conferma come non abbia senso parlare di numero di denti o numero di denti per arcata in quanto questo dato non discrimina riguardo la funzione masticatoria del paziente, ma è necessario valutare la reciproca disposizione di questi denti.

Una valutazione più generale e sistemica della modificazione del concetto di salute in specifiche situazioni è formulata da Schimmel et al. che ci dicono come la salute, e con essa una corretta funzione masticatoria, possa essere considerata come “uno stato dinamico di benessere derivante dalla combinazione di potenziali individuali e determinanti sociali ed ambientali. La salute risulta nel momento in cui i potenziali individuali e le determinanti sociali ed ambientali riescono a far fronte alle richieste della vita, le quali possono essere di ordine fisiologico, psicologico ed ambientale, ma in ogni caso una risposta insoddisfacente a queste richieste determina malattia.”^[52] Ognuno di noi è quindi dotato di due potenziali, uno geneticamente determinato e uno acquisito. Il primo è sempre presente e dal momento della nascita si riduce in concomitanza del fisiologico

declino a cui sono sottoposte le funzioni del nostro corpo, mentre il secondo aumenta nel corso della vita e consiste nello sviluppo del sistema immunitario, nella crescita fisica e intellettuale, nello sviluppo muscolare, ma allo stesso modo può subire dei periodi di sviluppo negativo come in caso di traumi, di dolore o di riduzione di alcune funzioni come si ha nel caso della perdita degli elementi dentali.

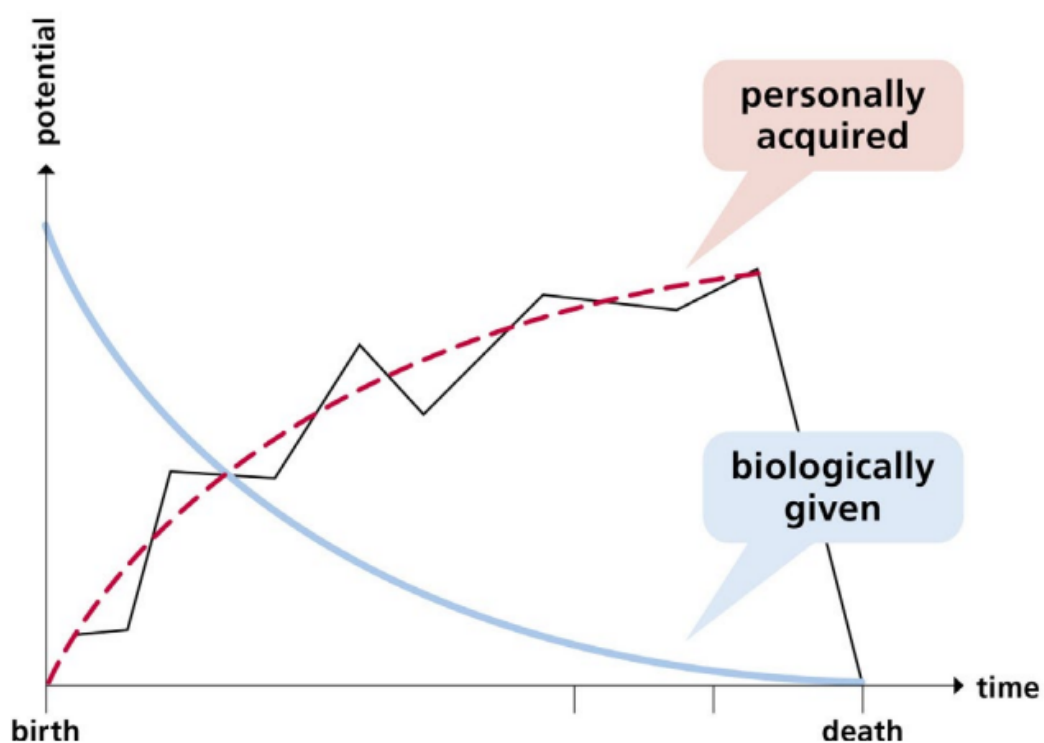


Figura 6^[52]: il grafico mostra la correlazione tra i due potenziali, biologico e acquisito. Il primo decresce dalla nascita alla morte, il secondo presenta un tragitto medio (rosso tratteggiato) dato da una serie di momenti di sviluppo positivo e negativo che si susseguono durante la vita (esempio la perdita di un dente e la sua sostituzione protesica).

Dunque, è comprensibile come durante la vita, per evitare uno stato di

malattia sia necessario compensare la riduzione del potenziale biologico con l'aumento di quello acquisito e in termini di funzione masticatoria la preservazione della dentatura in uno stato più integro possibile è fondamentale in quest'ottica, seppur l'organismo sia in una certa misura in grado di adattarsi e creare un nuovo equilibrio.

Abbiamo quindi compreso come la malattia parodontale sia correlabile con una progressiva riduzione della performance masticatoria e come questo possa essere correlato alla gravità della patologia. Questa condizione di riduzione della performance masticatoria nel paziente parodontale non è fine a sé stessa, ma ha un alto valore medico in quanto è strettamente associata ad una riduzione della qualità della vita del paziente in primis, ma anche ad una serie di problematiche di salute generale che derivano dall'inevitabile variazione nelle abitudini alimentari e nello stile di vita del paziente conseguenti ad una condizione di incapacità fisica nel seguire un sano piano alimentare.

Abbiamo infatti già accennato al fatto che una condizione di disfunzione masticatoria porta inevitabilmente all'impossibilità di masticare e tritare determinati tipi di cibi, i più duri, e come quindi il paziente sia costretto ad alterarne la consistenza quando può, a deglutirli ridotti in particelle di dimensioni troppo grandi, o in alternativa a farne a meno sostituendoli con cibi sempre più soffici che non necessitano di una vera e propria triturazione prima di essere deglutiti.

È importante quindi, a tale proposito, cercare di ottenere una valutazione soggettiva del paziente riguardo alla propria percezione di qualità di vita

correlata alla salute orale (OHRQoL, “Oral-Health-Related Quality of Life”), così da poter comprendere l’impatto reale della condizione orale e in che direzione orientare il trattamento che verrà proposto al singolo paziente.

[53]

Questa valutazione è stata eseguita in diversi studi che hanno dimostrato, tramite l’utilizzo di specifici indici come l’OHIP-14^[54], la correlazione tra malattia parodontale e OHRQoL.

Esiste infatti una correlazione tra stadio della malattia parodontale e OHRQoL, e sembrerebbe che un grading avanzato possa aggravare ancora di più questa relazione e anche in maniera più stringente dello stadio stesso. Ciò sta ad indicare come la progressione del deterioramento parodontale sia associata con la percezione di una ridotta OHRQoL.^{[53] [55]}

A tale proposito, infatti, lo studio di Georgen et al.^[55] ha indicato come nella popolazione studiata uno stadio II della malattia parodontale sia stato correlato con un peggior OHRQoL solo in quei pazienti a cui era associabile un grado C di progressione.

Dallo stesso studio emerge poi una ancor più chiara correlazione tra gli stadi III e IV (specie se associati ad un grado C), che presentano il più alto OHIP-14 score^[53], e l’OHRQoL, in quanto i pazienti riferivano sintomi quali dolore fisico, disabilità fisica, discomfort psicologico e disabilità psicologica.

La perdita di elementi dentali può essere infatti correlata, in maniera proporzionale al numero delle unità masticanti perse, ad altri sintomi di disturbo funzionale della masticazione, quali difficoltà nel chiudere la

bocca, rigidità e affaticamento dei muscoli della regione periorale.^[56]

Come accennato precedentemente, la disfunzione masticatoria è associata non solo a problemi locali a livello del cavo orale, ma anche a problematiche sistemiche, fino all'aumento del tasso di mortalità nella popolazione più anziana.^[48] Ciò deriva dal fatto che una condizione di disfunzione masticatoria è associata, come detto, ad uno stato di malnutrizione derivante da cambiamenti nella consistenza e nel tipo di cibi ingeriti, nonché dalla necessità di deglutire un bolo spesso composto da particelle non di dimensioni adeguate alla digestione o più semplicemente da un'alimentazione quantitativamente ridotta.

Esiste in effetti un'associazione tra la disfunzione masticatoria e un aumento del tasso di mortalità^{[57] [58]}, associazione che viene a ridursi nel momento in cui il paziente si sottopone ad un trattamento riabilitativo. Le alterate abitudini alimentari del paziente con disfunzione masticatoria, infatti, portano ad un aumentato rischio cardiovascolare e cerebrovascolare, nonché ad un aumentato rischio di tumore.^[59] Ciò è dovuto in gran parte all'assunzione di cibi soffici e spesso ricchi di grassi, o cucinati eccessivamente per renderli tali riducendone drasticamente i valori nutrizionali.^{[59] [60]}

A ciò si aggiunge il fatto che la condizione di disfunzione masticatoria correlata a malattia parodontale prevede un elevato livello di citochine pro-infiammatorie in circolo e dunque una condizione di infiammazione subclinica sistemica e che sappiamo essere associata a problematiche quali soprattutto quelle aterosclerotiche e cardiovascolari. ^{[57] [58] [61] [62]}

La malattia parodontale e in particolare la perdita di elementi masticanti che porta alla disfunzione masticatoria sono anche stati associati ad un declino di tipo fisico e cognitivo nella popolazione anziana. Depressione e riduzione della memoria sono stati indicati come due dei sintomi maggiormente associati a questa condizione, insieme alla diminuzione delle capacità motorie. In entrambi i casi i meccanismi possibili sono dovuti alle già citate carenze di nutrienti derivante da una dieta non congrua, e condizione infiammatoria sistemica di origine orale e dentale.^[63] ^[64]

Anche in questa situazione però, una semplice riabilitazione tramite protesi rimovibile è stata associata ad una drastica riduzione di entrambi i tipi di deficit, motori e psichici.^[64]

Queste argomentazioni possono facilmente far comprendere quanto fondamentale possa essere valutare sia soggettivamente che oggettivamente la presenza di una disfunzione masticatoria e la sua eziologia in ogni singolo paziente. A tal fine Barbe et al.^[43] hanno proposto l'utilizzo di sistemi per la valutazione oggettiva (ad esempio tramite l'Hue-Check Gum^[6]) della funzione masticatoria routinariamente all'interno degli studi odontoiatrici, ad esempio in sede di prima visita, come ausilio diagnostico in modo da poter acquisire più informazioni sullo stato di salute e sullo stato funzionale del cavo orale del paziente e sfruttare queste ulteriori informazioni per poter proporre il piano di trattamento più adeguato.

Dello stesso parere sono Deng et al.^[65], che hanno valutato nel loro studio del 2022 come l'utilizzo di un test di valutazione oggettiva della performance masticatoria come il mixing ability test possa essere usato

nella clinica quotidiana in fase di diagnosi parodontale e come questo sia un ausilio fondamentale nella diagnosi e nella differenziazione del paziente affetto da malattia parodontale di stadio IV piuttosto che di stadio III. Lo studio mostra infatti come, dopo aver diagnosticato la malattia parodontale nel paziente, l'utilizzo del mixing ability test ancor prima di aver approfondito la diagnosi e lo stadio della malattia, abbia un'elevatissima specificità nell'individuare i pazienti affetti da malattia parodontale di stadio IV.

Stesse valutazioni sono state eseguite per quanto riguarda i test di auto valutazione della funzione masticatoria, ma ne è emersa una sensibilità ed un'accuratezza decisamente inferiori ai metodi di rilevazione oggettiva.

Inoltre, tra i metodi di valutazione diretti della performance masticatoria, il mixing ability test viene anche individuato come il più fruibile nella pratica clinica quotidiana in quanto non necessita di macchinari o strumenti eccessivamente particolari e/o costosi, è altamente riproducibile ed è anche una valutazione eseguibile in tempi molto brevi (5-8 minuti, a differenza ad esempio del test di comminazione, che necessita di più tempo e di particolari strumenti dedicati).

Tutto ciò, di nuovo, a conferma degli innumerevoli benefici e dei ridotti costi, in termini sia economici che di tempo, dell'uso di test come il mixing ability test nella pratica clinica a fini diagnostici e di management del paziente parodontale.



Figura 7^[13]: illustrazione dell'insieme dei fattori che possono concorrere alla disfunzione masticatoria, che a sua volta può essere una delle cause che condurrà ad alterazione della dieta e conseguenti problematiche sistemiche

5. Cinematica del Movimento Mandibolare

Con il termine di cinematica mandibolare intendiamo lo studio della posizione e del movimento mandibolare.^[66]

Il sistema masticatorio si compone di sei tipi di possibile movimento, (traslazione e rotazione lungo i tre assi ortogonali dello spazio, ovvero sagittale, frontale, orizzontale) che risultano dall'interazione tra sedici diversi muscoli della masticazione, i quali possono combinarsi e coattivarsi secondo svariati pattern, di cui i primari sono forniti dalla combinazione della contrazione di massetere, pterigoideo mediale e temporale.^[67]

È possibile valutare la cinematica dei movimenti mandibolari osservandoli lungo i tre piani sopracitati.

Già dal 1958 Posselt aveva studiato e definito dei diagrammi che individuassero i movimenti limite della mandibola, sia sul piano verticale che su quello orizzontale, prendendo come punto di riferimento il punto di contatto degli incisivi centrali inferiori.

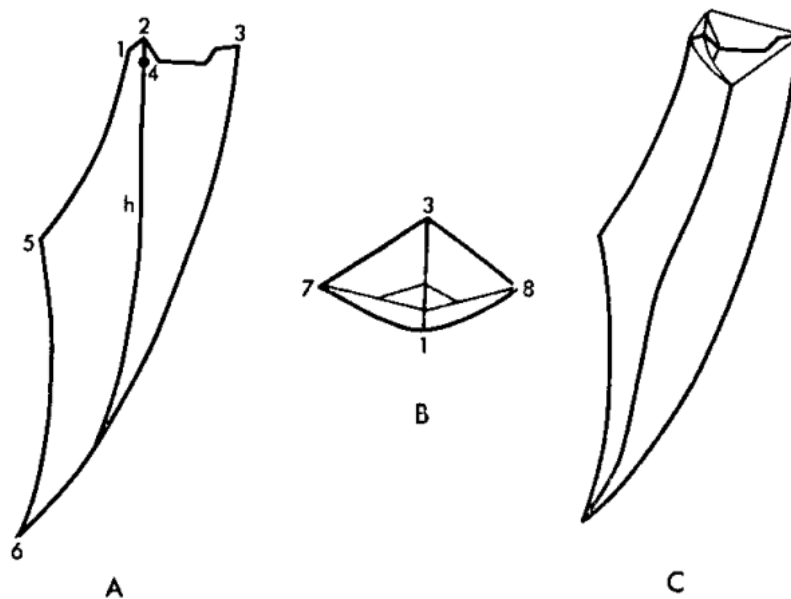


Figura 8^[66]: A) movimenti limite della mandibola sul piano sagittale. B) movimenti limite della mandibola sul piano orizzontale. C) movimento totale nello spazio. 1) contatto in retrusione, 2) intercuspidazione massima, 3) massima protrusione, 4) posizione di riposo, 5) massima apertura in asse cerniera, 6) massima apertura, 7) lateralità sinistra, 8) lateralità destra, h) normale pattern di chiusura.

Naturalmente le diverse morfologie individuali e le caratteristiche neuromuscolari di ogni persona conducono ad una grande variabilità, ma questi schemi rappresentano di certo una rappresentazione media del movimento mandibolare su cui poter eseguire delle osservazioni.

Come evidenziato nella figura sopra, la mandibola può passare da una posizione di intercuspidazione, definita anche occlusione centrica, ad una posizione di massima protrusione attraverso un contatto di “testa a testa” tra gli incisivi delle due arcate (la faccia vestibolare e il margine incisale degli inferiori scorrono sulla faccia palatale e il margine incisale dei superiori).

Oppure al contrario può essere portata ad una posizione retrusa di contatto, definita relazione centrica, tramite una traslazione posteriore e leggermente inferiore.

I punti di massima intercuspidação e contatto retruso, spesso, posso trovarsi alla stessa altezza, o addirittura essere coincidenti.

Da questa posizione la mandibola può essere aperta fino ad arrivare ad una distanza tra i margini incisali delle due arcate di circa 20 mm senza avere una traslazione anteriore del condilo. Nel compiere questo tragitto il punto interincisale compie parte di un movimento rotatorio attorno ad un asse passante per i condili mandibolari, definito asse cerniera.

Per giungere poi al punto di massima apertura ci sarà una traslazione anteriore dei condili e dunque un cambiamento del pattern di movimento del punto interincisale.

Lungo il tragitto di chiusura abituale si colloca poi la posizione di riposo, a circa 2-4 mm di distanza dalla massima intercuspidação.

Invece, per quanto riguarda la valutazione del tracciato eseguito dalla mandibola durante i movimenti sul piano orizzontale, questa può essere analizzata con qualsiasi grado di apertura, tenendo conto però che maggiore è quest'ultima e più limitati saranno i movimenti massimi possibili. Il grafico che ne risulta è chiamato arco gotico.

Tutti i movimenti fisiologici eseguibili lungo il piano sagittale rientrano nello schema in figura 6A, sul piano orizzontale nello schema in figura 6B e dunque tridimensionalmente nel volume raffigurato nell'immagine 6C.

Questi pattern di movimento mandibolare non sono innati, ma ognuno di noi li acquisisce e li modifica durante lo sviluppo.

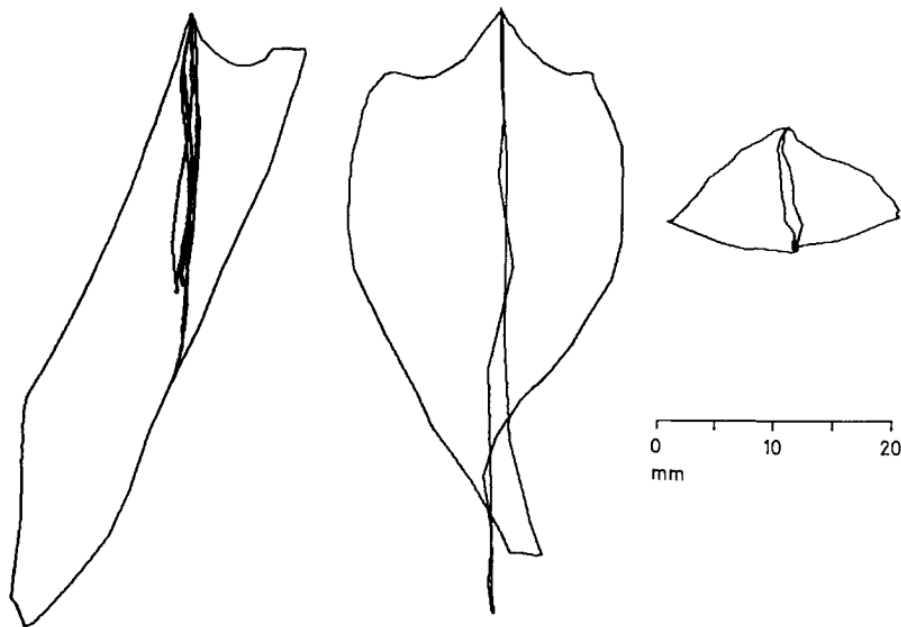


Figura 9^[66]: esempio dei tragitti mandibolari sul piano rispettivamente sagittale, frontale, orizzontale. Nel piano sagittale vediamo tre pattern di apertura-chiusura sovrapposti.

Durante la masticazione si eseguono movimenti compresi all'interno dell'area delimitata dai grafici riportati nelle figure qui sopra e come ogni cosa anche ciò sarà soggetto ad una importante variabilità interindividuale. Esistono individui che presentano un lato preferenziale per la masticazione, mentre altri sono soliti masticare bilateralmente. Allo stesso modo alcune persone presentano una predominanza di movimenti verticali, mentre altri prediligono movimenti più di tipo orizzontale. Inoltre, il pattern masticatorio può anche variare nello stesso soggetto in base alla consistenza del cibo e al tempo necessario alla masticazione dello stesso, nonché, come

già indicato, da fattori quali patologie orali, numero di denti masticanti e presenza nonché tipologia di riabilitazioni protesiche. Caratteristiche come durezza, plasticità, elasticità, dimensione del cibo sono infatti state associate ad un'alterazione nei pattern masticatori come un aumento della forza muscolare, del tempo impiegato per ogni singola sequenza masticatoria, dell'ampiezza verticale e orizzontale del movimento. Queste variazioni, inoltre, si verificano in maniera molto più accentuata durante i primi 5 cicli masticatori.^[39]

Analizzando più nello specifico i movimenti effettuati durante la masticazione, ogni ciclo masticatorio comincia con una fase di apertura nella quale il punto interincisale si allontana dalla massima intercuspide seguendo una traiettoria inizialmente vicina alla linea mediana, ma che gradualmente si allarga verso il lato dove si trova il bolo. Occasionalmente la fase iniziale può invece prevedere un breve movimento opposto al lato del bolo. Solitamente la fase di apertura è la più rapida, tanto da costituire solo il 35% dell'intero ciclo masticatorio in termini di tempo.

Durante ogni ciclo masticatorio la somma dell'attività muscolare coordinata e meccanismi di feedback sensoriale fa sì che il cibo sia posizionato tra le superfici occlusali delle due arcate nel momento subito antecedente la fase di chiusura, e ciò è ripetuto fino al momento in cui si passa alla fase di deglutizione.

La velocità del movimento diminuisce nel momento in cui si è raggiunta un'apertura tale da poter posizionare il bolo tra le superfici masticanti, in

una fase stazionaria che durerà per un totale del 12% del tempo dell'intero ciclo.

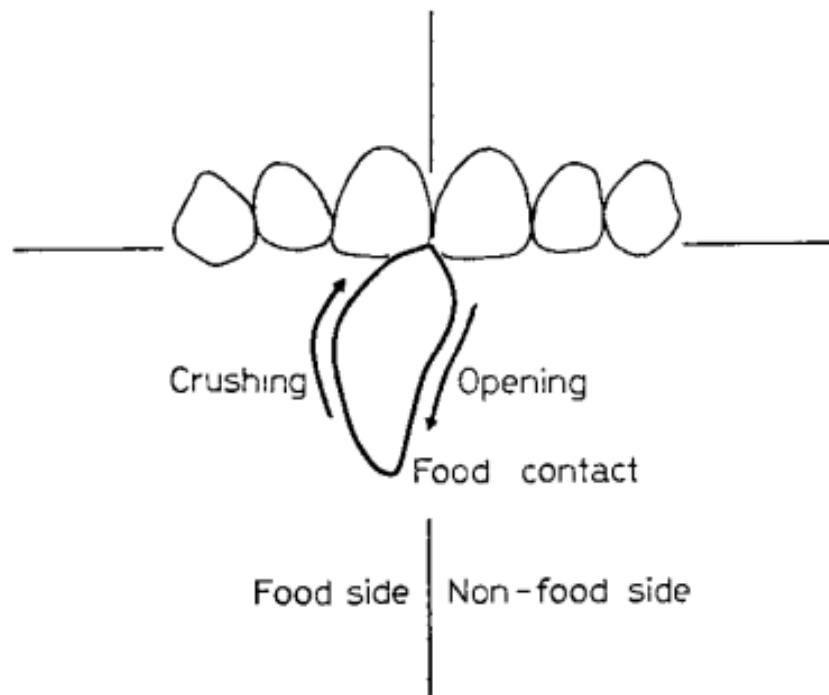


Figura 10^[66]: schematizzazione delle varie fasi di un singolo ciclo masticatorio

Alla fase di apertura segue quella di chiusura, caratterizzata da una prima fase di frantumazione dove vediamo un'ulteriore deviazione della mandibola verso il lato del bolo. In questa fase la velocità e la forza della mandibola saranno proporzionali alla durezza, alla forma e alla dimensione del bolo.

Dopo aver raggiunto la massima escursione laterale, il punto interincisale si dirige di nuovo verso la linea mediana (solo raramente i tragitti di apertura e chiusura si incrociano). Il tragitto di chiusura, osservato sul piano sagittale, si trova spostato posteriormente rispetto al tragitto di apertura, questo

perché il condilo relativo al lato in cui staziona il bolo tende ad essere traziionato posteriormente durante l'inizio della fase di chiusura, mentre in apertura entrambi i condili si trovano addossati all'eminenza articolare. Quindi un'osservazione tridimensionale della fase di chiusura prevede uno spostamento delle cuspidi dei molari in direzione anteriore, mediale e superiore durante la fase di chiusura verso l'intercuspidazione. (Slavicek, 2013)



Figura 11^[39]: raffigurazione del movimento mandibolare sul piano sagittale.

L'ultima parte della fase di chiusura è quella della frantumazione, dove i denti tendono a scorrere in un range di 2-3 mm verso la posizione di massima intercuspidazione.

Le fasi di frammentazione e frantumazione occupano circa il 28% del tempo totale del ciclo, mentre una quota del 25% è sfruttata da una fase di

riposo che si ha al termine del ciclo nella quale i denti risiedono in una posizione di massima intercuspidação.

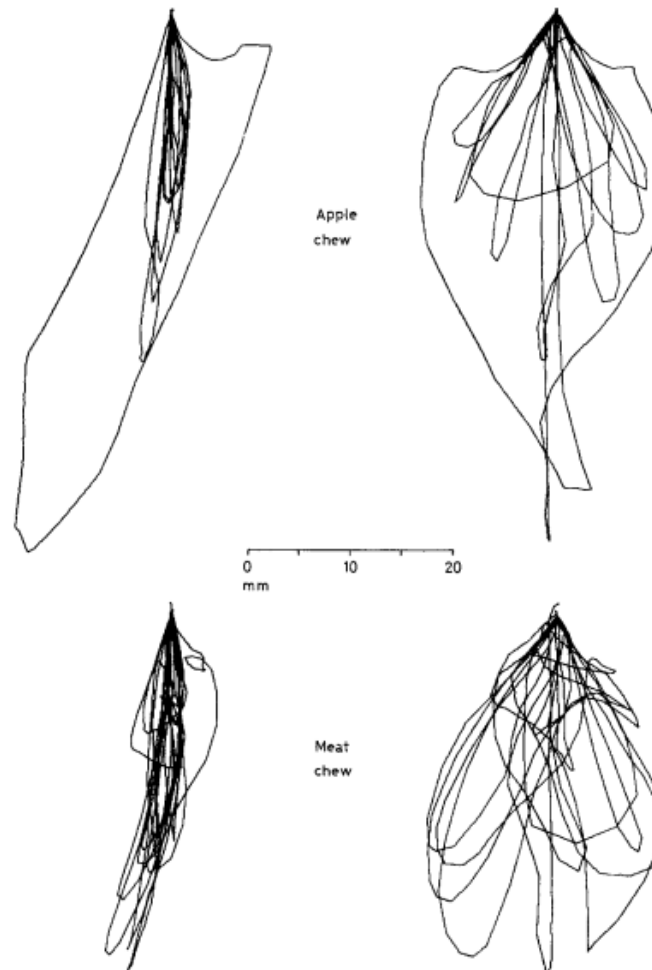


Figura 12^[66]: tracciati del pattern mandibolare relativo a dei cicli masticatori di alimenti differenti, derivanti dall'utilizzo di un dispositivo di rilevamento di precisione. Vista sagittale (sinistra) e frontale (destra). Notare come in base all'alimento cambi il tipo di tracciato in entrambi i piani.

Dunque, lo studio e la comprensione dei pattern masticatori nel paziente e la valutazione di specifici movimenti mandibolari possono essere di grande

ausilio nella pratica clinica odontoiatrica e ciò è dovuto all'importanza di conoscere il comportamento delle ossa mascellari in fase statica e durante la funzione. Una corretta valutazione dei movimenti mandibolari, infatti può essere importante da un punto di vista diagnostico nella composizione di un piano di trattamento riabilitativo personalizzato, così come nella valutazione dei risultati ottenuti tramite la comparazione dei tracciati masticatori del singolo paziente prima, durante e al termine del trattamento riabilitativo stesso.

6. Test Sperimentale

La nuova classificazione della parodontite ha introdotto la necessità di una complessa riabilitazione dovuta alla disfunzione masticatoria in pazienti affetti da parodontite di stadio IV.^[3] Protesi parziali o totali, a supporto dentale o implantare, sono le opzioni più frequentemente considerate per migliorare la funzione masticatoria dei pazienti.

Durante la pratica clinica, gli odontoiatri dovrebbero essere in grado di valutare se la funzione masticatoria dei loro pazienti raggiunge il suo scopo, integrandone la valutazione nel routinario flusso di lavoro.^{[68] [69]} Nel complesso, la funzione masticatoria può essere valutata soggettivamente e oggettivamente, completandosi l'una con l'altra valutazione.

Quando si ha a che fare con la funzione masticatoria, conta anche la semantica. Da un lato, l'autovalutazione della funzione masticatoria si riferisce alla percezione e valutazione dell'individuo della sua funzione masticatoria e si ottiene intervistando persone e facendo compilare questionari sulla funzione orale e le abitudini alimentari. Dall'altro lato, la performance masticatoria (MP) è definita come la capacità individuale di tritare un alimento prova dopo un numero fisso di cicli di masticazione, mentre l'efficienza masticatoria si riferisce al numero di cicli masticatori necessari per ridurre il cibo ad una certa granulometria.^[14]

Sono stati proposti molti metodi per determinare oggettivamente la funzione masticatoria direttamente o indirettamente, dando come esito informazioni sul processo masticatorio. In particolare, i test di comminazione sono stati utilizzati nella maggior parte degli studi sulla funzione masticatoria.^[29] Anche se questi questi metodi forniscono dati

affidabili, la scelta dell'alimento o del materiale prova appropriato, nonché la selezione del paziente e la necessità di attrezzature speciali ostacolano l'uso di questo tipo di test in ambito clinico. Al contrario, i test di capacità di miscelazione sono stati utilizzati con successo per la valutazione della funzione masticatoria di un soggetto negli studi dentistici e negli ospedali.^[7] Inoltre, studi precedenti hanno mostrato che i risultati del color-mixing ability test sono altamente correlati a quelli di sminuzzamento nella valutazione della performance masticatoria e che possono essere utilizzati su pazienti con carenze masticatorie.^{[29] [70]}

Nel frattempo, sono stati compiuti progressi significativi nella valutazione della funzione durante il percorso diagnostico e terapeutico negli ultimi anni.^[71] I nuovi dispositivi medici consentono di eseguire registrazioni funzionali e di integrare i dati della cinematica della mandibola con i dati delle scansioni intra ed extraorali, e anche con i dati della Tomografia Computerizzata a Fascio Conico (CBCT) estesa all'articolazione temporo-mandibolare (ATM).

Con il supporto degli strumenti di rilevamento, del rilevatore di movimento e uno specifico software, set di dati funzionali mandibolari vengono registrati invitando il paziente ad eseguire movimenti di apertura/chiusura, escursione mandibolare (lateralità e protrusione), nonché la simulazione di diversi atti e cicli masticatori con l'ausilio di una gomma da masticare. In questo modo, la funzione masticatoria dell'organo masticatorio del paziente viene registrata e i file vengono inviati al tecnico.

Il software di progettazione assistita da computer (CAD) che controlla i dati provenienti da questi dispositivi permette di ricreare virtualmente il paziente allineando le scansioni digitali delle arcate e le foto 3D facciali con

dati CBCT. Inoltre, la cinematica del movimento mandibolare visualizzabile e misurabile fornisce criteri utili per la progettazione delle soluzioni protesiche.^[72] Pertanto, conoscendo quale pattern segue la mandibola nei suoi movimenti, diventerà possibile progettare l'anatomia protesica e adattare lo schema oclusale a quello scheletrico/articolare e dentale, valutando, rispettando o modificando (a seconda delle diverse esigenze) la cinematica dei movimenti mandibolari individualizzati di base.

6.1 Obiettivi dello Studio

Lo scopo di questo studio è valutare l'impatto di un flusso di lavoro digitale, integrato con la registrazione dei movimenti mandibolari, sulla funzione masticatoria in soggetti affetti da parodontite di stadio IV e riabilitati con protesi fissa. In particolare, l'attenzione è stata posta sulla modifica della geometria della cinematica della mandibola registrata durante le diverse fasi del percorso riabilitativo e sulla tempistica necessaria per l'aggiustamento oclusale. Misurazione oggettiva della funzione masticatoria e autovalutazione della funzione masticatoria sono stati considerati esiti secondari.

6.2 Materiali e Metodi

I partecipanti considerati idonei per questo studio sono adulti, di età pari o superiore a 18 anni, che necessitano di riabilitazione complessa a causa di una disfunzione masticatoria diretta conseguenza di una parodontite di

stadio IV e senza controindicazioni sistemiche o locali alla terapia chirurgica. Lo studio è stato condotto nel pieno rispetto dei principi etici, inclusa la Dichiarazione di Helsinki, e ogni partecipante ha dato il consenso scritto secondo questi principi.

Esame parodontale e definizione del caso

Le misurazioni cliniche parodontali, inclusa la profondità di sondaggio della tasca (PPD), sanguinamento al sondaggio (BoP), livello di attacco clinico (CAL), coinvolgimento delle forcazioni (FI), mobilità dei denti, numero di denti persi attribuiti a parodontite e numero di-FTU sono state valutate da un unico esaminatore calibrato. I diversi stadi della parodontite sono stati diagnosticati secondo la classificazione della malattia parodontale del 2017^[4] utilizzando l'algoritmo proposto da Tonetti e Sanz,^[73] e modificato da Sanz et al. nel 2020. La perdita dei denti a causa di parodontite è stata valutata secondo i criteri precedentemente riportati: ciò che riporta il paziente, integrato con la storia delle condizioni del dente al momento della perdita/estrazione.^[74] Sono stati compiuti sforzi per integrare l'intervista con le cartelle cliniche, quando disponibili. In caso di motivo non chiaro per la perdita/estrazione del dente, la causa è stata attribuita a motivi non parodontali.

Cinematica della mandibola

La funzione masticatoria dei soggetti coinvolti è stata valutata anche indirettamente, analizzando la cinematica mandibolare (Cyclops, Itaka Way Med, Marcon, Italia). Ai partecipanti è stato chiesto di indossare uno strumento di rilevamento e di eseguire sei tipi di movimento mandibolare,

inclusi apertura, chiusura, traslazione della mandibola verso destra, traslazione della mandibola verso sinistra, protrusione e retrusione. Oltre a questo, ai partecipanti è stato anche chiesto di masticare qualcosa, di masticare una carota e di masticare una gomma.

L'area del ciclo masticatorio registrata durante il processo diagnostico iniziale (T0) è stata confrontata con l'area del movimento sui piani frontale, sagittale e orizzontale registrati una settimana dopo la consegna del prototipo (T1) sovrapponendo i cicli masticatori derivati dalla masticazione del chewing-gum.

La valutazione della cinematica della mandibola è stata considerata una misura di valutazione primaria del risultato.

Tempistica per l'aggiustamento oclusale

Il tempo necessario per l'aggiustamento oclusale è stato registrato in secondi utilizzando un cronometro digitale (Casio HS-80TW-1EF, Casio Computer Co. Ltd., Tokyo, Giappone) alla consegna del prototipo e alla consegna della soluzione protesica finale. La valutazione della tempistica per l'aggiustamento oclusale è stata considerata misura di valutazione primaria del risultato.

Performance masticatoria

La MP è stata misurata utilizzando il test di capacità di miscelazione delle gomme da masticare a due colori come descritto da Schimmel et al.,^[6] che prevede la masticazione di gomme da masticare rosa e blu incollate insieme (Hue-check Gum, Muri b. Bern, Svizzera).

L'esperimento è stato eseguito con il paziente seduto in posizione confortevole. Le gomme sono state posizionate sulla lingua del partecipante con il lato blu rivolto verso di essa, e 20 cicli di masticazione sono stati contati da un operatore addestrato. Non è stato fissato alcun limite di tempo per l'esecuzione del test. Ai pazienti è stato chiesto di masticare "il più normalmente possibile" e gli è stato permesso di cambiare lato di masticazione a piacimento. La gomma è stata quindi prelevata dal cavo orale, collocata in un sacchetto di plastica trasparente e appiattito ad uno spessore di 1 mm utilizzando uno strumento customizzato. Entrambi i lati dei boli mescolati sono stati digitalizzati in una risoluzione di 300 dpi utilizzando uno scanner piano (HP 3600, HP Inc., Palo Alto, California, USA). I campioni sono stati valutati mediante analisi optoelettronica. La varianza di tinta (VOH, Variance Of Hue) è stata calcolata dal software ViewGum (Halazonetis 2013). La VOH è considerata una misura della performance masticatoria per via della sua associazione con il numero di cicli masticatori. I valori VOH più alti corrispondono a un colore scarsamente miscelato, mentre i valori VOH più bassi rappresentano boli ben miscelati e quindi un'adeguata funzione masticatoria.

Il test della MP è stato eseguito a T0, T1 e una settimana dopo la consegna della soluzione protesica finale (T2). La valutazione di MP è stata considerata misura di valutazione secondaria del risultato.

Valutazione soggettiva della funzione masticatoria

La qualità auto-percepita della funzione masticatoria (QMF) è stata valutata mediante un questionario originariamente scritto in francese.^[8] Esso è composto da 29 domande relative alle difficoltà nella masticazione di

diversi tipi di alimenti dovute allo stato di salute orale del soggetto. Il questionario ha 5 opzioni di risposta sul modello Likert che vanno da "sempre" a "mai" o da "molto" a "nessuna difficoltà".

Per valutare il QMF, il punteggio della somma di tutti i campi è stato utilizzato per ulteriori analisi. Sebbene il QMF sia stato utilizzato in diversi studi, non è ancora stato validato per l'italiano. Pertanto, per il presente studio il questionario è stato tradotto in italiano.

A tutti i partecipanti è stato chiesto di rispondere alle domande del questionario in una stanza tranquilla al basale (T0), al T1 e al T2. Non è stato fissato alcun limite di tempo. La valutazione del QMF è stata considerata una misura di valutazione secondaria del risultato.

Elaborazione dati

Sulla base dei dati raccolti, tutti i pazienti hanno ricevuto un piano di trattamento terapeutico integrato che includeva eventuali estrazioni di denti valutati come non recuperabili, terapia parodontale non chirurgica, terapia parodontale chirurgica, eventuali restauri dentali, trattamento ortodontico e inserimento di impianti se necessario. La riabilitazione considerata prevedeva protesi fisse parziali o totali, a supporto dentale o implantare. Invece di usare la relazione centrica, la dimensione verticale dell'occlusione è stata aumentata in base alla posizione di riposo mandibolare, registrata durante i movimenti cinematici della mandibola per migliorare le prestazioni masticatorie dei pazienti. Il processo di sovrapposizione dei diversi file raccolti viene eseguito con un software di progettazione assistita da computer (Exocad, exocad GmbH, Darmstadt, Germania).

La posizione spaziale del mascellare superiore è stata scansionata con uno strumento di rilevamento in posizione per sovrapporre questi dati con i set di dati di scansione intraorale, quindi, le immagini del viso 3D sono state sovrapposte con la posizione spaziale mascellare con lo strumento di rilevamento in posizione e infine tutti questi dati già sovrapposti sono stati collegati ai dati CBCT. Una volta che i file rilevati sono stati sovrapposti, i dati della cinematica mandibolare sono stati inseriti.

Prima di iniziare il processo di progettazione, è stato utilizzato uno strumento per orientare il piano oclusale e le curve di compensazione (von Spee e Wilson), come lo sferoide di Borion. Lo strumento di orientamento è stato posizionato secondo i criteri anatomici rilevati con la CBCT. In particolare, il centro dello sferoide di Borion è stato posizionato sull'apofisi crista galli, mentre la porzione periferica della sfera è stata allineata con il bordo periferico dei condili.

Una volta che il progetto della riabilitazione protesica è stato completato, è stato virtualmente verificato se lo schema oclusale progettato non presentava alcuna interferenza con i movimenti cinematici registrati. A questo punto, il file è stato inviato all'unità produttiva (fase CAM). Una volta terminato il prototipo, i contatti dinamici della riabilitazione sono stati controllati per mezzo di una dinamica robotica articolatore. L'articolatore dinamico (Art-Hu-R, Itaka Way Med, Marcon, Italia) consiste in una piattaforma riadattata in grado di simulare i movimenti mandibolari registrati

durante la masticazione di un paziente utilizzando il dispositivo di rilevamento del movimento. L'articolatore dinamico è composto da una base fissa, un supporto superiore utilizzato per sostenere il modello

dell'arcata superiore e una piastra mobile collegata alla base fissa tramite 6 bracci cilindrici. Il supporto superiore fisso simula la mascella. La placca mobile replica il movimento della mandibola (completamente staccata dall'asse cerniera) seguendo le tracce registrate dal dispositivo di rilevamento del movimento, che descrive già i dati relativi ad una posizione fissa della mandibola. Ciascun braccio cilindrico è mosso da un motore per un totale di 6 assi, e ciascuna estremità è collegata alla base fissa o alla piastra mobile tramite giunto cardanico. Le lunghezze dei 6 bracci cilindrici definiscono la posizione della piastra mobile e, essendo paralleli, si riduce al minimo l'eventuale errore del singolo braccio, permettendo di simulare il movimento con estrema precisione.

Il prototipo protesico su denti naturali o impianti in polimetilmetacrilato (PMMA), ottenuto con la procedura CAD-CAM, è stato infine prodotto. Alla fine della fase correttiva, prima dell'applicazione della protesi definitiva, una nuova registrazione dei movimenti mandibolari e masticatori è stata eseguita. La consegna della protesi definitiva è stata effettuata dopo 2 settimane dalla consegna del prototipo.

Analisi statistica

I dati sono stati analizzati utilizzando il software statistico R (R Foundation for Statistical Informatica, Vienna, Austria). La distribuzione normale di variabili continue è stata testata con il test di Kolmogorov-Smirnov. Per dati continui, sono stati utilizzati il test di Mann–Whitney e un T-test di Welch. Il test del Chi quadrato è stato utilizzato per la significatività delle associazioni con variabili di categoria. Il coefficiente di correlazione di Pearson è stato utilizzato per valutare le correlazioni tra le variabili testate. I

dati sono stati espressi come media \pm deviazione standard (sd). Un valore di $p < 0.05$ è stato considerato statisticamente significativo.

6.3 Risultati

Un totale di sette soggetti è stato considerato idoneo ed è stato coinvolto nel presente studio. Sono adulti che necessitano di una complessa riabilitazione a causa della disfunzione masticatoria come diretta conseguenza della parodontite di stadio IV. Questo gruppo comprendeva un uomo e sei donne, di età pari o superiore a 18 anni (65.6 ± 8.3). La storia medica dei pazienti non ha mostrato controindicazioni sistemiche o locali al trattamento chirurgico.

Parodontite di stadio IV e cinematica mandibolare

L'area del ciclo masticatorio a T0 è stata confrontata con l'area del movimento nei piani sagittale, frontale e orizzontale in T1 sovrapponendo i due cicli masticatori rilevati tramite l'utilizzo della gomma da masticare. La tabella 5 illustra i risultati ottenuti attraverso l'analisi delle aree descritte dai cicli masticatori dei soggetti presi in esame.

Plane	T0	T1	p-value
Sagittal	12.4 ± 5.5	17.0 ± 5.6	< 0.05
Frontal	6.1 ± 4.1	10.4 ± 6.9	n.s.
Horizontal	4.5 ± 3.0	5.2 ± 3.2	n.s.

Tabella 5: quantificazione dell'area descritta dai movimenti mandibolari nei 3 piano dello spazio a T0 e T1

Complessivamente, le aree descritte dai cicli masticatori si sono allargate da T0 a T1 nei piani sagittale, frontale e orizzontale. Anche se un ampliamento della gamma dei movimenti mandibolari è stato osservato in tutti i piani dello spazio confrontando T0 con T1, una differenza statisticamente significativa è stata ottenuta solo considerando i piani sagittali, $p < 0.05$.

Tempistica per l'aggiustamento oclusale

Il tempo di aggiustamento oclusale è stato registrato utilizzando un cronometro digitale in entrambe le situazioni di consegna del prototipo e della protesi definitiva. Complessivamente l'aggiustamento oclusale dei prototipi è durato 342.9 ± 222.5 sec, mentre è durato 795.0 ± 240.7 sec alla consegna della protesi definitiva ($p < 0.05$).

Parodontite di stadio IV e performance masticatoria

Tutti i soggetti hanno eseguito il test di capacità di miscelazione, masticando due gomme da masticare colorate per 20 cicli masticatori. È

stato analizzato un totale di 21 casistiche. La tabella 6 mostra i risultati del test MP ottenuti dai soggetti inseriti nel presente studio.

Patient ID	T0	T1	T2	MP T0-T2	p-value
1	0.707	0.668	0.229	67.7%	
2	0.607	0.619	0.545	10.2%	
3	0.207	0.190	0.115	44.6%	
4	0.367	0.204	0.219	40.4%	
5	0.652	0.263	0.202	69.0%	
6	0.503	0.318	0.207	58.8%	
7	0.227	0.094	0.218	4.2%	
Total	0.467 ± 0.203	0.337 ± 0.221	0.248 ± 0.137	+ 42.1 %	< 0.05

Tabella 6: quantificazione della VOH nei 7 pazienti presi in esame, a T0, T1 e T2, con indicazione della variazione percentuale della performance masticatoria tra il valore del basale e quello relativo alla consegna del manufatto definitivo

L'intero campione ha registrato una VOH media di 0.467 ± 0.203 al basale (T0) e una VOH media di 0.337 ± 0.221 a T1. L'applicazione del prototipo protesico permette di ottenere una crescita del 30.1% in termini di incremento della funzione masticatoria. Una settimana dopo la consegna della soluzione protesica finale (T2) i partecipanti hanno fatto registrare una VOH di 0.248 ± 0.137 , migliorando la loro funzione masticatoria del 42.1%, rispetto al basale. Nel complesso, la VOH è aumentata in maniera statisticamente significativa da T0 a T2, $p < 0.05$.

QMF

I risultati del QMF hanno mostrato differenze statisticamente significative tra quelli registrati al basale e quelli registrati a T2, $p < 0.05$. In particolare,

è stato osservato un miglioramento della qualità auto-percepita della funzione masticatoria dopo la consegna della protesi definitiva, con un punteggio totale medio di 11.7 a T0, rispetto a un valore medio di 4.6 registrato a T2. Un miglioramento del QMF non è stato osservato quando si considerano T0 e T1 ($p > 0.05$).

7. Discussione finale

Uno degli aspetti innovativi più importanti introdotti dalla nuova classificazione della malattia parodontale è quello dei soggetti affetti da parodontite di stadio IV, caratterizzata da un insieme specifico di segni e sintomi di disgregazione avanzata del parodonto e deterioramento funzionale che incidono sulla qualità della vita e sulle funzioni masticatorie, nonché sulle scelte di assunzione di cibo.

I soggetti con diagnosi di parodontite di stadio IV hanno riportato un peggioramento della qualità di vita correlata alla salute del cavo orale e una conseguente alterazione delle abitudini alimentari come conseguenza della difficoltà alla masticazione.^{[68] [75]} Anche nella presente relazione, i partecipanti hanno riferito una compromissione della loro funzione masticatoria, probabilmente a causa del deterioramento parodontale. Secondo un recente studio, la misurazione oggettiva della MP mediante il test di capacità di miscelazione ha un'elevata specificità nel riconoscere i pazienti con parodontite di stadio IV con un cut-off suggerito di 0.369 per la VOH.^[65] La valutazione oggettiva iniziale della MP utilizzando la VOH, media = 0.467 ± 0.203 , era coerente con il valore proposto di VOH. Tuttavia, questi dati devono essere convalidati attraverso ulteriori ricerche e, quindi, ciò deve essere interpretato con cautela. Oltre alla valutazione oggettiva della MP, è stata effettuata anche un'analisi soggettiva, integrando i dati sulla funzione masticatoria. Nel complesso, anche se le misure soggettive della capacità masticatoria sono spesso sopravvalutate, i partecipanti riferivano difficoltà di masticazione coerenti con i risultati della VOH.

Una volta risolte le patologie attive e stabilizzati i pazienti parodontali, è iniziata la fase riabilitativa. Complessivamente, è stato registrato a T1 una VOH media di 0.337 ± 0.221 . La consegna del prototipo protesico ha determinato un aumento del 30.1% in termini di funzione masticatoria, tenendo conto della VOH registrata a T0. Inoltre, la crescita percentuale in MP determinata dall'applicazione della soluzione protesica finale è stata del 42.1%, considerando T0, con i partecipanti che hanno registrato una VOH di 0.248 ± 0.137 . Nel complesso, la VOH è aumentata in maniera statisticamente significativa da T0 a T2, $p < 0.05$. I dati ottenuti sono anche coerenti con quelli riportati altrove. Nei soggetti completamente dentati, la VOH giace tra 0.300 e 0.000, prendendo come riferimento il test di capacità di miscelazione.^{[43] [76]} L'applicazione della soluzione protesica definitiva, così come la stabilizzazione della parodontite, ha permesso di risolvere il problema della disfunzione masticatoria misurata oggettivamente. Tuttavia, due su sette pazienti inclusi nello studio hanno mostrato solo un modesto aumento della MP. In un caso, il risultato ottenuto potrebbe essere spiegato dal fatto che il paziente indossava una protesi totale rimovibile nel mascellare superiore. In generale, i miglioramenti in MP sono maggiori nei soggetti trattati con protesi fissa, seguita da chi porta protesi parziali rimovibili e, infine, da chi porta la protesi totale.^[77] Nell'altro caso, il paziente è stato precedentemente riabilitato unendo denti e impianti come supporto per la protesi fissa. Nonostante la stabilità protesica mantenuta, che potrebbe aver determinato la registrazione di una MP adeguata, il trattamento si è ritenuto necessario a causa della diagnosi di parodontite di stadio IV e di perimplantite.

La valutazione oggettiva della funzione masticatoria, durante tutte le fasi del processo riabilitativo, rappresenta un'opportunità per i clinici. In questo modo sarebbero in grado di includere tutti i loro pazienti nelle categorie di rischio, e di formulare adeguatamente un piano terapeutico integrato. I clinici sarebbero anche in grado di valutare l'impatto del loro trattamento sulla funzione masticatoria dei loro pazienti. Tuttavia, è importante tenere presente che la disfunzione masticatoria può essere dovuta anche ad altre condizioni sistemiche e orali, come declino cognitivo, sarcopenia, fragilità, estesa perdita dei denti a causa di carie e gravi malocclusioni.^{[31] [65] [78]}

L'analisi geometrica dei movimenti masticatori ha mostrato un piccolo e mutevole pattern di movimento a T0, mentre un ampliamento dell'area descritta in tutti i piani spaziali è stato osservato in T1. Questo dato è conforme ai precedenti studi che hanno riportato che, in caso di disturbi, i movimenti funzionali della masticazione appaiono significativamente più piccoli e più variabili rispetto a controlli su individui sani.^[79] Si potrebbe quindi ipotizzare che, con il miglioramento in termini sia di QMF che di MP, potrebbe essere ottenuto un aumento dell'area descritta dai movimenti mandibolari, i quali migliorano anche in termini qualitativi. I tracciati registrati in T0, infatti, mostrano dei pattern masticatori altamente irregolari, oltre che più limitati, e confrontandoli con i movimenti mandibolari in T1 si osserva come questi assumano un andamento molto più regolare. Risultati simili sono rilevabili anche in altri studi, dove si è notata una maggiore variabilità del perimetro descritto dai movimenti mandibolari in individui con disfunzione rispetto a controlli sani.^[80] Ciò potrebbe indicare come la riabilitazione stessa sia anche fonte di una rieducazione del paziente al processo masticatorio e di un rinnovamento dei

pattern neuro-muscolari su cui si fonda la cinematica della mandibola, così che il paziente riacquisisca una linearità nei movimenti masticatori che era andata deteriorandosi nel tempo a causa della disfunzione.

È comunque importante sottolineare come non esista un valore utilizzabile come gold standard nella valutazione dei movimenti della mandibola durante l'atto masticatorio, in quanto questo è un processo che dipende strettamente dal centro encefalico della masticazione, il quale naturalmente è specifico per ogni individuo, ed è per questo motivo che non possiamo fare valutazioni trasversali di comparazione tra diversi individui, ma solo utilizzare dati di variazione nella MP e nell'area descritta dai movimenti mandibolari del singolo paziente in momenti diversi del percorso riabilitativo per verificare la presenza o meno di un buon controllo neuromuscolare sull'atto masticatorio.

Per quanto riguarda infine il tempo per l'aggiustamento oclusale è osservabile come l'utilizzo di un processo di lavoro interamente digitale ci permetta oggi di ottenere in primis dei prototipi, e di conseguenza dei manufatti definitivi altamente precisi in termini di occlusione. Ciò è reso possibile dalla sovrapposizione dei dati, posizionali e di cinematica, acquisiti con i diversi device che lo studio adotta con lo scopo di demandare il lavoro di precisione ai software e ridurre drasticamente in tale maniera il tempo necessario alla poltrona per mettere correttamente in occlusione il manufatto.

Ciò è anche in accordo con quanto evidenziato in recenti pubblicazioni come quella di Ren et al.,^[81] in cui si osservano tempi ridotti, ma anche minori quantità di materiale asportato in fase di aggiustamento oclusale in casi protesici interamente eseguiti con un flusso di lavoro digitale piuttosto

che casi in cui il flusso è parzialmente digitale e parzialmente analogico. Alla stessa conclusione, e con uno studio simile, sono giunti Haghi et al.,^[82] che dimostrano come i tempi necessari al clinico alla poltrona al momento della consegna del manufatto siano significativamente ridotti quando si utilizzi un flusso di lavoro che non preveda l'utilizzo di impronte analogiche e di modelli in gesso, ma che sia interamente digitale, dalla presa dell'impronta, passando per la fase CAM, fino alla realizzazione del manufatto stesso.

7.1 Conclusioni

Questo studio evidenzia in primis come coloro che, seguendo i criteri diagnostici della nuova classificazione della malattia parodontale, rientrano nella definizione di stadio IV siano effettivamente affetti da una severa disfunzione masticatoria, come ci viene mostrato dai diversi test eseguiti. Inoltre, risulta altrettanto chiaro come questi pazienti necessitino di un trattamento riabilitativo complesso che permetta loro di riacquisire una corretta funzione masticatoria.

Entro i limiti del presente studio, infatti, la risoluzione delle patologie attive e la stabilizzazione della parodontite, unitamente alla fase riabilitativa protesica, hanno consentito un significativo miglioramento sia delle misurazioni soggettive che di quelle oggettive della funzione masticatoria in pazienti con diagnosi di parodontite di stadio IV. In conclusione, questo studio mostra che la misurazione della funzione masticatoria dovrebbe essere introdotta e implementata nella pratica clinica al fine di migliorare il

processo di valutazione diagnostico e la misurazione degli esiti del processo riabilitativo a cui questi vengono sottoposti.

Inoltre, dallo studio emerge come dall'utilizzo di un flusso di lavoro interamente digitale derivi la produzione di prototipi e manufatti definitivi in grado di ridurre i tempi necessari per l'aggiustamento oclusale.

8. Bibliografia

[1] Caton JG, Armitage G, Berglundh T, Chapple ILC, Jepsen S, Kornman KS, Mealey BL, Papapanou PN, Sanz M, Tonetti MS. A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions - Introduction and key changes from the 1999 classification. *J Clin Periodontol*. 2018 Jun;45 Suppl 20:S1-S8. doi: 10.1111/jcpe.12935. PMID: 29926489.

[2] Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N, Dietrich T, Feres M, Fine DH, Flemmig TF, Garcia R, Giannobile WV, Graziani F, Greenwell H, Herrera D, Kao RT, Kerschull M, Kinane DF, Kirkwood KL, Kocher T, Kornman KS, Kumar PS, Loos BG, Machtei E, Meng H, Mombelli A, Needleman I, Offenbacher S, Seymour GJ, Teles R, Tonetti MS. Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Periodontol*. 2018 Jun;89 Suppl 1:S173-S182. doi: 10.1002/JPER.17-0721. PMID: 29926951.

[3] Tonetti, MS, Greenwell, H, Kornman, KS. Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. *J Periodontol*. 2018; 89(Suppl 1): S159– S172. <https://doi-org.ezproxy.cad.univpm.it/10.1002/JPER.18-0006>

[4] Sanz M, Herrera D, Kebschull M, Chapple I, Jepsen S, Beglundh T, Sculean A, Tonetti MS; EFP Workshop Participants and Methodological Consultants. Treatment of stage I-III periodontitis-The EFP S3 level clinical practice guideline. *J Clin Periodontol*. 2020 Jul;47 Suppl 22(Suppl 22):4-60. doi: 10.1111/jcpe.13290. Erratum in: *J Clin Periodontol*. 2021 Jan;48(1):163. PMID: 32383274; PMCID: PMC7891343.

[5] Sanz, M., Papapanou, P.N., Tonetti, M.S., Greenwell, H. and Kornman, K. (2020), Guest Editorial: Clarifications on the use of the new classification of periodontitis. *J Clin Periodontol*, 47: 658-659. <https://doi-org.ezproxy.cad.univpm.it/10.1111/jcpe.13286>

[6] Schimmel M, Christou P, Herrmann F, Müller F. A two-colour chewing gum test for masticatory efficiency: development of different assessment methods. *J Oral Rehabil*. 2007 Sep;34(9):671-8. doi: 10.1111/j.1365-2842.2007.01773.x. PMID: 17716266.

[7] Gonçalves TMSV, Schimmel M, van der Bilt A, Chen J, van der Glas HW, Kohyama K, Hennequin M, Peyron MA, Woda A, Leles CR, José Pereira L. Consensus on the terminologies and methodologies for masticatory assessment. *J Oral Rehabil*. 2021 Jun;48(6):745-761. doi:

10.1111/joor.13161. Epub 2021 Mar 29. PMID: 33638156; PMCID: PMC8252777.

[8] Muller K, Morais J, Feine J. Nutritional and anthropometric analysis of edentulous patients wearing implant overdentures or conventional dentures. *Braz Dent J.* 2008;19(2):145-50. doi: 10.1590/s0103-64402008000200011. PMID: 18568230.

[9] Awad MA, Feine JS. Measuring patient satisfaction with mandibular prostheses. *Community Dent Oral Epidemiol.* 1998 Dec;26(6):400-5. doi: 10.1111/j.1600-0528.1998.tb01978.x. PMID: 9870539.

[10] Awad MA, Lund JP, Shapiro SH, Locker D, Klemetti E, Chehade A, Savard A, Feine JS. Oral health status and treatment satisfaction with mandibular implant overdentures and conventional dentures: a randomized clinical trial in a senior population. *Int J Prosthodont.* 2003 Jul-Aug;16(4):390-6. PMID: 12956494.

[11] Laudisio A, Marzetti E, Antonica L, Settanni S, Georgakakis I, Bernabei R, Franceschi C, Zuccalà G. Masticatory dysfunction is associated with osteoporosis in older men. *J Clin Periodontol.* 2007 Nov;34(11):964-8. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01142.x. PMID: 17935501.

[12] Fan Y, Shu X, Leung KCM, Lo ECM. Patient-reported outcome measures for masticatory function in adults: a systematic review. *BMC Oral Health*. 2021 Nov 23;21(1):603. doi: 10.1186/s12903-021-01949-7. PMID: 34814903; PMCID: PMC8609720.

[13] Mishellany, A., Woda, A., Labas, R., & Peyron, M.-A. (2006). The Challenge of Mastication: Preparing a Bolus Suitable for Deglutition. *Dysphagia*, 21(2), 87–94. doi:10.1007/s00455-006-9014-y

[14] Bourdiol P, Hennequin M, Peyron M-A and Woda A (2020) Masticatory Adaptation to Occlusal Changes. *Front. Physiol.* 11:263. doi: 10.3389/fphys.2020.00263

[15] Feldman RS, Kapur KK, Alman JE, Chauncey HH. Aging and mastication: changes in performance and in the swallowing threshold with natural dentition. *J Am Geriatr Soc.* 1980 Mar;28(3):97-103. doi: 10.1111/j.1532-5415.1980.tb00240.x. PMID: 7354209.

[16] Woda A, Nicolas E, Mishellany-Dutour A, Hennequin M, Mazille MN, Veyrone JL, Peyron MA. The masticatory normative indicator. *J Dent Res.*

2010 Mar;89(3):281-5. doi: 10.1177/0022034509357022. Epub 2010 Jan 29. PMID: 20118433.

[17] Kazunori Ikebe, Ken-ichi Matsuda, Ryosuke Kagawa, Kaori Enoki, Minoru Yoshida, Yoshinobu Maeda, Takashi Nokubi, Association of masticatory performance with age, gender, number of teeth, occlusal force and salivary flow in Japanese older adults: Is ageing a risk factor for masticatory dysfunction?, *Archives of Oral Biology*, Volume 56, Issue 10, 2011, Pages 991-996, ISSN 0003-9969

[18] Influence of Age on Adaptability of Human Mastication

Marie-Agnès Peyron, Olivier Blanc, James P. Lund, and Alain Woda

Journal of Neurophysiology 2004 92:2, 773-779

[19] Mishellany-Dutour A, Renaud J, Peyron MA, Rimek F, Woda A. Is the goal of mastication reached in young dentates, aged dentates and aged denture wearers? *Br J Nutr.* 2008 Jan;99(1):121-8. doi: 10.1017/S0007114507795284. Epub 2007 Aug 1. PMID: 17666149.

[20] Ishijima, T., Koshino, H., Hirai, T. and Takasaki, H. (2004), The relationship between salivary secretion rate and masticatory efficiency.

Journal of Oral Rehabilitation, 31: 3-6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2004.01033.x>

[21] Dusek, M., Simmons, J., Buschang, P. and Al-Hashimi, I. (1996), Masticatory function in patients with xerostomia. *Gerodontology*, 13: 3-8. <https://doi.org/10.1111/j.1741-2358.1996.tb00144.x>

[22] Koshino H, Hirai T, Ishijima T, Ikeda Y. Tongue motor skills and masticatory performance in adult dentates, elderly dentates, and complete denture wearers. *J Prosthet Dent*. 1997 Feb;77(2):147-52. doi: 10.1016/s0022-3913(97)70228-2. PMID: 9051602.

[23] Hatch, J. ., Shinkai, R. S. ., Sakai, S., Rugh, J. ., & Paunovich, E. . (2001). Determinants of masticatory performance in dentate adults. *Archives of Oral Biology*, 46(7), 641–648. doi:10.1016/s0003-9969(01)00023-1

[24] Kosaka T, Kida M, Kikui M, Hashimoto S, Fujii K, Yamamoto M, Nokubi T, Maeda Y, Hasegawa Y, Kokubo Y, Watanabe M, Higashiyama A, Miyamoto Y, Ono T. Factors Influencing the Changes in Masticatory Performance: The Suita Study. *JDR Clin Trans Res*. 2018 Oct;3(4):405-

412. doi: 10.1177/2380084418785863. Epub 2018 Jun 27. PMID: 30931790.

[25] Fontijn-Tekamp, F. A., Slagter, A. P., Van Der Bilt, A., Van 'T Hof, M. A., Witter, D. J., Kalk, W., & Jansen, J. A. (2000). Biting and Chewing in Overdentures, Full Dentures, and Natural Dentitions. *Journal of Dental Research*, 79(7), 1519–1524. doi:10.1177/00220345000790071501

[26] Naka, O., Anastassiadou, V., & Pissiotis, A. (2012). Association between functional tooth units and chewing ability in older adults: a systematic review. *Gerodontology*, 31(3), 166–177. doi:10.1111/ger.12016

[27] Garcia, R. I., Perlmutter, L. C., & Chauncey, H. H. (1989). Effects of dentition status and personality on masticatory performance and food acceptability. *Dysphagia*, 4(2), 121–126. doi:10.1007/bf02407157

[28] UENO, M., YANAGISAWA, T., SHINADA, K., OHARA, S., & KAWAGUCHI, Y. (2008). Masticatory ability and functional tooth units in Japanese adults. *Journal of Oral Rehabilitation*, 35(5), 337–344. doi:10.1111/j.1365-2842.2008.01847.x

[29] Van Der BILT, A. (2011). Assessment of mastication with implications for oral rehabilitation: a review. *Journal of Oral Rehabilitation*, 38(10), 754–780. doi:10.1111/j.1365-2842.2010.02197.x

[30] Ueno, M., Yanagisawa, T., Shinada, K., Ohara, S., & Kawaguchi, Y. (2009). Category of functional tooth units in relation to the number of teeth and masticatory ability in Japanese adults. *Clinical Oral Investigations*, 14(1), 113–119. doi:10.1007/s00784-009-0270-8

[31] Review Biomechanics of occlusion – implications for oral rehabilitation C. C. PECK Faculty of Dentistry, The University of Sydney, Sydney, NSW, Australia. *Journal of Oral Rehabilitation* 2016 43; 205–214

[32] Zaitu T, Ohnuki M, Ando Y, Kawaguchi Y. Evaluation of occlusal status of Japanese adults based on functional tooth units. *Int Dent J*. 2022 Feb;72(1):100-105. doi: 10.1016/j.identj.2021.02.005. Epub 2021 May 6. PMID: 33965238.

[33] Van der Bilt, A., Olthoff, L. W., Bosman, F., & Oosterhaven, S. P. (1993). The effect of missing postcanine teeth on chewing performance in man. *Archives of Oral Biology*, 38(5), 423–429. doi:10.1016/0003-9969(93)90214-7

[34] Recent advances in oral health. Report of a WHO Expert Committee. World Health Organ Tech Rep Ser. 1992;826:1-37. PMID: 1462607.

[35] Helkimo, E., Carlsson, G. E., & Helkimo, M. (1978). Chewing efficiency and state of dentition. *Acta Odontologica Scandinavica*, 36(1), 33–41. doi:10.3109/00016357809026364

[36] Wayler AH, Chauncey HH. Impact of complete dentures and impaired natural dentition on masticatory performance and food choice in healthy aging men. *J Prosthet Dent*. 1983 Mar;49(3):427-33. doi: 10.1016/0022-3913(83)90289-5. PMID: 6573489.

[37] Goiato, M. C., Garcia, A. R., dos Santos, D. M., & Zuim, P. R. J. (2010). Analysis of Masticatory Cycle Efficiency in Complete Denture Wearers. *Journal of Prosthodontics*, 19(1), 10–13. doi:10.1111/j.1532-849x.2009.00520.x

[38] Grigoriadis, A., Johansson, R. S., & Trulsson, M. (2011). Adaptability of mastication in people with implant-supported bridges. *Journal of Clinical Periodontology*, 38(4), 395–404. doi:10.1111/j.1600-051x.2010.01697.x

[39] Slavicek, G. (2010). *Human mastication*. *International Journal of Stomatology & Occlusion Medicine*, 3(1), 29–41. doi:10.1007/s12548-010-0044-6

[40] Montero J, Leiva LA, Martín-Quintero I, Rosel E, Barrios-Rodriguez R. Determinants of masticatory performance assessed by mixing ability tests. *J Prosthet Dent*. 2021 Feb 14:S0022-3913(20)30430-3. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.08.003. Epub ahead of print. PMID: 33597078.

[41] Kosaka, T., Ono, T., Yoshimuta, Y., Kida, M., Kikui, M., Nokubi, T., ... Miyamoto, Y. (2014). The effect of periodontal status and occlusal support on masticatory performance: the Suita study. *Journal of Clinical Periodontology*, 41(5), 497–503. doi:10.1111/jcpe.12241

[42] Borges, T. de F., Regalo, S. C., Taba, M., Siéssere, S., Mestriner, W., & Semprini, M. (2013). Changes in Masticatory Performance and Quality of Life in Individuals With Chronic Periodontitis. *Journal of Periodontology*, 84(3), 325–331. doi:10.1902/jop.2012.120069

[43] Barbe, A. G., Javadian, S., Rott, T., Scharfenberg, I., Deutscher, H. C. D., Noack, M. J., & Derman, S. H. M. (2020). Objective masticatory efficiency and subjective quality of masticatory function among patients with periodontal disease. *Journal of Clinical Periodontology*, 47(11), 1344–1353. doi:10.1111/jcpe.13364

[44] Palinkas M, Borges TF, Junior MT, Monteiro SAC, Bottacin FS, Mestriner-Junior W, Regalo IH, Siéssere S, Semprini M, Regalo SCH. Alterations in masticatory cycle efficiency and bite force in individuals with periodontitis. *Int J Health Sci (Qassim)*. 2019 Jan-Feb;13(1):25-29. PMID: 30842715; PMCID: PMC6392481.

[45] Gilbert AD, Newton JP. The effect of chronic periodontal disease on human jaw muscles: a pilot study using computed tomography. *J Oral Rehabil*. 1997 Apr;24(4):259-64. doi: 10.1046/j.1365-2842.1997.d01-287.x. PMID: 9147297.

[46] Lamba, A., Tandon, S., Faraz, F., Garg, V., Aggarwal, K., & Gaba, V. (2020). Effect of Periodontal disease on Electromyographic activity of muscles of mastication: a cross sectional study. *Journal of Oral Rehabilitation*. doi:10.1111/joor.12943

[47] Trulsson M, Johansson RS. Encoding of tooth loads by human periodontal afferents and their role in jaw motor control. *Prog Neurobiol.* 1996 Jun;49(3):267-84. doi: 10.1016/s0301-0082(96)00016-0. PMID: 8878305.

[48] Johansson, A. S., Svensson, K. G., & Trulsson, M. (2006). Impaired Masticatory Behavior in Subjects With Reduced Periodontal Tissue Support. *Journal of Periodontology*, 77(9), 1491–1497. doi:10.1902/jop.2006.050355

[49] Kato S, Ekuni D, Kawakami S, Mude AH, Morita M, Minagi S. Relationship between severity of periodontitis and masseter muscle activity during waking and sleeping hours. *Arch Oral Biol.* 2018 Jun;90:13-18. doi: 10.1016/j.archoralbio.2018.02.021. Epub 2018 Mar 1. PMID: 29524787.

[50] Fan, J., & Caton, J. G. (2018). Occlusal trauma and excessive occlusal forces: Narrative review, case definitions, and diagnostic considerations. *Journal of Periodontology*, 89, S214–S222. doi:10.1002/jper.16-0581

[51] Zhengwei Shao, Xiaojing Guo, Qian Zhang, Ewald M. Bronkhorst, Derong Zou, Nico H.J. Creugers, Masticatory efficiency in patients with

partially dentate dentitions, *Journal of Dentistry*, Volume 75, 2018, Pages 41-47, ISSN 0300-5712, <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.05.005>.

[52] Schimmel M, Aarab G, Baad-Hansen L, Lobbezoo F, Svensson P. A conceptual model of oro-facial health with an emphasis on function. *J Oral Rehabil*. 2021 Nov;48(11):1283-1294. doi: 10.1111/joor.13250. Epub 2021 Sep 12. PMID: 34462948.

[53] Nisanci Yilmaz MN, Bulut S, Bakirarar B. Impact of stage-grade of periodontitis and self-reported symptoms on oral health-related quality of life. *Int J Dent Hygiene*. 2021;00:1–10. <https://doi.org/10.1111/idh.12551>

[54] Slade, G. D. (1997). Derivation and validation of a short-form oral health impact profile. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 25(4), 284–290. doi:10.1111/j.1600-0528.1997.tb00941.x

[55] Goergen, J., Albandar, J. M., Oppermann, R. V., Rösing, C. K., Susin, C., & Haas, A. N. (2021). Periodontitis stage and grade are associated with poor oral-health-related quality of life: Findings from the Porto Alegre cohort study. *Journal of Clinical Periodontology*, 1–11. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13527>

[56] Ciancaglini R, Gherlone EF, Radaelli G. Association between loss of occlusal support and symptoms of functional disturbances of the masticatory system. *J Oral Rehabil.* 1999 Mar;26(3):248-53. doi: 10.1046/j.1365-2842.1999.00368.x. PMID: 10194735.

[57] Laudisio A, Gemma A, Fontana DO, Rivera C, Bandinelli S, Ferrucci L, Incalzi RA. Self-Reported Masticatory Dysfunction and Mortality in Community Dwelling Elderly Adults: A 9-Year Follow-Up. *J Am Geriatr Soc.* 2016 Dec;64(12):2503-2510. doi: 10.1111/jgs.14331. Epub 2016 Nov 27. PMID: 27889908; PMCID: PMC6121729.

[58] Holm-Pedersen, P., Schultz-Larsen, K., Christiansen, N., & Avlund, K. (2008). Tooth Loss and Subsequent Disability and Mortality in Old Age. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(3), 429–435. doi:10.1111/j.1532-5415.2007.01602.x

[59] Laudisio, A., Marzetti, E., Pagano, F., Bernabei, R., & ZuccalÀ , G. (2010). Masticatory dysfunction is associated with worse functional ability: a population-based study. *Journal of Clinical Periodontology*, 37(2), 113–119. doi:10.1111/j.1600-051x.2009.01518.x

[60] Ohkubo C, Kobayashi M, Suzuki Y, Sato J, Hosoi T, Kurtz KS. Evaluation of transitional implant stabilized overdentures: a case series report. *J Oral Rehabil.* 2006 Jun;33(6):416-22. doi: 10.1111/j.1365-2842.2005.01580.x. PMID: 16671987.

[61] Loos BG, Craandijk J, Hoek FJ, Wertheim-van Dillen PM, van der Velden U. Elevation of systemic markers related to cardiovascular diseases in the peripheral blood of periodontitis patients. *J Periodontol.* 2000 Oct;71(10):1528-34. doi: 10.1902/jop.2000.71.10.1528. PMID: 11063384.

[62] Slade GD, Ghezzi EM, Heiss G, Beck JD, Riche E, Offenbacher S. Relationship between periodontal disease and C-reactive protein among adults in the Atherosclerosis Risk in Communities study. *Arch Intern Med.* 2003 May 26;163(10):1172-9. doi: 10.1001/archinte.163.10.1172. PMID: 12767953.

[63] Tsakos G, Watt RG, Rouxel PL, de Oliveira C, Demakakos P. Tooth loss associated with physical and cognitive decline in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2015 Jan;63(1):91-9. doi: 10.1111/jgs.13190. Epub 2014 Dec 19. PMID: 25523131.

[64] Laudisio A, Milaneschi Y, Bandinelli S, Gemma A, Ferrucci L, Incalzi RA. Chewing problems are associated with depression in the elderly: results from the InCHIANTI study. *Int J Geriatr Psychiatry*. 2014 Mar;29(3):236-44. doi: 10.1002/gps.3995. Epub 2013 Jul 15. PMID: 23852611; PMCID: PMC6329002.

[65] Deng K, Uy SNMR, Fok C, Fok MR, Pelekos G, Tonetti MS. Assessment of masticatory function in the differential diagnosis of Stage IV periodontitis: A pilot diagnostic accuracy study. *J Periodontol*. 2022 Mar 3. doi: 10.1002/JPER.21-0660. Epub ahead of print. PMID: 35239983.

[66] Brown T. Mandibular movements. *Monogr Oral Sci*. 1975;4:126-50. doi: 10.1159/000397870. PMID: 1097896.

[67] Peck CC. Biomechanics of occlusion--implications for oral rehabilitation. *J Oral Rehabil*. 2016 Mar;43(3):205-14. doi: 10.1111/joor.12345. Epub 2015 Sep 15. PMID: 26371622.

[68] Aquilanti L, Santarelli A, Mascitti M, Procaccini M, Rappelli G. Dental Care Access and the Elderly: What Is the Role of Teledentistry? A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Dec

4;17(23):9053. doi: 10.3390/ijerph17239053. PMID: 33291719; PMCID: PMC7729836.

[69] Uy SNMR, Deng K, Fok CTC, Fok MR, Pelekos G, Tonetti MS. Food intake, masticatory function, tooth mobility, loss of posterior support, and diminished quality of life are associated with more advanced periodontitis stage diagnosis. *J Clin Periodontol*. 2022 Mar;49(3):240-250. doi: 10.1111/jcpe.13588. Epub 2022 Jan 20. PMID: 34935175.

[70] Speksnijder CM, Abbink JH, van der Glas HW, Janssen NG, van der Bilt A. Mixing ability test compared with a comminution test in persons with normal and compromised masticatory performance. *Eur J Oral Sci*. 2009 Oct;117(5):580-6. doi: 10.1111/j.1600-0722.2009.00675.x. PMID: 19758256.

[71] Christmas C, Rogus-Pulia N. Swallowing Disorders in the Older Population. *J Am Geriatr Soc*. 2019 Dec;67(12):2643-2649. doi: 10.1111/jgs.16137. Epub 2019 Aug 20. PMID: 31430395; PMCID: PMC7102894.

[72] Piedra-Cascón W, Fountain J, Att W, Revilla-León M. 2D and 3D patient's representation of simulated restorative esthetic outcomes using

different computer-aided design software programs. *J Esthet Restor Dent.* 2021 Jan;33(1):143-151. doi: 10.1111/jerd.12703. Epub 2021 Jan 5. PMID: 33399263.

[73] Tonetti MS, Sanz M. Implementation of the new classification of periodontal diseases: Decision-making algorithms for clinical practice and education. *J Clin Periodontol.* 2019 Apr;46(4):398-405. doi: 10.1111/jcpe.13104. PMID: 30883878.

[74] Ravidà A, Travan S, Saleh MHA, Greenwell H, Papapanou PN, Sanz M, Tonetti M, Wang HL, Kornman K. Agreement among international periodontal experts using the 2017 World Workshop classification of periodontitis. *J Periodontol.* 2021 Dec;92(12):1675-1686. doi: 10.1002/JPER.20-0825. Epub 2021 Nov 12. PMID: 34545953.

[75] Boretti G, Bickel M, Geering AH. A review of masticatory ability and efficiency. *J Prosthet Dent.* 1995 Oct;74(4):400-3. doi: 10.1016/s0022-3913(05)80381-6. PMID: 8531159.

[76] Buser R, Ziltener V, Samietz S, Fontolliet M, Nef T, Schimmel M. Validation of a purpose-built chewing gum and smartphone application to

evaluate chewing efficiency. *J Oral Rehabil.* 2018 Nov;45(11):845-853. doi: 10.1111/joor.12696. Epub 2018 Aug 3. PMID: 30024031.

[77] Palomares T, Montero J, Rosel EM, Del-Castillo R, Rosales JI. Oral health-related quality of life and masticatory function after conventional prosthetic treatment: A cohort follow-up study. *J Prosthet Dent.* 2018 May;119(5):755-763. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.07.023. Epub 2017 Sep 28. PMID: 28965675.

[78] Alvarenga MOP, Ferreira RO, Magno MB, Fagundes NCF, Maia LC, Lima RR. Masticatory Dysfunction by Extensive Tooth Loss as a Risk Factor for Cognitive Deficit: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol.* 2019 Jul 3;10:832. doi: 10.3389/fphys.2019.00832. PMID: 31333490; PMCID: PMC6618904.

[79] Radke JC, Kull RS, Sethi MS. Chewing movements altered in the presence of temporomandibular joint internal derangements. *Cranio.* 2014 Jul;32(3):187-92. doi: 10.1179/0886963413Z.00000000028. Epub 2014 Mar 18. PMID: 25000160.

[80] Radke JC, Kamyszek GJ, Kull RS, Velasco GR. TMJ symptoms reduce chewing amplitude and velocity, and increase variability. *Cranio.*

2019 Jan;37(1):12-19. doi: 10.1080/08869634.2017.1365421. Epub 2017 Sep 4. PMID: 28868987.

[81] Ren S, Jiang X, Lin Y, Di P. Crown Accuracy and Time Efficiency of Cement-Retained Implant-Supported Restorations in a Complete Digital Workflow: A Randomized Control Trial. *J Prosthodont*. 2022 Jun;31(5):405-411. doi: 10.1111/jopr.13447. Epub 2021 Dec 8. PMID: 34748653.

[82] Haghi HR, Ghanbarzadeh J, Kiamanesh E. A randomized clinical trial comparing the clinical fit and chairside adjustment time for implant-supported crowns fabricated by fully digital and partially digital techniques. *J Prosthet Dent*. 2022 May 4:S0022-3913(22)00194-9. doi: 10.1016/j.prosdent.2022.02.024. Epub ahead of print. PMID: 35525625.

