

Indice

1. Anatomia apparato masticatorio
 - 1.1 Muscoli
 - 1.1.1 Muscolo pterigoideo laterale
 - 1.1.2 Muscolo pterigoideo mediale
 - 1.1.3 Massetere
 - 1.1.4 Temporale
 - 1.2 Articolazione temporomandibolare
2. Cinematica del movimento mandibolare
3. Funzione masticatoria
 - 3.1 Funzione masticatoria e salute
 - 3.2 Funzione masticatoria e deterioramento cognitivo
4. Valutazione della performance masticatoria
 - 4.1 Valutazione oggettiva della performance masticatoria:
metodi diretti
 - 4.1.1 Comminution test
 - 4.1.1.1 Performance masticatoria con setacci multipli o scansione ottica
 - 4.1.1.2 Performance masticatoria con setaccio singolo
 - 4.1.1.3 Efficienza masticatoria con setacci multipli
 - 4.1.1.4 Comminution test: vantaggi
 - 4.1.1.5 Comminution test: limiti
 - 4.1.1.6 Comminution test: rilevanza clinica
 - 4.1.2 Mixing ability test

4.1.3 Altri test masticatori

4.1.3.1 Performance masticatoria con gelatina gommosa

4.1.3.2 Performance masticatoria con granuli incapsulati

4.1.3.3 Altri test masticatori: vantaggi

4.1.3.4 Altri test masticatori: limiti

4.1.3.5 Altri test masticatori: rilevanza clinica

4.1.4 La soglia di deglutizione

4.1.4.1 Soglia di deglutizione: vantaggi

4.1.4.2 Soglia di deglutizione: limiti

4.1.4.3 Soglia di deglutizione: rilevanza clinica

4.2 Valutazione oggettiva della performance masticatoria: metodi indiretti

4.2.1 Metodi indiretti: vantaggi

4.2.2 Metodi indiretti: limiti

4.2.3 Metodi indiretti: rilevanza clinica

4.3 Valutazione soggettiva della performance masticatoria: auto valutazione della funzione masticatoria

4.3.1 Funzione masticatoria auto-valutata: vantaggi

4.3.2 Funzione masticatoria auto-valutata: limiti

4.3.3 Funzione masticatoria auto-valutata: rilevanza clinica

5. Mixing ability test
 - 5.1 Performance masticatoria con gomma da masticare o cera bicolore
 - 5.2 Performance masticatoria con gomme da masticare che cambiano colore
 - 5.3 Test di capacità di miscelazione: vantaggi
 - 5.4 Test di capacità di miscelazione: limiti
 - 5.5 Test di capacità di miscelazione: rilevanza clinica
 - 5.6 Comparazione dei software di analisi del campione
 - 5.7 Comparazione dei materiali utilizzati come testers
6. Test sperimentale
 - 6.1 Obiettivo dello studio
 - 6.2 Materiali e metodi
 - 6.3 Risultati
 - 6.4 Discussione
 - 6.5 Conclusione
7. Bibliografia

1. Anatomia apparato masticatorio

Il sistema masticatorio è composto da articolazioni, muscoli, denti e legamenti che sono integrati nell'atto della masticazione. Ovviamente anche tutte le altre funzioni e parafunzioni sono eseguite dai componenti di questo sistema (per esempio, parlare, sbadigliare, cantare, bruxismo, stringere e così via).

Quando si verificano disturbi riguardanti qualsiasi componente del sistema, i sintomi possono riflettersi sulle strutture adiacenti e associate (ad esempio, disturbi dell'articolazione temporo-mandibolare e dei muscoli) con dolore (ad es. articolari e muscolari). La disfunzione di uno o più dei muscoli masticatori può portare a dolore e a una alterazione nella funzionalità di muscoli che di solito non sono considerati muscoli masticatori (ad esempio, i muscoli del collo), e tali condizioni sono talvolta definite come disturbi craniomandibolari. Da considerare nella diagnosi del dolore orofacciale ci sono anche le possibili associazioni tra i sintomi di odontalgia, cefalea, disturbi articolari e muscolari¹.

1.1 Muscoli masticatori

Le funzioni orali come la masticazione, il parlare, lo sbadigliare e il deglutire, coinvolgono la contrazione e il rilassamento riflesso dei muscoli della masticazione la cui attività è iniziata volontariamente. I modelli di contrazione muscolare sono complessi e anche nelle stesse aree possono avere funzioni diverse. I complessi movimenti dell'ATM suggeriscono che i muscoli masticatori presentano un'azione regionale differenziale e differenze regionali nei loro profili istochimici. Quindi,

considerare un "muscolo" come un'entità contraente è una semplificazione eccessiva.

In realtà, ogni muscolo è un insieme di unità motorie con proprietà diverse, situate in diverse parti di un singolo muscolo e che presentano attività diverse.

I muscoli masticatori uniscono le ossa del cranio alla mandibola e servono per i movimenti dell'articolazione temporomandibolare durante la masticazione. Appartengono a questo gruppo quattro muscoli: *massetere*, *temporale*, *pteriigoideo laterale (o esterno)* e *pteriigoideo mediale (o interno)*. I muscoli masticatori derivando tutti dal primo arco brachiale sono tutti innervati dal nervo trigemino (V), attraverso la terza branca rappresentata dal nervo mandibolare².

1.1.1 Muscolo pteriigoideo laterale

Il muscolo pteriigoideo laterale è localizzato nella fossa infratemporale, ha due origini: un capo sulla superficie esterna del processo pteriigoideo laterale, e l'altro capo superiore ha origine sull'ala maggiore dello sfenoide. L'inserzione è sulla superficie anteriore del collo del condilo. Inoltre, è evidente un'inserzione di alcune fibre alla capsula dell'articolazione e alla porzione anteriore del disco articolare².

Agendo bilateralmente, il muscolo pteriigoideo laterale protrude la mandibola. Agendo in un solo lato muove la mandibola verso il lato opposto, contraendo alternativamente i due muscoli, la mandibola compie movimenti di lateralità necessari per la triturazione dei cibi. Può anche essere attivo durante altri movimenti per la stabilizzazione dell'articolazione. Il capo

superiore è attivo durante i movimenti di chiusura della mandibola come la masticazione e il serraggio dei denti e durante la deglutizione. Inoltre, posiziona e stabilizza la testa condilare e il disco contro l'eminanza articolare durante la chiusura. Il capo inferiore è attivo durante i movimenti di apertura e di protrusione assistendo nella traslazione del condilo verso il basso e anteriormente³.

1.1.2 Muscolo pterigoideo mediale

Il muscolo pterigoideo mediale è un muscolo appiattito e quadrilatero che si trova medialmente al ramo della mandibola nella fossa infratemporale. Nasce dalla superficie mediale della placca pterigoidea laterale e dall'osso palatino. Si inserisce sulla superficie mediale dell'angolo della mandibola e sul ramo fino al forame mandibolare. Le funzioni principali del muscolo pterigoideo mediale sono l'elevazione della mandibola contribuendo a chiudere la bocca e a causa della direzione delle sue fibre muscolari è attivo anche durante la protrusione.

1.1.3 Massetere

Il muscolo massetere è un muscolo robusto, appiattito e rettangolare che aderisce alla faccia laterale del ramo della mandibola. In esso si distinguono una parte superficiale e una parte profonda entrambe inserite sull'arco zigomatico la prima si dirige in basso e indietro, la seconda si porta in basso avanti. Le due parti si fondono per inserirsi poi sulla mandibola. L'inserzione di questo muscolo è ampia, va dalla regione del

secondo molare sulla superficie laterale della mandibola alla superficie laterale posteriore del ramo.

La parte superficiale del muscolo massetere è separata nettamente dallo strato più profondo del muscolo solo nella parte superiore posteriore del muscolo. È coperto in parte e in misura variabile dal tessuto della ghiandola parotidea.

Il muscolo massetere eleva la mandibola, la parte superficiale del muscolo tira la mandibola in avanti, protraendola, mentre la parte profonda la tira posteriormente, retraendola. Il muscolo massetere è uno dei muscoli più forti del corpo e genera la maggior parte della forza per mordere e masticare.

1.1.4 Muscolo temporale

Il muscolo temporale è un muscolo robusto, grande e a forma di ventaglio che ha origine nella fossa temporale. Tutte le fibre convergono in un robusto tendine che decorre internamente all'arco zigomatico, per inserirsi poi sull'apice del processo coronoideo della mandibola.

Nella sua parte anteriore le fibre sono quasi verticali mentre nella parte posteriore decorrono quasi orizzontalmente. La parte posteriore è attiva nella retrusione della mandibola, e la parte anteriore è attiva nel serraggio. La parte anteriore innalza la mandibola e può agire come sinergista con il massetere nel serraggio, mentre la parte posteriore retrae la mandibola ed agisce come antagonista del massetere nel ritrarre la mascella. Il suo tono costante inoltre impedisce l'abbassamento della mandibola per effetto della forza di gravità².

1.2 Articolazione temporomandibolare

L'articolazione temporomandibolare (ATM) è un esempio di articolazione “Ginglino Angolare”, è una condiloartrosi doppia che si stabilisce tra la mandibola e le due ossa temporali e i suoi movimenti sono una combinazione di movimenti di scivolamento e un movimento a cerniera.

La superficie articolare della mandibola è costituita dalla testa della mandibola, mentre quella dell'osso temporale corrisponde alla fossa mandibolare e, anteriormente a questa, al tubercolo articolare. La superficie articolare dell'osso temporale non è armonica con quella della mandibola perché concava in corrispondenza della fossa mandibolare e convessa in prossimità del tubercolo articolare. L'armonia tra le superfici articolari è determinata dall'interposizione di un disco articolare fibrocartilagineo a forma di lente biconcava. È costituito da tessuto connettivo collagenico denso che, nella zona centrale, è relativamente avascolare, ialinizzato e privo di nervi.

Il disco interarticolare consiste in tessuto fibroso modellato per adattarsi alla forma del condilo e alla concavità della fossa mandibolare. Il disco divide le superfici articolari in compartimenti superiori e inferiori che forniscono una funzione di scorrimento regolare. Quando la mandibola si apre e si sposta in avanti, la zona intermedia del disco si interpone tra il pendio anteriore dell'eminanza articolare e il condilo, e la regione bilaminare del disco riempie la fossa mandibolare. Il capo superiore del muscolo pterigoideo laterale, che non sembra essere attivo durante il movimento di apertura mandibolare, stabilizza il rapporto del disco all'eminanza. Il continuo spostamento anteriore del disco con la banda posteriore in posizione anteriore con la mascella chiusa può impedire alla mascella di aprirsi normalmente (cioè, bloccarsi).

La fossa mandibolare è una depressione ovale o oblunga nell'osso temporale appena davanti al canale uditivo. È delimitata anteriormente dall'eminanza articolare, esternamente dalla radice media dello zigomo e dal processo uditivo, e posteriormente dalla placca timpanica della porzione petrosa di questo osso.

La forma della fossa mandibolare è conforme in una certa misura, anche se non esattamente, alle superfici posteriore e superiore del processo condiloideo della mandibola. Il processo condiloideo della mandibola è convesso su tutte le superfici portanti, anche se un po' appiattito posteriormente, e la sua forma a pomello ha una dimensione maggiore in senso lateromedialmente piuttosto che anteroposteriormente. Anche se lo sviluppo del condilo differisce negli individui, il disegno funzionale rimane lo stesso. Gli assi lunghi dei condili sono in un piano laterale, e a prima vista, sembrano essere fuori allineamento, perché gli assi lunghi, se le linee fossero prolungate, si incontrerebbero in un punto anteriore al forame magno con un angolo di circa 135 gradi. Il condilo è perpendicolare al ramo ascendente della mandibola.

L'ATM è racchiusa in una capsula che si inserisce in alto anteriormente sul contorno anteriore del tubercolo articolare e posteriormente sul contorno posteriore della fossa mandibolare ed inferiormente sul collo della mandibola. Lateralmente e medialmente, la capsula articolare si ispessisce formando legamenti di rinforzo, in particolare lateralmente, dove costituisce il legamento laterale (detto anche legamento temporomandibolare) e medialmente che prende il nome di legamento mediale.

La capsula è costituita da uno strato sinoviale interno e da uno strato fibroso esterno contenente vasi, nervi e fibre di collagene. L'innervazione della capsula proviene dal nervo trigemino e sono stati descritti diversi tipi di recettori, comprese le terminazioni

nervose libere⁴. L'apporto vascolare proviene dalle arterie mascellari, temporali e massetere.

Contribuiscono a collegare la mandibola alla base del cranio due legamenti accessori: i legamenti stilomandibolari e sfenomandibolari, che sono considerati parte dell'apparato masticatorio. Questi legamenti non hanno una relazione diretta con l'articolazione mandibolare, anche se possano stabilizzare il sistema articolare durante i movimenti.

Il legamento sfenomandibolare nasce dalla spina angolare dell'osso sfenoide e dalle fessure petro-timpaniche e termina alla lingula della mandibola. In alcuni casi, è evidente una continuazione delle fibre del legamento attraverso la fessura petro-timpanica attraverso il canale di Huguier fino all'orecchio medio, dove si attaccano al martello. I legamenti oto-mandibolari collegano l'orecchio medio e l'ATM. Poi abbiamo il legamento stilomandibolare che va dal processo stiloideo dell'osso temporale al margine posteriore del ramo e l'angolo della mandibola^{2,5}.

2. Cinematica del Movimento Mandibolare

Con il termine di cinematica mandibolare ci riferiamo allo studio della posizione e del movimento mandibolare.⁶

Il sistema masticatorio si compone di sei tipi di possibile movimento, (traslazione e rotazione lungo i tre assi ortogonali dello spazio, ovvero sagittale, frontale e orizzontale) che risultano dall'interazione tra sedici diversi muscoli, 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.⁷

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.

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 1, la mandibola può passare da una posizione di intercuspidação, 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,

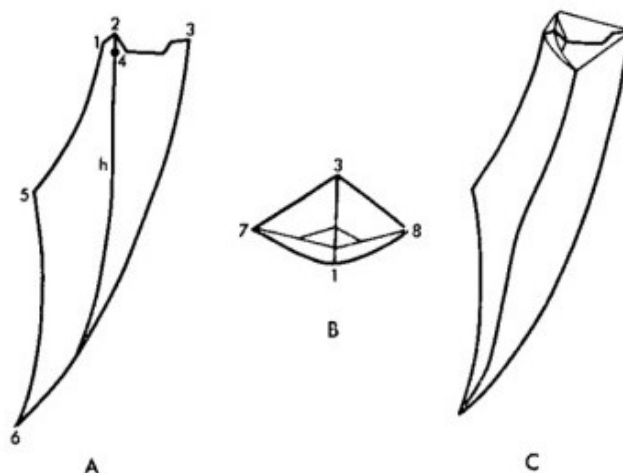


Figura 1⁶: A) movimenti limite della mandibola sul piano sagittale. B) movimenti limite della mandibola sul piano orizzontale. C) movimento totale nello spazio. 1) contatto in retrusione, 2) intercuspidação massima, 3) massima protrusione, 4) posizione di riposo, 5) massima apertura in asse cerniera, 6) massima apertura, 7) lateralità sinistra, 8) lateralità destra, h) normale pattern di chiusura.

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 e inferiore 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 2A, sul piano orizzontale nello schema in figura 2B e dunque tridimensionalmente nel volume raffigurato nella figura 2C. Questi pattern di movimento mandibolare non sono innati, ma ognuno di noi li acquisisce e li modifica durante lo sviluppo.

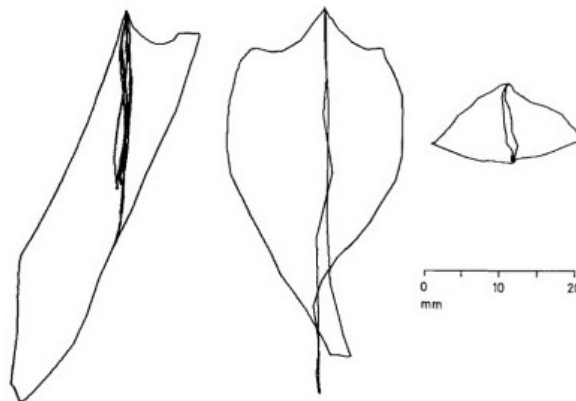


Figura 2⁶: esempio dei tragitti mandibolari sul piano rispettivamente sagittale, frontale, orizzontale. Nel piano sagittale vediamo tre pattern di apertura-chiusura sovrapposti.

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.⁸

Analizzando più nello specifico i movimenti effettuati durante la masticazione (Figura 3), ogni ciclo masticatorio comincia con una fase di apertura nella quale il punto interincisale si allontana dalla massima intercuspidação 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.

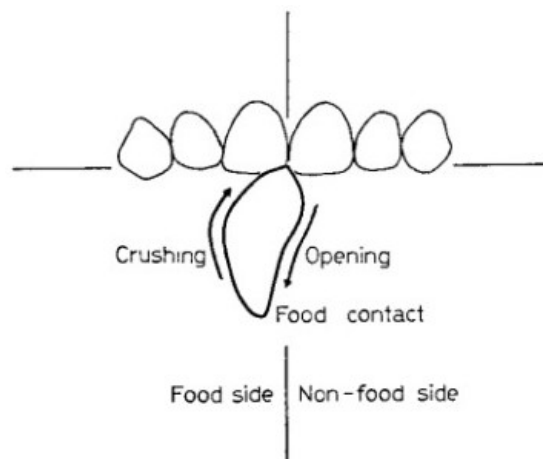


Figura 3⁶: schematizzazione delle varie fasi di un singolo ciclo masticatorio

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 oclusali 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.

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 traziato posteriormente durante l'inizio della fase di chiusura, mentre in apertura entrambi i condili si trovano addossati all'eminanza 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'intercuspidazione⁸.

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 intercuspide.

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.

3. Funzione masticatoria

Prima di iniziare a parlare di funzione e disfunzione masticatoria conviene fare un po' di chiarezza sulla terminologia e sul loro significato. Quando si parla di "*funzione masticatoria*", secondo il Glossario dei termini protesici, ci si riferisce al complesso processo biomeccanico che mira a preparare correttamente il cibo per la deglutizione e la digestione. Con il termine di "*performance masticatoria*", invece, si indica il livello di comminazione del bolo raggiunto dopo un determinato numero di cicli masticatori; da non confondere con il termine di "*efficienza masticatoria*", 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.⁹

La masticazione è una funzione essenziale e complessa che coinvolge il sistema oro-facciale e il sistema nervoso centrale. La superficie occlusale dei denti svolge un ruolo importante nel consentire la frammentazione del cibo e la formazione del bolo¹¹. La masticazione è il primo passo nel processo di digestione e ha lo scopo di preparare il cibo per la deglutizione e l'ulteriore elaborazione nel sistema digestivo. In bocca, il cibo è sottoposto a diversi processi meccanici e chimici, l'acqua nella saliva inumidisce le particelle di cibo, mentre le mucine salivari legano il cibo masticato in un bolo coerente e scivoloso che può essere facilmente deglutito.¹³

La masticazione aumenta la superficie per unità di volume di un alimento solido; aumentando il numero di cicli di masticazione prima della deglutizione aumenta anche la superficie effettiva del bolo ingerito. Questo è molto importante poiché la velocità di azione degli enzimi digestivi è proporzionale alla superficie su

cui agiscono, la dimensione delle particelle del bolo ingerito può alterare la cinetica digestiva e la risposta metabolica o endocrina post-prandiale¹⁴. Inoltre, la masticazione rompe meccanicamente la parete cellulare degli alimenti vegetali liberando macronutrienti che altrimenti non sarebbero stati accessibili al corpo¹⁵. Ad esempio, Ellis et al.¹⁶ hanno scoperto che, a meno che la parete cellulare delle mandorle non fosse interrotta dalla masticazione, una parte dei lipidi non sarebbe accessibile per essere digerita e assorbita. Di conseguenza, una maggiore rottura del bolo alimentare attraverso l'aumento della masticazione potrebbe aumentare l'energia disponibile dalla dieta e promuovere un bilancio energetico positivo¹⁷. In aggiunta, l'aumento della liberazione dei macronutrienti può aumentare la sazietà aumentando la secrezione di ormoni legati all'appetito¹⁸.

Il processo di masticazione potrebbe essere compromesso da diversi fattori. Più comunemente, la mancanza di denti o saliva e la riduzione delle forze muscolari sono associate a una funzione masticatoria compromessa. Questa compromissione orale potrebbe avere un'influenza considerevole sul benessere dell'individuo. Inoltre, la scelta del cibo e l'apporto nutrizionale sono strettamente correlati all'efficienza masticatoria. La perdita dei denti contribuisce essenzialmente alla compromissione della funzione masticatoria, quindi, le persone edentule soffrono di un significativo handicap orale ben documentato che non può essere completamente compensato da interventi dentali¹⁹.

Le due malattie orali più diffuse, la carie e le malattie parodontali rimangono le cause prevalenti in tutto il mondo per la perdita di elementi dentari nonostante i progressi nella prevenzione e nel trattamento precoce, questo perché spesso non causano sintomi nelle fasi iniziali.²⁰ La perdita dei denti causerà presumibilmente danni funzionali, ad esempio, per quanto riguarda la masticazione e l'estetica, a seconda della posizione della perdita dei denti, che

potrebbe influire negativamente sulla qualità di vita.²¹ Anche la disfunzione delle capacità motorie della lingua e la mancanza di tonicità dei muscoli coinvolti nei movimenti masticatori riducono l'efficienza masticatoria. La lingua svolge un ruolo importante nella raccolta di informazioni sensoriali e nell'attività motoria, può schiacciare il cibo sul lato dorsale contro il palato duro, ordinare le particelle che sono pronte per essere ingerite, raccoglierle in un bolo alimentare, mescolarle con la saliva e aiutare a pulire la bocca e i denti dopo che il cibo è stato consumato. Anche la xerostomia e altre disfunzioni legate all'apporto di saliva possono influenzare negativamente il processo masticatorio rendendo difficile per i soggetti raccogliere il cibo in un bolo prima di deglutire.²⁰

3.1 Funzione masticatoria e salute

La riduzione o perdita della funzione masticatoria è stata associata a un cambiamento nella dieta, è stato suggerito che le persone che soffrono di compromissione della funzione masticatoria possono adattare la consistenza del cibo al loro stato di salute orale (che può portare a un apporto carente di nutrienti) o fare affidamento sul sistema digestivo per compensare la mancanza di preparazione orale del cibo (ciò può aumentare la probabilità di malattie digestive e diminuire l'assorbimento intestinale). La carenza masticatoria può quindi essere molto dannosa per la salute.

Le persone con un'alterata masticazione possono far fronte all'alimentazione adattando le loro scelte alimentari, attuando una selezione inadeguata del cibo o deglutendo particelle grossolane che poi creano un problema a livello digestivo. Il primo tipo di

comportamento è noto per indurre squilibrio nell'assunzione dietetica, mentre il secondo può comportare una diminuzione della biodisponibilità dei nutrienti e disturbi gastrointestinali. In entrambe le situazioni, una dieta alterata o una riduzione dei nutrienti può aumentare i rischi di patologie correlate alla nutrizione.

Soprattutto nelle società occidentali, dove c'è un'ampia scelta di alimenti, l'adattamento della consistenza del cibo al loro stato dentale significa nella maggior parte dei casi un aumento del consumo di cibi morbidi e facili da mangiare e una limitazione di cibi difficili da masticare. Le persone con funzione masticatoria compromessa possono scegliere di mangiare cibi trasformati industrialmente piuttosto che naturali. Alcune forme di trasformazione alimentare industriale si traducono in alimenti ammorbiditi, ma tali cibi possono favorire l'assorbimento di notevoli quantità di grassi e aumentare il livello di colesterolo e acidi grassi saturi. In secondo luogo, le persone possono evitare cibi naturali difficili da masticare e questa scelta di solito comporta l'eliminazione dalla dieta di cibi croccanti come verdure crude e frutta fresca, cibi filanti come carne e cibi secchi come il pane. Tutti questi alimenti contengono importanti sostanze nutritive; verdure crude e frutta sono importanti fonti di fibre alimentari, minerali e molte vitamine essenziali, mentre la carne è un'importante fonte di proteine e ferro.

Le persone possono anche utilizzare la lavorazione domestica per ammorbidire gli alimenti, come lunghi tempi di cottura che ne alterano il valore nutrizionale e degradano nutrienti essenziali come vitamine, tiamina e folati, riducendo la biodisponibilità attesa dei nutrienti nel cibo ingerito.²⁰

Un numero ridotto di denti, quindi è correlato con l'assunzione di meno calorie, proteine, grassi, polisaccaridi e vitamine.

Frequentemente le calorie mancanti possono essere anche compensate da un aumento del consumo di zuccheri e grassi, soprattutto le persone edentule con un basso livello di istruzione scelgono frequentemente una dieta ricca di grassi e zuccheri. Inoltre, l'assunzione giornaliera di frutta e verdura è stato visto che diminuisce insieme a un minor numero di contatti occlusali nei denti posteriori e il ripristino della funzione masticatoria mediante intervento dentale non porta da solo ad un miglioramento dell'apporto nutrizionale, quindi dovrebbe essere sempre integrato da consigli nutrizionali.²²

3.2 Funzione masticatoria e deterioramento cognitivo

La masticazione, come tutti sappiamo, è sempre stata correlata alla sua funzione primaria di digestione, ma sappiamo anche che produce un effetto potenziante sulla salute generale, in particolare sugli aspetti della memoria legati alle prestazioni cognitive²³. In un articolo del 2010, Ohkubo et al.²⁴ hanno esaminato la letteratura sull'interazione tra occlusione e funzione cerebrale umana e hanno concluso che *"la masticazione e altri movimenti stimolano l'attività nella corteccia cerebrale e possono essere utili nel prevenire il degrado di una funzione cerebrale"*. Il ragionamento proposto è un aumento del flusso sanguigno cerebrale e l'attivazione di parti della corteccia durante i movimenti ritmici della mascella. I livelli di ossigeno nel sangue sono aumentati nella corteccia prefrontale e nell'ippocampo, il che può svolgere un ruolo per l'apprendimento e la performance della memoria e aumentando le funzioni cognitive²⁵.

Inoltre, Onozuka et al.²⁶ hanno studiato l'attività cerebrale durante la masticazione di chewing gum e hanno riferito di un aumento

regionale del flusso sanguigno durante la masticazione. Questi risultati suggeriscono che la masticazione forzata potrebbe avere un effetto benefico sulla funzione cognitiva. Si può ipotizzare un circolo vizioso, in cui la demenza compromette la masticazione attraverso una scarsa igiene orale e una compromissione delle capacità motorie, mentre la ridotta masticazione accelera la demenza riducendo il flusso sanguigno cerebrale e l'attività cerebrale. Questo, a sua volta, suggerisce la possibilità di prevenire il declino della funzione cerebrale migliorando la funzione masticatoria con misure riparative. La masticazione può essere considerata un esercizio quotidiano lieve e permanente. Influenzando la frequenza cardiaca e il flusso sanguigno, la masticazione può avere un effetto preventivo sulla funzione cognitiva simile a quello di altre attività fisiche.

Altri aspetti della masticazione forzata potrebbero anche essere utili per i pazienti con compromissione cognitiva, poiché è ben noto che i soggetti con demenza sono a rischio di malnutrizione proteico-energetica. Sebbene il ripristino della funzione masticatoria come unico intervento non sia una garanzia per migliorare la qualità e la quantità dell'apporto nutrizionale, alcuni aspetti della masticazione forzata potrebbero aiutare a ridurre la perdita di peso nei pazienti con problemi cognitivi. Può consentire di ampliare la selezione di alimenti e mangiare pasti più appetitosi, inoltre la capacità di consumare pasti in un contesto sociale è altrettanto nota per aumentare l'apporto calorico. Inoltre, il flusso salivare dalla ghiandola parotide potrebbe essere stimolato da forze masticatorie occlusali unilaterali e un aumento del flusso salivare potrebbe non solo alleviare l'infiammazione della mucosa e diminuire il rischio di carie, ma anche aumentare la sensazione del gusto e lubrificare il bolo alimentare per favorirne la deglutizione²⁵.

Una buona masticazione ha degli effetti positivi anche sullo stress, il quale è una risposta psicologica e fisiologica a stimoli nocivi e cambiamenti ambientali che attiva il sistema autonomo e neuroendocrino attraverso l'asse ipotalamo-ipofisi-surrene (HPA), rilasciando così ormoni e corticosteroidi. La masticazione altera l'attività dell'asse HPA e del sistema nervoso autonomo, diminuisce il livello di catecolamine e corticosterone plasmatico che aumentano in condizioni di stress e tiene conto anche dell'ossido nitrico e dei fattori neurotrofici, che sono esempi di sostanze legate allo stress. Pertanto, la masticazione può essere considerata come un comportamento che favorisce la riduzione dello stress e quindi una riduzione di tutti gli aspetti negativi che ciò comporta²³.

Questi risultati indicano che una buona masticazione non è collegata semplicemente alla capacità di masticare e tritare il cibo correttamente, ma può essere un marker della funzione cognitiva. Pertanto, la perdita della funzione masticatoria deve essere monitorata e trattata per ritardare e/o prevenire il deterioramento cognitivo indotto dall'età²⁷.

In conclusione, la masticazione mantiene l'input sensoriale periferico insieme alla salute generale e aumenta l'afflusso di sangue in diverse regioni del cervello apportando benefici fisiologici alle aree cognitive del SNC.

L'effetto migliorativo della masticazione sulle funzioni cognitive può essere considerato trascurabile nella popolazione giovane che ha un ippocampo ancora forte e correttamente funzionante, ma questo miglioramento diventa più rilevante nell'ippocampo le cui prestazioni sono diminuite a causa dell'età o dello stress. La masticazione si è dimostrata efficace nel condurre enormi quantità di informazioni sensoriali al cervello e nel mantenere le funzioni di apprendimento e memoria dell'ippocampo, pertanto, è

essenziale mantenere la normale occlusione e preservare la funzione masticatoria il più a lungo possibile per prevenire l'attenuazione dell'ippocampo causata dalla disarmonia occlusale e dalla ridotta masticazione.²³

4 Valutazione della performance masticatoria

La disfunzione masticatoria è stata definita come compromissione della funzione masticatoria e può essere valutata utilizzando metodi soggettivi basati su questionari/interviste o oggettivamente attraverso misure di frammentazione degli alimenti o il grado di miscelazione di un bolo.¹¹ Ad oggi viene utilizzata principalmente la seconda opzione e l'esito della masticazione può essere valutato con due approcci diversi: il bolo alimentare viene raccolto dopo un numero predeterminato di colpi masticatori, o alla soglia di deglutizione, cioè quando il bolo è sufficientemente coeso e plastico da innescare la deglutizione. Gli obiettivi di ricerca di questi due approcci sono diversi. Quando a un soggetto viene chiesto di masticare ed espettorare il bolo alimentare dopo un numero fisso di cicli masticatori, il risultato riflette quanto bene quel soggetto si è comportato nel frammentare o mescolare il cibo di prova o altro materiale di prova (naturale o sintetico). Nel secondo approccio, masticando fino a quando il soggetto è pronto a ingoiare il cibo, vengono rivelati altri aspetti della masticazione. Il momento della deglutizione dipende da due fattori principali: le proprietà tessiturali e fisiche degli alimenti (cioè durezza, viscosità, coesione, contenuto di umidità, dimensione della porzione) e le caratteristiche fisiologiche orali e generali di un individuo (cioè dentizione, forza del morso, forza masticatoria, motilità della lingua, portata salivare, età, stato neurologico, dolore, sensibilità intraorale).

Per poter valutare la funzione masticatoria nel modo migliore possiamo far riferimento al “*Consensus on the terminologies and methodologies for masticatory assessment*” di Gonçalves et al.²⁸ nel quale è stata valutata, come rappresentato anche nello schema, sotto tre punti di vista:

1. Oggettiva diretta
2. Oggettiva indiretta
3. Soggettiva

Analizziamo più nel dettaglio lo schema.

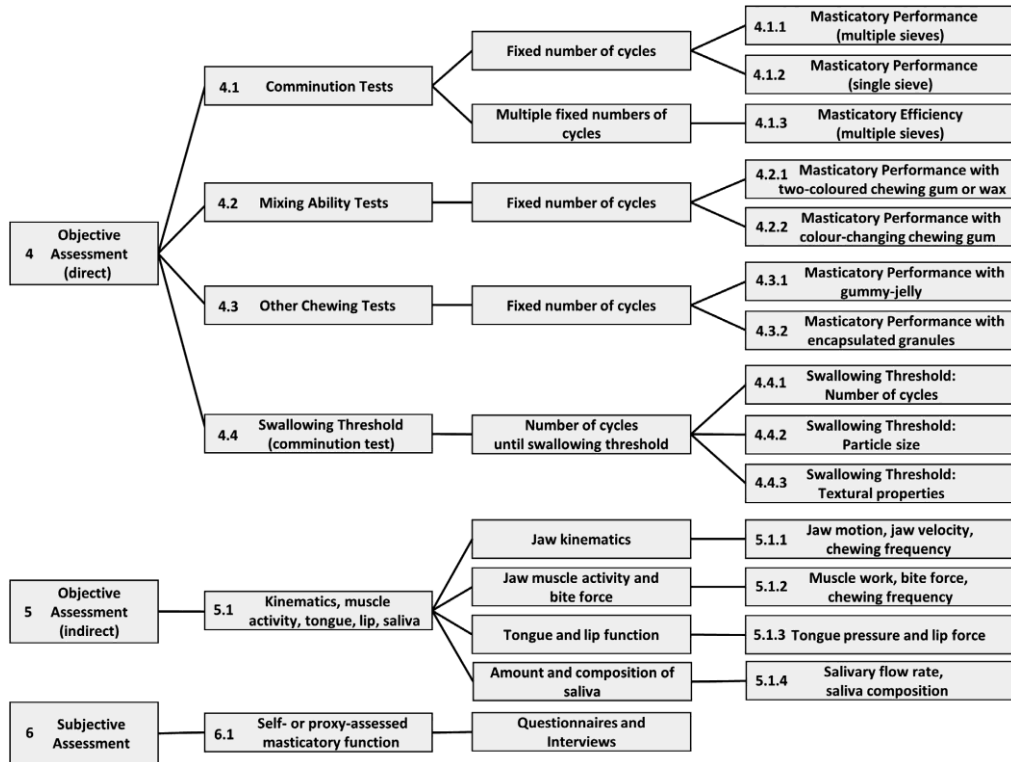


Figura 4²⁸: schematizzazione dei termini e dei test relativi alla funzione masticatoria.

4.1 Valutazione oggettiva della performance masticatoria: metodi diretti

4.1.1 Comminution test

Questa tipologia di test masticatorio prevede la triturazione di alcuni alimenti fragili selezionati (ad esempio noci o carote crude) o altro materiale artificiale (ad esempio materiali da impronta come Optosil/Optocal o idrocolloidi), successivamente le particelle che si ottengono vengono recuperate e ne vengono valutate le dimensioni mediante setacciatura o scansione ottica.

4.1.1.1 Performance masticatoria con setacci multipli o scansione ottica

La distribuzione delle dimensioni delle particelle riflette le prestazioni masticatorie. I partecipanti ricevono una porzione di materiale che viene fatto masticare per un numero fisso di cicli masticatori, visivamente monitorato dall'esaminatore ed alla fine viene chiesto al partecipante di espettorare il bolo alimentare. Dopo l'essiccazione, le particelle vengono setacciate per 20 minuti attraverso una pila di setacci multipli con maglie di diametro 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). Le particelle sminuzzate possono anche essere analizzate mediante scansione ottica. I risultati ottenuti con la scansione ottica possono essere convertiti in una distribuzione granulometrica

discreta, che ancora una volta può essere descritta da una funzione di distribuzione cumulativa.

4.1.1.2 Performance masticatoria con setaccio singolo

Il grado di frammentazione del cibo masticato o del materiale di prova artificiale è quantificato dalla percentuale delle particelle in peso che potrebbero passare attraverso un setaccio con un'apertura specifica, dopo che il cibo è stato masticato per un numero fisso di cicli di masticazione. Questo metodo è più semplice e non richiede ulteriori analisi statistiche. Tuttavia, il metodo del setaccio singolo è meno affidabile del metodo del setaccio multiplo, specialmente se l'apertura del setaccio non è abbastanza vicina alla dimensione mediana delle particelle del cibo masticato. In sintesi, l'uso di più di un setaccio fornirà informazioni più dettagliate sulla distribuzione delle dimensioni delle particelle del cibo masticato, come affermato in precedenza.

4.1.1.3 Efficienza masticatoria con setacci multipli

L'efficienza masticatoria è definita come il numero di cicli masticatori necessari per ottenere un particolare risultato masticatorio caratterizzato da una dimensione mediana delle particelle che equivale alla metà della dimensione delle particelle prima della masticazione. L'efficienza masticatoria può essere calcolata da 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.

4.1.1.4 Comminution test: vantaggi

L'apparato masticatorio umano si è sviluppato evolutivamente per consentire la masticazione di cibi solidi, fragili come noci e carote e cibi duri come la carne. La capacità di masticare un alimento di prova solido e fragile sarà concomitante con la capacità di masticare un ampio spettro di tipi di alimenti duri o più deboli. In breve, se si è in grado di masticare cibi abbastanza duri, si è in grado di masticare tutto. Se tale test non è più fattibile per particolari gruppi di pazienti, sono disponibili altri test con compiti masticatori più facili, consentendo anche una differenziazione della funzione masticatoria in tali pazienti. Inoltre, un alimento di prova solido include tutti gli aspetti della triturazione del cibo durante la masticazione, ovvero il trasporto, la cattura e la rottura delle particelle durante ogni ciclo, mescolando il bolo alimentare con la saliva. I test di comminuzione sono stati utilizzati con successo in numerosi studi per quantificare la funzione masticatoria. Questi test consentono di determinare sia le prestazioni masticatorie che l'efficienza masticatoria. Inoltre, i test di comminuzione possono essere utilizzati per determinare i parametri del cibo masticato poco prima della deglutizione, sono un modo affidabile per quantificare quanto bene una persona è in grado di masticare e sono sensibili ai cambiamenti nel sistema oro-facciale, poiché è significativamente correlato alla massima forza del morso volontario e allo stato dentale.

4.1.1.5 Comminution test: limiti

Le limitazioni inerenti alle prove di triturazione si riferiscono alla selezione dell'alimento/materiale di prova che deve essere appropriato per ciascun tipo di soggetto esaminato. È necessario

prestare attenzione poiché l'uso di materiali di prova più rigidi, come Optosil, potrebbe non essere adatto a bambini e/o pazienti edentuli o pazienti con disturbi neuromuscolari. Questi individui non saranno in grado di frammentare adeguatamente il cibo, perché la loro forza massima del morso è inferiore alla forza necessaria per rompere le particelle di cibo e, pertanto, non verranno rilevate differenze. Lo stesso accade per gli alimenti di prova molto morbidi per i pazienti con eccellente capacità di frammentazione, poiché tutti gli individui valutati saranno in grado di frammentare molto bene il cibo e sottili differenze potrebbero passare inosservate. Inoltre, masticare cibo fragile può costituire un rischio di aspirazione di particelle in individui disfagici come vittime di ictus, anziani o pazienti con sclerosi laterale amiotrofica.

4.1.1.6 Comminution test: rilevanza clinica

I metodi di comminazione forniscono parametri affidabili per quantificare, ad esempio, l'influenza del trattamento dentale sulla masticazione misurando le prestazioni prima e dopo il trattamento. Questi metodi, ad esempio, facilitano anche i confronti tra soggetti o gruppi di soggetti o prima/dopo la riabilitazione.

4.1.2 Mixing ability test

Questa tipologia di test masticatorio verrà analizzata più in dettaglio in seguito.

4.1.3 Altri test di masticazione

4.1.3.1 Performance masticatoria con gelatina gommosa

La gelatina gommosa viene masticata per un numero predeterminato di cicli e viene determinata la concentrazione di glucosio o β -carotene disciolto nella saliva. Inoltre, è stato proposto un nuovo metodo basato sull'analisi dell'immagine fotografica delle particelle di gelatina gommosa sminuzzate e del calcolo successivo della superficie. Esempio: punteggio visivo da 0 (non masticato) a 9 (prestazioni elevate) determinato utilizzando gradazioni di 50 mg/dL delle concentrazioni di glucosio da un pezzo di gelatina gommosa.²⁹

4.1.3.2 Performance masticatoria con granuli incapsulati

Questi metodi si basano sulla differenza nella concentrazione del colorante di fucsina, eritrosina o adenosina trifosfato (ATP) tra i soggetti dopo un test di masticazione. I granuli rivestiti di pigmento vengono preparati e sigillati in una capsula di gomma o cloruro di vinile polimerizzante (PVC). L'individuo viene istruito a masticare liberamente una singola capsula contenente i granuli rivestiti di pigmento per un dato numero di cicli. Successivamente, la capsula viene aperta e il suo contenuto viene sciolto in acqua con agitazione costante. La soluzione prodotta viene filtrata e la concentrazione del colorante viene determinata utilizzando uno spettrofotometro. Ogni pigmento deve essere analizzato in una lunghezza d'onda specifica (fucsina a 546 nm, eritrosina a 565nm e ATP a 259 nm).

4.1.3.3 Altri test di masticazione: vantaggi

Questi metodi sono facili da applicare e misurano un numero considerevole di soggetti in un periodo di tempo ragionevole, con buona riproducibilità. Per quanto riguarda i metodi dello spettrofotometro, i granuli hanno proprietà fisiche stabili e rimangono resistenti all'umidità all'interno della capsula di gomma. La gelatina gommosa rappresenta anche un metodo semplice e non costoso che ottiene valori numerici oggettivi in breve tempo, utilizzando un materiale di prova relativamente stabile. Erano disponibili in commercio anche un'apparecchiatura di analisi portatile (Glucosensor GS-II e la punta del sensore, GC Japan) e una gelatina gommosa standard (gelatina gommosa contenente glucosio di GC Japan; gelatina di beta-carotene di UHA Mikakuto Co., Ltd.). La gelatina gommosa sminuzzata che utilizza la valutazione delle immagini ha una stretta correlazione con il metodo completamente automatizzato e può essere una tecnica utile a causa della sua accessibilità in diverse condizioni.

4.1.3.4 Altri test di masticazione: limiti

La capsula di gomma non è rappresentativa di varie dimensioni, forme e rigidità degli alimenti; quindi, solo un aspetto della masticazione può essere valutato (dal momento che masticare un pezzo unico artificiale, che di per sé non si frantuma in particelle, riduce la validità e l'affidabilità di questi metodi rispetto al metodo di triturazione). Per quanto riguarda i metodi delle gelatine gommosose, la raccolta e il risciacquo della gelatina gommosa sminuzzata, nonché la dissoluzione manuale degli ingredienti, richiedono la competenza del personale operativo e possono quindi influire sull'accuratezza della misurazione.

4.1.3.5 Altri test di masticazione: rilevanza clinica

Questi metodi sono facili da applicare negli studi epidemiologici, in particolare le capsule di gomma, che sono facili da masticare da individui con diverse condizioni dentali. Vi è una correlazione tra la capacità di miscelazione determinata dalla gomma da masticare mutevole di colore e la capacità di taglio determinata dalla gelatina gommosa. Tuttavia, a causa della bassa specificità delle capsule, potrebbe essere necessaria un'ulteriore analisi masticatoria. Nell'analisi della gelatina gommosa è possibile utilizzare la fotocamera dello smartphone per valutare la superficie della gelatina, rendendo questa tecnica più versatile e accessibile.

4.1.4 La soglia di deglutizione

Con questi test si valutano le condizioni del bolo nel momento in cui il paziente è pronto a deglutirlo. La condizione del bolo alimentare alla soglia di deglutizione è il risultato cumulativo della formazione del bolo in tutti i cicli precedenti. Importanti parametri della soglia di deglutizione possono essere ottenuti da test di triturazione con alimenti naturali (ad esempio arachidi, mandorle, carote) o artificiali (ad esempio Optosil, Optocal).

Possiamo valutare la soglia di deglutizione in relazione a:

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 e deformabilità.

4.1.4.1 Soglia di deglutizione: vantaggi

La deglutizione viene avviata quando viene rilevato che le particelle di cibo sono legate insieme da forze viscosive in modo da formare un bolo. Il momento della deglutizione è innescato da caratteristiche del bolo alimentare, come la dimensione delle particelle, la quantità di saliva incorporata, la viscosità del bolo, la coesione e la fluidità del bolo. I test di comminazione valutati alla soglia di deglutizione misurano altri aspetti della masticazione rispetto ai test di performance masticatoria (con un numero fisso di cicli masticatori). Il numero di cicli di masticazione necessari per preparare il cibo alla deglutizione era piuttosto costante all'interno di un soggetto per una tipologia di cibo, mentre grandi variazioni nel numero di cicli di masticazione fino alla deglutizione sono stati osservati tra più soggetti per lo stesso tipo di cibo. Sebbene il numero di cicli di masticazione necessari per preparare il cibo per la deglutizione varia ampiamente tra le persone sane dentate, è stato dimostrato che questo numero è solo debolmente correlato con le prestazioni masticatorie. Pertanto, un soggetto con prestazioni masticatorie elevate non ingerisce necessariamente il cibo dopo un numero inferiore di cicli masticatori rispetto a un soggetto con prestazioni masticatorie meno elevate. Il declino della funzione masticatoria a causa della compromissione della dentizione è responsabile della deglutizione del cibo mal elaborato, e della masticazione con tempistiche più lunghe prima della deglutizione. L'analisi del bolo alimentare alla soglia di deglutizione fornisce informazioni sulle proprietà strutturali del bolo. Questa conoscenza può essere

utile per comprendere la relazione tra masticazione e percezione sensoriale o tra masticazione, digestione e nutrizione.

4.1.4.2 Soglia di deglutizione: limitazioni

Le caratteristiche degli alimenti hanno una grande influenza sia sul numero di cicli masticatori, che sulle caratteristiche del bolo alimentare alla soglia di deglutizione. I prodotti alimentari secchi e duri richiedono più cicli masticatori prima della deglutizione rispetto ai prodotti umidi e morbidi. È necessario più tempo per scomporre il cibo e aggiungere abbastanza saliva per formare un bolo alimentare coeso e adatto alla deglutizione. Inoltre, il volume del cibo influenza ampiamente la fisiologia orale. Per porzioni più grandi, i soggetti avevano bisogno di più tempo e cicli masticatori prima di poter ingoiare il cibo. Pertanto, il confronto di diversi gruppi di soggetti può essere eseguito solo utilizzando esattamente la stessa consistenza e volume del cibo di prova.

4.1.4.3 Soglia di deglutizione: rilevanza clinica

I test della soglia di deglutizione determinano la distribuzione granulometrica e le proprietà strutturali del bolo alimentare masticato e il numero di cicli necessari per la deglutizione. In questo modo si ottengono informazioni su come le persone normalmente ingeriscono il cibo. Ciò è particolarmente importante per i pazienti con dispepsia funzionale o gli anziani con dentizione compromessa, poiché una masticazione carente potrebbe produrre una riduzione della velocità di svuotamento gastrico, ipo-mobilità antrale o del fondo, mancanza di coordinamento antro-pilorico-duodenale e inibizione del feedback intestinale.

4.2 Valutazione oggettiva della performance masticatoria: metodi indiretti

Il movimento della mandibola e il controllo neuromuscolare dei muscoli sono aspetti fondamentali della masticazione e l'attività ritmica di base dei muscoli è generata da un generatore di pattern centrale situato nel tronco cerebrale. Gli aggiustamenti della gittata motoria in risposta ai cambiamenti nella resistenza alimentare sono mediati dal feedback dei recettori sensoriali, come i meccanorecettori nel legamento parodontale e i fusi muscolari nei muscoli masticatori che chiudono la mandibola. I fattori che influenzano il processo masticatorio sono la dentizione, l'attività muscolare della mandibola, la forza del morso, la funzione della lingua e la forza delle labbra. Inoltre, la produzione di saliva sufficiente è indispensabile per una buona masticazione. L'acqua nella saliva inumidisce le particelle di cibo, mentre le mucine salivari legano il cibo masticato in un bolo coerente e scivoloso che può essere facilmente ingerito.

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.

4.2.1 Metodi indiretti: vantaggi

Le proprietà degli alimenti come la struttura, la composizione, l'aspetto, il volume, le dimensioni e la forma influenzano il processo masticatorio. Le proprietà degli alimenti hanno avuto un piccolo effetto sulla frequenza media della masticazione durante una sequenza di masticazione. Tuttavia, sono state osservate differenze significative di questo parametro tra alimenti di diversa durezza all'inizio di una sequenza di masticazione. In quella fase, i cibi duri venivano masticati molto più lentamente dei cibi morbidi. Uno studio su alimenti modello ha mostrato che i cibi con un comportamento principalmente plastico venivano masticati più lentamente degli alimenti elastici. Il lavoro muscolare è stato significativamente influenzato sia dalla fase masticatoria che dal tipo di cibo. L'importante ruolo della saliva per la masticazione e la deglutizione è stato dimostrato dalla scoperta che il numero degli atti masticatori, quindi il tempo in bocca, necessario per la deglutizione, è aumentato significativamente dopo la secchezza orale indotta sperimentalmente. La quantità e la composizione della saliva, quindi giocano un ruolo importante nell'elaborazione orale e nella percezione del cibo.

4.2.2 Metodi indiretti: limiti

Gli studi riguardo la cinematica e l'attività muscolare della mandibola possono essere eseguiti solo in laboratorio. Non esiste un "valore gold standard" della cinematica della mandibola. La frequenza della masticazione dipende dal centro della masticazione nel tronco encefalico, che è specifico per ogni soggetto. Pertanto, la frequenza della masticazione non può essere utilizzata per confronti tra soggetti.

4.2.3 Metodi indiretti: rilevanza clinica

È stato dimostrato che una mancanza di variazione nei valori di frequenza media degli atti masticatori potrebbe essere utilizzata come criterio per un buon controllo neuromotorio masticatorio e, al contrario, una grande variazione nei valori di frequenza media potrebbe essere indicativa di una funzione masticatoria compromessa.

4.3 Valutazione soggettiva della performance masticatoria: auto valutazione della funzione masticatoria

Possiamo analizzare come la funzione masticatoria viene percepita o autovalutata tramite questionari e interviste. Può essere quantificata in base a risposte dicotomiche (sì/no), scala Likert a 5 punti (che va da un punteggio di 0 (molto facile da masticare) a un punteggio di 5 (molto difficile ed evitato)), risposte categoriali ('mai', 'a volte', 'spesso', 'sempre' o 'piuttosto difficile', 'moderatamente difficile', 'molto difficile', 'estremamente difficile') o scala analogica visiva (VAS) (con estremità che variano da 'per niente difficile' a 'impossibile da masticare').

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 la 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 iniziale 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*: questo strumento è il modello più completo per descrivere il funzionamento umano in relazione alla salute e all'ambiente. È stato adottato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità nel 2001 ed è tradotto in diverse lingue. Il modello ICF descrive il funzionamento umano in termini di struttura corporea, funzione corporea, attività e partecipazione. La premessa di base dell'ICF è che è universale, cioè applicabile a tutte le persone indipendentemente dalle condizioni di salute o dal contesto culturale. La classificazione individua 9 gradi di menomazione crescente associati alla funzione orale.

4.3.1 Funzione masticatoria auto-valutata: vantaggi

La valutazione soggettiva della funzione masticatoria comprende altri aspetti della masticazione come fattori adattativi e psicologici che non possono essere misurati con test oggettivi. Questi risultati basati sul paziente sono considerati un utile metodo di screening per valutare clinicamente la funzione masticatoria con un notevole risparmio di tempo e denaro. Sono stati creati principalmente a fini epidemiologici per rilevare i cambiamenti nella masticazione e per fornire azioni finalizzate alla cura dei pazienti.

4.3.2 Funzione masticatoria auto-valutata: limiti

C'è una scarsa correlazione tra la valutazione oggettiva della funzione masticatoria e la percezione del paziente. Le risposte categoriali, ad esempio, potrebbero non rilevare sottili differenze tra argomenti che possono essere clinicamente importanti. Inoltre, i questionari che includono tipi di cibo specifici sono molto limitati a un contesto culturale o socioeconomico specifico. Ad esempio, le domande relative al consumo di carne o pesce crudo potrebbero essere irrilevanti in paesi come l'India con un'elevata prevalenza di individui con una dieta vegetariana.

4.3.3 Funzione masticatoria autovalutata: rilevanza clinica

Gli strumenti epidemiologici come l'ICF sono importanti per consentire specifici interventi di salute pubblica. D'altra parte, gli strumenti centrati sul paziente sono i migliori predittori della scelta del trattamento, poiché sono anche in grado di rilevare differenze significative tra i trattamenti. Questi questionari e interviste aiutano anche i medici a comprendere meglio l'effetto dei diversi trattamenti sul benessere del paziente.

5. *Mixing ability test*

Il mixing ability test prevede l'utilizzo di un chewing gum, un materiale di prova plastico non nutritivo che viene masticato per un dato numero di colpi masticatori e quindi recuperato dalla cavità orale per l'analisi. Possono essere valutati la forma e il colore del bolo. Successivamente, la saliva in eccesso viene rimossa dal bolo, viene quindi posto in un sacchetto di plastica trasparente e appiattito in un wafer di spessore tipicamente di 1 mm. Quindi, viene ottenuta un'immagine digitale da entrambi i lati del wafer in condizioni di illuminazione standardizzate.

Pertanto, la scansione del wafer su uno scanner piano si presta a ottenere condizioni standardizzate di acquisizione delle immagini (figura 2).

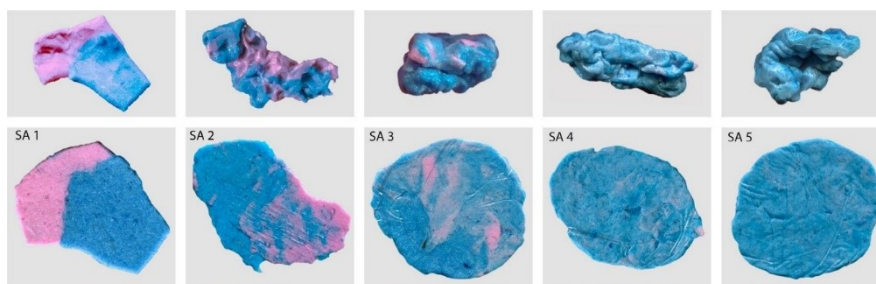


Figura 5²⁸ The Subjective Assessment (SA) scale for categorial evaluation of masticatory performance with a two-coloured chewing gum (Hue-Check Gum©).^{60,61} SA 1: chewing gum not mixed, impressions of cusps or folded once, SA 2: large parts of chewing gum unmixed, SA 3: bolus slightly mixed, but bits of unmixed original colour, SA 4: bolus well mixed, but colour not uniform, SA 5: bolus perfectly mixed with uniform colour. Categories SA1 and SA2 would signify a severely reduced chewing function [Colour figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

5.1 Performance masticatoria con gomma da masticare o cera bicolore

Per questo test, pezzi di cera o gomma da masticare bicolore (tipicamente di colore bluastro e rossastro) vengono masticati per un dato numero di colpi masticatori (più comunemente $n = 20$). È stato dimostrato che a 20 cicli di masticazione i test mostrano le migliori caratteristiche discriminatorie tra soggetti o differenti condizioni orali. È stata proposta una scala a 5 gradi per una valutazione nominale della miscela di colori e della forma del bolo. Si utilizzano ancora scale simili, ma spesso in combinazione con una valutazione optoelettronica della masticazione bicolore. Ci sono molti metodi descritti che possono essere impiegati per valutare la miscela di colori: tra loro i più comunemente applicati sono la Varianza di tinta (VOH), la distribuzione dell'intensità della luce, o l'eterogeneità spaziale. La valutazione della prestazione masticatoria con un test di capacità di miscelazione è significativamente correlata con i test di frantumazione a 20 cicli di masticazione.

5.2 Performance masticatoria con gomme da masticare che cambiano colore

Questo metodo è stato principalmente descritto dai ricercatori giapponesi per la valutazione delle prestazioni masticatorie (Evaluating Gum XYLITOL; Lotte Co., Ltd). La gomma viene masticata da 20 a 200 volte e cambia colore da verde giallastro a rosso, a seconda delle prestazioni masticatorie individuali. Le prestazioni masticatorie sono misurate con il metodo del colorimetro utilizzando il modello di spazio colore L^*a^*b (CR-13; Konica Minolta Sensing, Tokyo, Giappone). Tuttavia, è

disponibile anche un'analisi visiva basata su una scala cromatica validata e affidabile.

5.3 Test di capacità di miscelazione: vantaggi

I test di capacità di miscelazione sono molto rapidi ed economici da eseguire. Pertanto, richiedono pochissimo tempo e fatica nell'ambito di batterie di test di grandi dimensioni o nei casi di individui sottoposti a test con poca resilienza come i pazienti con demenza. Pazienti disfagici con ictus o pazienti con sclerosi laterale amiotrofica possono essere sottoposti a questa procedura senza il rischio di aspirazione di particelle. È stato raccomandato come metodo preferito per valutare la funzione masticatoria in soggetti con prestazioni masticatorie notevolmente ridotte come i portatori di protesi totali. Le scale nominali di valutazione consentono la valutazione della funzione masticatoria, anche per valutatori con poca esperienza come chi lavora nei reparti degli ospedali geriatrici, ed è adatta per la ricerca con i bambini per il gusto gradevole. I vari strumenti di valutazione optoelettronici sono spesso applicati nella ricerca; tuttavia, i metodi richiedono principalmente solo uno scanner piano e un computer per la valutazione. I primi tentativi di valutazione della miscela di colori con un'applicazione per smartphone hanno avuto successo e consentiranno sicuramente un'ulteriore semplificazione tecnica nel prossimo futuro.

5.4 Test di capacità di miscelazione: Limitazioni

Come qualsiasi altro alimento di prova, ogni tipo di gomma o cera deve essere convalidato per comprendere le specifiche caratteristiche di miscelazione del colore, le quali possono dipendere dai colori, dalle caratteristiche reologiche e dalla durezza. Inoltre, la moltitudine di strumenti di valutazione optoelettronici rende difficile il confronto dei risultati tra gli studi. Inoltre, le caratteristiche del materiale della gomma da masticare sono molto complesse, poiché cambia durezza durante il processo masticatorio e questo potrebbe complicare ulteriormente la standardizzazione del cibo di prova. Ci sono poche informazioni se il colore dei campioni masticati cambia dopo essere stati esposti alla saliva; pertanto, si consiglia di acquisire un'immagine digitale del bolo o del wafer appiattito subito dopo il test clinico. Con il continuo miglioramento delle fotocamere integrate degli smartphone questa sfida potrebbe presto essere risolta. Un altro limite di questo test è che le gomme da masticare diventano morbide e quindi facili da masticare. In questo senso, per gli individui con una buona capacità masticatoria, il compito di mescolare i colori è facilmente assolto. Poiché i test di capacità di miscelazione dipendono meno dalla forza massima del morso disponibile (come nel caso della granulometria) e valutano piuttosto la capacità di formare e impastare un bolo, potrebbero quindi essere meno adatti per ricerche che valutano indirettamente l'aumento o la diminuzione di forza del morso.

5.5 Test di capacità di miscelazione: rilevanza clinica

Esistono numerose applicazioni in cui i test di capacità di miscelazione vengono utilizzati con successo. In primo luogo, nella valutazione rapida e semplice delle carenze masticatorie

negli studi dentistici, negli ospedali o nei reparti geriatrici nell'ambito di una valutazione funzionale di una persona. In secondo luogo, la valutazione delle prestazioni masticatorie con test di capacità di miscelazione può essere utilizzata in ampi studi epidemiologici con batterie di test estese poiché richiedono solo pochissimo tempo per essere eseguite sul paziente e possono essere valutate in seguito dopo l'acquisizione dell'immagine. In terzo luogo, l'uso nell'ambito degli studi clinici in contesti in cui i test di granulometria non possono essere condotti per mancanza di strutture e/o know-how.

5.6 Comparazione dei software di analisi del campione

Negli ultimi anni sono stati proposti diversi metodi per valutare le prestazioni masticatorie. La maggior parte degli studi sulle performance masticatorie ha utilizzato test di comminuzione per studiare le particelle di cibo artificiale e naturale setacciando il cibo sminuzzato. Con il metodo di setacciatura il campione masticato viene espettorato e risciacquato attraverso una pila di setacci con aperture a maglie decrescenti, dove le particelle sono separate in base alla loro dimensione. Sebbene considerato il test di efficienza masticatoria "gold standard", il metodo di setacciatura è disordinato e richiede tempo, oltre al disagio del paziente e alla necessità di attrezzature costose e speciali. Inoltre, le particelle dei campioni devono essere completamente rimosse dalla bocca dopo la procedura di triturazione, che potrebbe essere molto difficile nel caso di piccoli frammenti ed i pazienti disfagici rischiano di aspirarli. I sistemi di imaging digitale sono stati utilizzati anche per analizzare la dimensione delle particelle, ma sono spesso costosi, sofisticati da utilizzare o realizzati su misura.³⁰

Per evitare la necessità di attrezzature speciali e per rendere più pratico il test dell'efficienza masticatoria, Liedberg et al.³¹, nel 1995, proposero e descrissero per la prima volta un nuovo metodo per lo studio della performance masticatoria. Questo test consisteva nella masticazione di gomme da masticare bicolori per 10, 20, 40, 60, 80 e 100 colpi. I campioni venivano quindi valutati visivamente in una scala di miscela di colori da 1 a 5, in conformità con una scala di riferimento stabilita nei test pilota.

Nel 1999, Prinz³² ha compreso la necessità di semplici test oggettivi per la valutazione della funzione orale. La gomma da masticare contenente due colori diversi veniva masticata e una volta che il bolo era stato rimosso dalla cavità orale, veniva appiattito e scattata un'immagine digitale. Si è concluso che l'appiattimento del bolo prima della valutazione forniva un risultato più affidabile rispetto all'osservazione del bolo allo stato grezzo. Tuttavia, il suo approccio di imaging non è ampiamente applicabile perché il software personalizzato non è comunemente disponibile. Inoltre, visto che la valutazione soggettiva aveva un'accuratezza simile all'elaborazione delle immagini, l'autore ha concluso che la valutazione soggettiva era sufficiente.

Nel 2007, Schimmel et al.³⁰ hanno testato l'affidabilità e la riproducibilità dei dati quantitativi ottenuti dal test delle gomme da masticare bicolore, utilizzando un pacchetto software disponibile in commercio, e hanno scoperto che la valutazione visiva dei campioni era meno affidabile dell'analisi computerizzata. Da questo studio gli autori hanno potuto concludere che la valutazione digitale del grado di miscelazione dei colori della gomma da masticare bicolore era un metodo preciso e affidabile per valutare la performance masticatoria. L'analisi computerizzata delle immagini è stata effettuata utilizzando un pacchetto software disponibile in commercio; il software però ha come lato negativo il fatto che è difficile da

utilizzare in un contesto clinico quotidiano e non vi è alcuna possibilità di classificazione automatica della capacità masticatoria del paziente in un grafico per facilitare la visualizzazione dei risultati e valutare potenziali difficoltà masticatorie.

Proprio per questo motivo, nel 2013, Halazonetis et al.³³ hanno proposto un nuovo software per la valutazione quantitativa della performance masticatoria e sono andati a testare la validità di ViewGum, un nuovo software di analisi delle immagini per la valutazione dei boli in seguito ad un test di abilità di miscelazione di chewing gum bicolore, e per stabilire un grafico di base per la rappresentazione dell'efficienza masticatoria.

Lo studio è stato condotto su 20 volontari (11 uomini e 9 donne). Ogni soggetto è stato istruito dallo stesso operatore a masticare cinque campioni di gomma sul lato di masticazione preferito per 5, 10, 20, 30 e 50 cicli, rispettivamente con un intervallo di almeno 1 minuto per ridurre l'effetto della fatica muscolare. Ogni gomma da masticare è stata poi rimossa dal cavo orale del paziente e riposta in sacchetti di plastica trasparenti. Ogni esemplare è stato appiattito per ottenere un wafer di spessore 1 mm e poi entrambi i lati sono stati scansionati utilizzando uno scanner piano ad una risoluzione di 500 dpi e analizzato da un operatore utilizzando il software ViewGum.

Quindi, l'immagine è stata segmentata, separando il bolo dallo sfondo attraverso un semplice algoritmo di segmentazione assistito dall'utente. Per segmentare l'immagine, l'utente disegna tratti a mano libera con il mouse in primo piano e sulle aree di sfondo. Sulla base dei valori dei pixel nelle aree del tratto e della distanza di ciascun pixel da queste aree, il software calcola la probabilità di ciascun pixel di appartenere al primo piano o allo sfondo e segmenta di conseguenza l'immagine. Non è necessario

essere precisi nel posizionamento dei marcatori, poiché il software segmenterà l'immagine correttamente la maggior parte delle volte, anche se le tracce del mouse sono sparse e coprono solo approssimativamente le aree di interesse. L'algoritmo era molto efficace per queste immagini e consentiva facili modifiche nei casi di errore. Il loro obiettivo principale era valutare la miscelazione dei due colori della gomma da masticare, un processo che modifica principalmente la tinta. Utilizzando lo spazio colore HSI (tinta, saturazione, intensità), potremmo separare la tinta dalla luminosità e dalla saturazione e ottenere una misura più rappresentativa della miscelazione concentrandoci solo sulla componente della tonalità.

La diminuzione della varianza della tinta ha seguito un modello di decadimento esponenziale. C'era una correlazione elevata e statisticamente significativa tra il grado di miscelazione e il numero di atti masticatori nel campione sano che ha preso parte a questo studio.

L'output di ViewGum è correlato ai risultati derivanti dall'analisi dei boli con il metodo inizialmente introdotto da Schimmel. Inoltre, elimina lo svantaggio principale del metodo con la semplicità della sua applicazione. Sebbene di facile apprendimento, il metodo originale includeva la scansione, il conteggio dei pixel e calcoli matematici che lo rendono inapplicabile in ambito clinico. ViewGum supera, in gran parte, i suddetti inconvenienti e, oltre all'output numerico, fornisce una valutazione visiva dell'efficienza masticatoria in un grafico integrato. La segmentazione delle immagini è semiautomatica e il calcolo della deviazione standard della tinta richiede meno di 2 s, a seconda delle dimensioni dell'immagine. I risultati vengono riprodotti come testo e come z-score su un grafico della curva di Gauss, se sono disponibili valori di riferimento per il particolare tipo di gomma. I risultati possono essere copiati o esportati

direttamente su un foglio di calcolo Microsoft Excel. Un utente esperto può richiedere meno di 30 s per segmentare una coppia di immagini e calcolare i risultati. L'unico passaggio nella procedura di analisi dell'immagine che è correlato all'utente e può introdurre errori è la segmentazione delle gomme nelle immagini. Tuttavia, la valutazione della ripetibilità tramite il grafico Bland-Altman ha mostrato che gli errori maggiori sono stati riscontrati per le immagini di gomme ben mescolate, dove SDHue (deviazione standard della tinta) era basso. Ciò è probabilmente dovuto all'inclusione involontaria di pixel al confine tra la gomma e lo sfondo, che aumenterebbero i valori di SDHue, soprattutto se lo sfondo è colorato. Nelle gomme non ben mixate, l'effetto di tali pixel è piccolo perché la variazione di tonalità è comunque ampia. Questo è un altro motivo per preferire numeri intermedi di cicli di masticazione (es. n = 20).

La segmentazione semi-automatica è facilitata da sfondi chiari intorno alla gomma scansionata e un prerequisito importante per risultati validi è la scelta corretta della gomma da masticare. Devono essere di due tonalità distinte, le gomme da masticare bianche o grigie dovrebbero essere evitate, poiché si tratta di colori di tinta indefiniti o inaffidabili (molto vicini all'asse della tonalità nel sistema dello spazio colore HSI). Inoltre, vanno evitati i colori delle gomme da masticare derivanti dalla diversa saturazione della stessa tinta (es. rosa e rosso).

ViewGum elimina gli inconvenienti dei precedenti metodi di test delle gomme da masticare bicolore grazie alla semplicità della sua applicazione. Il software ViewGum di nuova concezione fornisce velocità, facilità d'uso ed estrazione immediata di conclusioni clinicamente utili al metodo già consolidato di valutazione dell'efficienza masticatoria ed è un valido coadiuvante per la valutazione dell'efficienza masticatoria con chewing gum bicolore.³³

Anche se il metodo proposto da Schimmel et al. è considerato il gold standard tra i test di capacità di miscelazione, l'analisi digitale dei boli derivati dalla sua applicazione è ancora controversa. Sono stati proposti diversi pacchetti software per analizzare i campioni, evidenziando la grande variabilità di tali metodi e la necessità di trovare il migliore possibile da utilizzare sia in ambito clinico che di ricerca. Sfortunatamente, il software può introdurre errori dovuti al ridimensionamento manuale e alla segmentazione delle immagini in bolo e alla difficoltà di distinguere le variazioni di tonalità tra la gomma e lo sfondo, specialmente per gomme da masticare ben miscelate. I dati estratti dipendono fortemente dall'accuratezza del processo di segmentazione, che è un passo essenziale nella visione artificiale e nel riconoscimento automatico dei modelli basato sull'analisi delle immagini.

Una nuova proposta per risolvere il problema della segmentazione dell'immagine e della sua accuratezza, fondamentale per l'estrazione dei dati ai fini della visione artificiale e nel riconoscimento automatico dei modelli basato sull'analisi dell'immagine, è stata proposta dal gruppo di lavoro Aquilanti et al. I sistemi di clustering potrebbero fornire un elevato potere discriminante in grado di discernere diverse regioni di colore in ogni immagine utilizzando le informazioni sul colore. Ciò potrebbe consentire di quantificare il grado di miscelazione dei colori a seconda del numero di cicli di masticazione o di diversi modelli dentali.

Nel presente studio, il test masticatorio è stato eseguito utilizzando il test di miscelazione delle gomme da masticare bicolore come descritto da Schimmel. Sono stati fotografati entrambi i lati di ciascun bolo e tutte le immagini sono state post-elaborate utilizzando l'algoritmo di segmentazione sviluppato dal Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche

dell'Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italia. L'algoritmo analizza automaticamente le immagini e fornisce come output la percentuale della porzione mista del campione. L'algoritmo proposto sfrutta il metodo di clustering k-means e l'analisi viene effettuata misurando le aree di diversi colori in pixel. Il clustering K-means è stato il metodo adottato per l'elaborazione delle immagini al fine di segmentare le aree miste e non mescolate della gomma da masticare. Questo metodo classifica ogni pixel in una regione, in base alle sue proprietà, come colore, intensità o trama, per distinguerlo dalle regioni adiacenti ed ha un elevato potere discriminante riducendo gli errori dovuti alla segmentazione manuale.

Al termine dell'analisi, il software ha fornito la percentuale di aree miste, dove un MP (Masticatory Performance) di 1 indica un MP ottimale e un MP di 0 indica la totale assenza di esso. Nel complesso, i risultati di questo studio hanno indicato che il software proposto era in grado di valutare oggettivamente e automaticamente MP. Entro i limiti del presente studio il software proposto ha permesso di analizzare i diversi MP corrispondenti a diversi numeri di cicli di masticazione. Questo metodo forniva un'identificazione automatica delle aree colorate, che erano perfettamente separate dallo sfondo delle immagini. È stato dimostrato di essere in grado di quantificare la percentuale dell'area colore mista, fornendo dati quantitativi attraverso l'analisi computerizzata utilizzando la migliore segmentazione possibile e riducendo al minimo l'interazione umana³⁴.

5.7 Comparazione dei materiali utilizzati come testers

L'impiego di gomme da masticare per un test di efficienza masticatoria prevede l'utilizzo di un campione bicolore che viene masticato per un dato numero di cicli masticatori e il bolo risultante viene valutato visivamente su una scala di riferimento o opto-elettronicamente.¹⁹

L'utilizzo di due chewing gum di colore diverso ha permesso di valutare la formazione del bolo, ma anche il grado di miscelazione dei due colori come indicatore di efficienza masticatoria. In effetti, il grado di miscelazione di un campione bicolore si è dimostrato in grado di rilevare cambiamenti nello stato dentale simili al metodo di setacciatura. Le prove di frammentazione possono giudicare esclusivamente la capacità di triturazione e possono piuttosto dipendere dalla massima forza del morso, mentre l'uso di campioni coesivi bicolori fornisce informazioni sulla capacità di manipolare il prodotto alimentare, formare e impastare un bolo.

I vari materiali artificiali che sono stati utilizzati in passato prima dei chewing gum, come il silicone, avevano il pregio di essere standardizzati per forma, dimensioni, durezza, gusto e consistenza; d'altra parte, però, non è chiaro se masticare il silicone simuli un atto naturale piuttosto che un atto cosciente di masticazione e questo limiterebbe il suo significato in un contesto clinico.

Al contrario, il cibo naturale è per lo più imprevedibile, poiché è soggetto a cambiamenti di qualità e stagionali ed è quasi impossibile da preparare in modo standardizzato. Su una nota più pratica, il cibo naturale è anche meno conveniente per l'accumulo di scorte, il che lo rende poco pratico per l'uso di routine in un ambiente clinico. Inoltre, il campione sminuzzato deve essere raccolto in toto dopo la masticazione, il che può essere difficile

se le particelle sono molto piccole e la mobilità e la sensibilità delle strutture orali sono ridotte. Durante la masticazione di chewing gum non vi è alcuna triturazione di particelle, quindi, non ci sono frammenti che possono diffondersi nella cavità orale, rimanere bloccati nel vestibolo, tra i denti e il pavimento della bocca oppure che potrebbero rimanere bloccati sotto le protesi o essere ingeriti e quindi persi per la successiva analisi. Le piccole particelle possono anche costituire un rischio di aspirazione nei pazienti disfagici.

I test di capacità di miscelazione per l'efficienza masticatoria dipendono meno dalla portata della saliva, che è di particolare importanza quando si somministra il test in pazienti anziani che soffrono frequentemente di xerostomia. Quindi i test di comminazione sono poco adatti per un ambiente clinico come un reparto geriatrico ed anche per questo sono stati proposti metodi alternativi che utilizzano campioni coesivi, come gomme da masticare colorate o cera.³³

Le prestazioni masticatorie possono essere influenzate dallo stato dentale, ma anche dalla malattia neuro-muscolare, dalla coordinazione motoria, dall'ictus, dalla xerostomia, dall'atrofia muscolare o persino dal deterioramento cognitivo. Mentre lo stato dentale di un paziente può essere facilmente determinato mediante esame clinico, tale test di miscelazione dei colori può essere particolarmente utile per valutare la funzione delle strutture coinvolte e nel controllo motorio dal SNC. In questa capacità il test di miscelazione del colore può essere un utile strumento diagnostico per la diagnosi precoce della malattia e consentire il rinvio precoce a una visita specialistica. Ma anche quando non è presente alcuna malattia, la funzione masticatoria può contribuire essenzialmente alla qualità della vita correlata alla salute orale e al benessere sociale di un paziente, poiché godersi i pasti è uno dei principali piaceri, soprattutto in età

avanzata. Spesso i medici o gli infermieri non sono sufficientemente formati per eseguire un esame orale e per rilevare la compromissione funzionale. Il test di miscelazione dei colori descritto consente a qualsiasi operatore sanitario una stima rapida ed efficiente, ma anche obiettiva, dell'efficienza masticatoria di un paziente. I campioni di prova possono essere conservati per molto tempo, sono pronti disponibili, non costosi e sono disponibili in qualità standardizzata. Le procedure di prova sono sicure e richiedono meno di 1 minuto di tempo clinico. Inoltre, masticare una gomma è ampiamente accettato dai pazienti, anche tra persone anziane; le sue proprietà masticatorie sono familiari alla maggior parte delle persone quindi sono abituate a usare gomme da masticare, perciò è probabile che si verifichi un atto di masticazione più inconscio.¹⁹

A causa di questi vantaggi la gomma da masticare è già stata utilizzata da molti ricercatori per testare l'efficienza masticatoria.

Tuttavia, ha anche degli svantaggi, può attaccarsi alle protesi se non appositamente formulato e, inoltre, i chewing gum, spesso contengono zucchero e potrebbe quindi non essere adatto a pazienti con diabete grave.

In conclusione, il test della gomma da masticare bicolore può essere raccomandato per valutare l'efficienza masticatoria in un ambiente clinico. Le valutazioni più affidabili si ottengono dopo aver appiattito il bolo su un wafer di 1 mm di spessore. Si raccomanda una durata di masticazione di 20 cicli, in quanto sembra discriminare sufficientemente tra l'efficienza masticatoria "fisiologica" di una persona giovane, sana e completamente dentata e con un individuo anziano con un sostanziale handicap masticatorio.³⁰

6. Test sperimentale

6.1 Obiettivo dello studio

Lo scopo del presente progetto è quello di mettere in relazione gli stili di vita “mediterranei” alla salute del cavo orale.

Mangiare in maniera sana, varia ed equilibrata è fondamentale per fornire all’organismo tutti i nutrienti di cui ha bisogno per vivere e funzionare in maniera corretta.

Seguire i principi della dieta mediterranea ogni giorno significa assicurarsi tutti i macronutrienti e micronutrienti utili all’organismo. La sua efficacia per la salute è supportata da numerosi studi che hanno messo in evidenza nel corso del tempo la stretta correlazione tra questo regime alimentare e la prevenzione di patologie di diversa natura, tra cui le più rilevanti sono: cardiovascolari, metaboliche, oncologiche e addirittura neurodegenerative.

La dieta mediterranea viene considerata uno dei modelli alimentari più salutari al mondo grazie ad una combinazione di cibi ricchi principalmente di antiossidanti e antinfiammatori. Molti studi hanno dimostrato la relazione fra un alto livello di aderenza alla dieta mediterranea e la diminuzione di alcune malattie croniche (come le malattie cardiovascolari, il diabete, ecc.) e patologie neoplastiche³⁶.

Infatti, grazie ad i suoi effetti protettivi nel ridurre i processi ossidativi e infiammatori delle cellule, la dieta mediterranea è considerata un modo facilmente gestibile per combattere l’insorgenza di queste patologie. Sugli anziani è stato osservato che la dieta mediterranea unita ad uno stile di vita sano (attività fisica, non fumatori e consumo moderato di alcol) è associata a un basso rischio di malattie cardiovascolari, una minore mortalità

e posticipa il declino cognitivo, diminuendo il rischio di depressione.³⁷

Il modello di dieta mediterranea ha dimostrato di avere anche una migliore impronta ecologica rispetto alle attuali abitudini alimentari dei paesi industrializzati, ciò è dovuto principalmente al maggior consumo di alimenti di origine vegetale locali e di stagione e al minor consumo di prodotti di origine animale. Nella dieta mediterranea viene infatti sottolineata la preferenza per il cibo locale, stagionale, fresco e minimamente trasformato, sostenendo la biodiversità e cibi ecologici e tradizionali.³⁸

Quando la dieta è povera di principi nutritivi quali vitamine, fibre, sali minerali e proteine a risentirne è tutto l'organismo, bocca e denti compresi, che possono diventare più fragili e suscettibili alle infezioni.

Allo stesso modo, può rivelarsi deleteria per la salute orale una dieta troppo elaborata e ricca di zuccheri semplici, carboidrati e grassi saturi, che possono favorire l'insorgenza di carie e malattia parodontale.

Oggi, l'alimentazione è particolarmente ricca di macronutrienti (carboidrati, lipidi e proteine) e povera di micronutrienti, quali magnesio, potassio, calcio e antiossidanti, che sono fondamentali per consentire i processi biochimici dell'organismo e proteggere le cellule dal danno ossidativo causato dai radicali liberi. Un regime alimentare non adeguato e povero di micronutrienti può favorire la comparsa di patologie a carico del cavo orale – soprattutto in associazione a una scarsa igiene orale – influenzare la gravità del disturbo e rendere più difficile il processo riparativo dei tessuti.

Questo può essere tanto più valido per gli studenti universitari che per varie ragioni non seguono un regime alimentare equilibrato.

Le abitudini alimentari degli studenti universitari assomigliano a un modello alimentare occidentale; vi è un consumo più elevato di alimenti e prodotti "veloci" e ad alto contenuto energetico, che potrebbero essere direttamente correlati all'aumento di peso riscontrato negli studenti.

L'"occidentalizzazione" della dieta europea data dalla globalizzazione dei mercati, ha portato all'abbandono da parte delle generazioni più giovani dei modelli alimentari tradizionali poiché si ha più accesso a gruppi alimentari non mediterranei come grassi animali, oli vegetali (diversi dall'olio d'oliva), zucchero e carne rossa. I giovani tendono ad allontanarsi dalle abitudini sane, ciò sembra essere influenzato dai cambiamenti emotivi, fisiologici e ambientali vissuti durante l'età adulta emergente, che portano a cambiamenti nei loro modelli dietetici, soprattutto dati dalla ricerca di praticità e velocità nell'alimentazione con la conseguenza dell'aumento del consumo di cibi "fast food".

Come riportato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), le malattie in età adulta sono dovute a comportamenti a rischio per la salute che iniziano durante l'adolescenza. Bambini e ragazzi tendono a non consumare la quantità giornaliera raccomandata di frutta e verdura, ed eccedere con il consumo di zuccheri aggiunti, carni lavorate e grassi. È stato dimostrato che fra l'adolescenza e la giovane età adulta, con l'aumento dell'indipendenza, iniziano comportamenti correlati con l'aumento di peso come il consumo eccessivo di alcol e un basso livello di attività fisica.³⁹

La scarsa aderenza alla dieta mediterranea perciò può avere futuri impatti negativi sulla salute e sulla qualità della vita e può influire sul benessere fisico e mentale anche nella vita adulta.⁴⁰

6.2 Materiali e metodi

I soggetti arruolati nello studio sono studenti universitari della Facoltà di Medicina e Chirurgia dell'Università Politecnica delle Marche, Ancona. Sono stati coinvolti giovani adulti di età compresa tra i 18 e i 30 anni, di entrambi i sessi, che hanno deciso di partecipare volontariamente allo studio.

I partecipanti allo studio sono stati sottoposti a:

a) Visita odontoiatrica

L'operatore ha compilato una scheda, raccogliendo e indicando: anamnesi medica, anamnesi odontoiatrica remota e prossima, lo stato dei tessuti molli della cavità orale, la classe dentale, il numero degli elementi dentali presenti in arcata e la loro disposizione, il Decayed Missing Filled Teeth (DMFT), eventuali anomalie di numero e forma, disfunzioni all'articolazione temporo-mandibolare, il Periodontal Screening and Recording (PSR) a sestanti e la VoH (Varianza della Tinta). Ai partecipanti, inoltre, è stato chiesto di compilare il questionario OHIP-14 (Oral Health Impact Profile-14).

b) Test Performance Masticatoria

Ad ogni soggetto sono stati fatti masticare due chewing-gum di due colori differenti (rosa-blu). L'operatore ha contato il numero di cicli masticatori e al raggiungimento di 20 cicli, ha chiesto al partecipante di cessare l'atto. Successivamente ha prelevato il bolo e, dopo aver rimosso l'eccesso di saliva tamponando delicatamente il campione con della carta, lo ha posizionato all'interno di un sacchetto di plastica trasparente avendo cura di porlo circa al centro dello stesso. Successivamente, è stato effettuato il calcolo del VoH posizionando i campioni all'interno di un nuovo dispositivo per la valutazione della funzione masticatoria. Essendo

formato da due porzioni, dopo il posizionamento del campione e la sua chiusura si otteneva uno spessore del chewing gum di 1 mm che poi veniva valutato dal dispositivo da entrambi i lati.

Ogni campione è stato poi scannerizzato da entrambi i lati anche con uno scanner piano (Canon mx545) e le immagini ottenute sono state valutate optoelettronicamente mediante l'utilizzo del software ViewGum© ottenendo il valore della Varianza della Tinta (VoH). Il software converte le immagini dei campioni nello spazio colore HSI (Hue, Saturation, Intensity) e calcola l'omogeneità della miscela di colori come varianza di tonalità (VoH, intervallo da 0 a 1). Esemplari ben masticati con un alto grado di miscelazione di colori presentano un basso VoH e viceversa.

L'immagine è stata segmentata in primo piano (contenente la gomma) e lo sfondo, da un semplice algoritmo di segmentazione assistito dall'utente. Per sequenziare l'immagine, l'operatore ha disegnato tratti a mano libera con il mouse sulle aree di primo piano e di sfondo. Sulla base dei valori dei pixel nelle aree del tratto e della distanza di ciascun pixel da queste aree, il software calcola la probabilità che ogni pixel appartenga al primo piano o allo sfondo e segmenta l'immagine di conseguenza (Figura 1). Non è necessario essere precisi nel posizionamento dei marcatori, poiché il software segmenterà l'immagine in modo appropriato la



Figura 6. Immagine di un campione analizzato con ViewGum©.

maggior parte delle volte, anche se le tracce del mouse sono scarse e coprono solo approssimativamente le aree di interesse. Comunque, successivamente l'operatore può reintervenire, laddove ce ne fosse bisogno, e andare a modificare il risultato ottenuto nella segmentazione dell'immagine.

c) *Visita nutrizionale*

Sono stati valutati i seguenti parametri:

- misure antropometriche (peso, altezza, BMI, percentuale muscoli scheletrici, percentuale di grasso corporeo, percentuale di grasso viscerale, metabolismo a riposo, circonferenza vita, circonferenza fianchi, rapporto vita-fianchi e handgrip (forza di presa);
- dati riguardanti i consumi alimentari in termini qualitativi e quantitativi mediante un questionario alimentare;
- bioimpedenziometria (BIA): per l'analisi è stato utilizzato il misuratore della composizione corporea OMRON BF511, dispositivo medico in grado di misurare il grasso corporeo, grasso viscerale, indice di massa corporea (BMI), muscolatura scheletrica e il calcolo del valore relativo del metabolismo a riposo. La misurazione è possibile grazie ai 4 elettrodi posti sulla superficie della bilancia (elettrodi dei piedi), e agli altri 4 elettrodi che si trovano nella maniglia estraibile (elettrodi delle mani).

6.3 Risultati

Lo studio è stato condotto su un campione di 50 soggetti nel giugno del 2023. Erano tutti giovani adulti di età media: 25.2 ± 4.8 ed omogenei per sesso (26 maschi e 24 femmine), $p > 0.05$.

Dai ragazzi arruolati nello studio sono stati ottenuti un totale di 50 campioni. Tutti i chewing gum sono stati digitalizzati con uno scanner ed analizzati da entrambi i lati, ottenendo quindi un totale di 100 immagini. Le due immagini dei due lati dello stesso campione sono state poi analizzate contemporaneamente con il software ViewGum© ottenendo il valore della Varianza della Tinta (VoH).

Sono stati quindi analizzati i dati ottenuti andando a valutare il valore del VoH complessivo dell'intero campione, e poi suddividendo i campioni in base al sesso, al fine di valutare adeguatamente la performance masticatoria.

I dati sono stati riassunti nelle Tabelle 1, 2 e 3 e nei rispettivi grafici sottostanti.

Tabella 1. Summary VoH intero campione.

Summary VoH						
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	
0.0220	0.0430	0.0965	0.1280	0.1870	0.6740	

$Sd(\text{VoH}) \pm 0.1171332$

Tabella 2. Summary VoH Maschi.

Summary VoH Males						
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	
0.0220	0.0365	0.0850	0.1180	0.1735	0.3110	

$Sd(\text{VoH}) \pm 0.09887346$

Tabella 3. Summary VoH Femmine.

Summary VoH Females						
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	
0.0230	0.0555	0.1010	0.1398	0.1810	0.6740	

$Sd(\text{FVoH}) \pm 0.1368771$

Grafico 1. VoH intero campione.

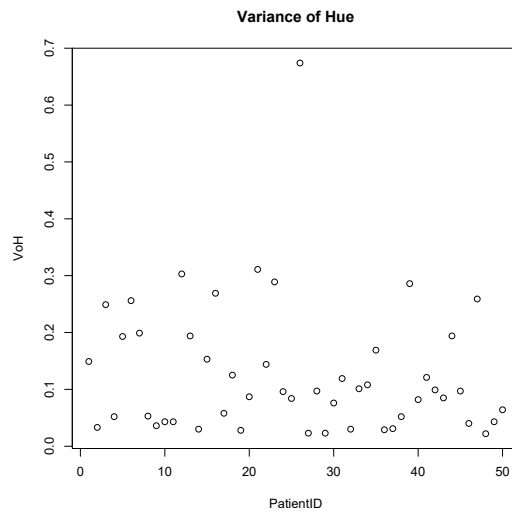


Grafico 2. VoH Maschi.

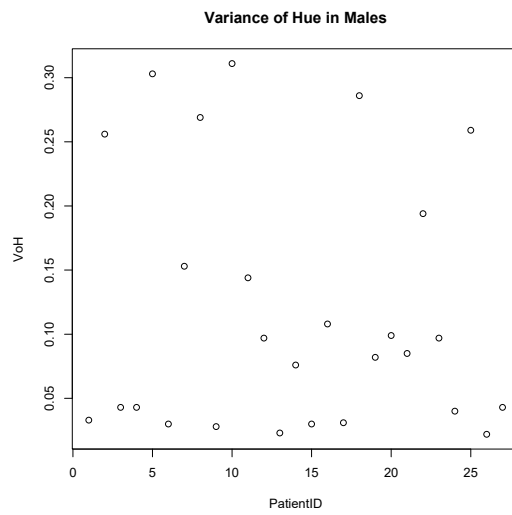
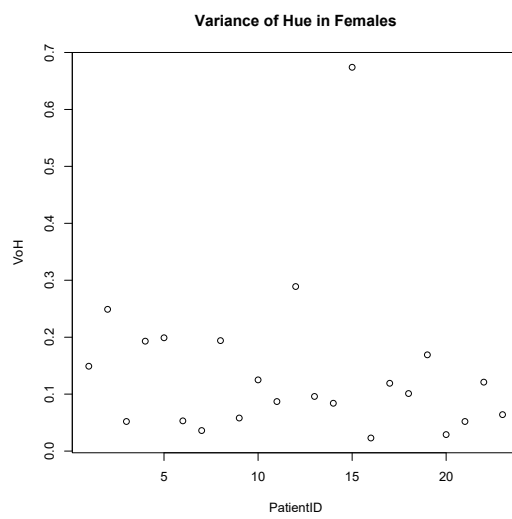


Grafico 3. VoH femmine.



È stata confrontata la performance masticatoria tra maschi e femmine e non sono state rilevate delle differenze statisticamente significative tra i due gruppi ($p>0.05$) (Grafico 4).

Anche valutando le performance masticatorie in relazione alle unità funzionali non sono state individuate delle differenze statisticamente rilevanti ($p>0.05$) (sono state considerate come due unità funzionali ogni coppia di molari in occlusione ed un'unità funzionale per i premolari in occlusione) (Grafico 5).

Grafico 4. Performance masticatoria in relazione al sesso.

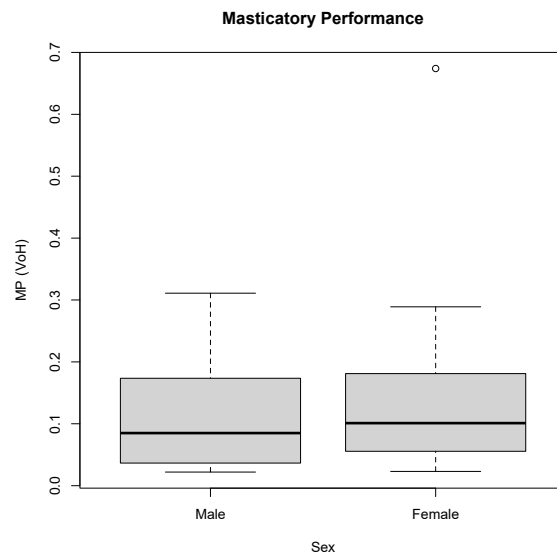
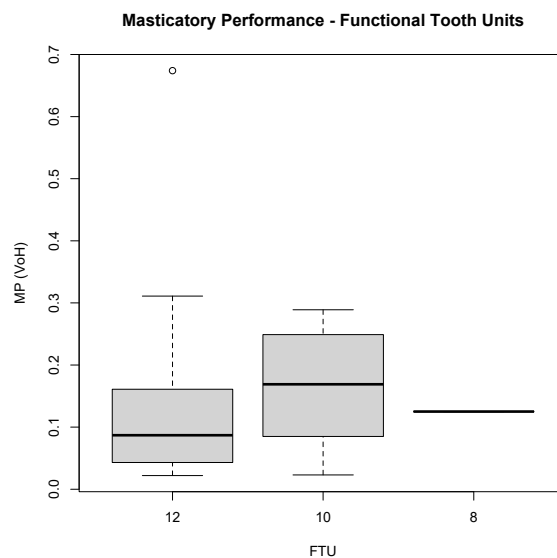


Grafico 5. Performance masticatoria in relazione alle unità funzionali



Dai dati rilevati con la visita nutrizionale è stato osservato che il campione femminile ha una percentuale di massa grassa maggiore rispetto ai maschi ($p < 0.001$); invece il campione maschile ha una percentuale di massa muscolare significativamente maggiore rispetto alle femmine ($p < 0.001$). Mentre per la percentuale di massa grassa viscerale i maschi hanno dei valori superiori rispetto alle femmine ($p < 0.01$).

Per quanto riguarda la circonferenza addominale invece è stato osservato che il campione maschile ha dei valori significativamente maggiori rispetto al campione femminile ($p < 0.01$). Allo stesso modo per quanto riguarda la circonferenza fianchi è stato visto che i maschi hanno dei valori più alti rispetto alle femmine ($p < 0.05$).

I risultati dell'handgrip test (forza di presa) hanno mostrato dei valori significativamente maggiori dei maschi rispetto alle femmine ($p < 0.001$).

È stato effettuato anche il test di correlazione di Pearson tra la performance masticatoria e diverse variabili per valutarne un'eventuale correlazione. Nel campione analizzato non è emersa nessuna correlazione tra il VoH e età, metabolismo, denti, handgrip, BMI, massa grassa, grasso viscerale, massa muscolare, circonferenza vita, circonferenza fianchi e peso. Mentre è emersa una correlazione tra il VoH e l'altezza con un valore di p-value = 0.03231.

Riportiamo nella tabella sottostante i risultati delle risposte espresse in percentuale del questionario OHIP-14.

		SI	NO
1	Hai avuto difficoltà a pronunciare qualche parola a causa di problemi ai denti e/o alla bocca?	4%	96%

2	Hai sentito che il tuo senso del gusto è peggiorato a causa di problemi ai denti e/o alla bocca?	2%	98%
3	Hai avuto dolori alla bocca?	48%	52%
4	Ha trovato scomodo mangiare qualsiasi cibo a causa di problemi ai denti e/o alla bocca?	36%	64%
5	Sei stato impacciato a causa dei denti e/o della bocca?	8%	92%
6	Ti sei sentito teso a causa di problemi ai denti e/o alla bocca?	28%	72%
7	La tua dieta è stata insoddisfacente a causa di problemi ai denti e/o alla bocca?	6%	94%
8	Hai dovuto interrompere i pasti a causa di problemi ai denti e/o alla bocca?	12%	88%
9	Hai avuto difficoltà a rilassarti a causa di problemi ai denti e/o alla bocca?	14%	86%
10	Sei stato un po' imbarazzato a causa di problemi ai denti e/o alla bocca?	18%	82%
11	Sei stato un po' irritabile con altre persone a causa di problemi ai denti e/o alla bocca?	10%	90%
12	Hai avuto difficoltà a svolgere i tuoi lavori abituali a causa di problemi ai denti e/o alla bocca?	12%	88%
13	Hai avuto la sensazione che la vita in generale fosse meno soddisfacente a causa di problemi ai denti e/o alla bocca?	10%	90%
14	Sei stato totalmente incapace di agire a causa di problemi ai denti e/o alla bocca?	2%	98%

Infine, inseriamo nelle tabelle sottostanti anche i risultati espressi in percentuale del questionario di aderenza alla dieta mediterranea dell'intero campione (Tabella 4) e successivamente differenziando i risultati tra il campione maschile e femminile (Tabella 5).

Tabella 4. Risultati del questionario di aderenza alla dieta mediterranea dell'intero campione. (Porzione = pz; Unità Alcolica = U.A.)

Frutta	<1 pz/die	1-2 pz/die	>2 pz/die
	28%	68%	4%
Verdura	<1 pz/die	1-2.5 pz/die	>2.5 pz/die
	10%	78%	12%
Legumi	<1 pz/sett	1-2 pz/sett	>2 pz/sett
	38%	40%	22%
Cereali	<1 pz/die	1-1.5 pz/die	>1.5 pz/die
	8%	38%	54%
Pesce	<1 pz/sett	1-2.5 pz/sett	>2.5 pz/sett
	20%	68%	12%
Carne e salumi	<1 pz/die	1-1.5 pz/die	>1.5 pz/die
	16%	60%	24%
Latte e latticini	<1 pz/die	1-1.5 pz/die	>1.5 pz/die
	22%	58%	20%
Alcol	< 1 U.A./die	1-2 U.A./die	>2U.A./die
	86%	14%	0%
Olio d'oliva	occasionalmente	frequentemente	regolarmente
	12%	18%	70%

Tabella 5. Risultati del questionario di aderenza alla dieta mediterranea maschi e femmine. (Porzione = pz; Unità Alcolica = U.A.)

Frutta	<1 pz/die	1-2 pz/die	>2 pz/die
M	26.9%	69.2%	3.9%
F	29.2%	66.7%	4.1%
Verdura	<1 pz/die	1-2.5 pz/die	>2.5 pz/die
M	11.6%	76.8%	11.6%
F	8.3%	75%	16.7%
Legumi	<1 pz/sett	1-2 pz/sett	>2 pz/sett
M	38.4%	46.2%	15.4%
F	37.5%	33.3%	29.2%
Cereali	<1 pz/die	1-1.5 pz/die	>1.5 pz/die
M	15.4%	19.2%	65.4%
F	0%	58.3%	41.7%
Pesce	<1 pz/sett	1-2.5 pz/sett	>2.5 pz/sett
M	11.6%	73%	15.4%
F	29.2%	62.5%	8.3%
Carne e salumi	<1 pz/die	1-1.5 pz/die	>1.5 pz/die
M	11.6%	53.8%	34.6%
F	20.8%	62.5%	16.7%
Latte e latticini	<1 pz/die	1-1.5 pz/die	>1.5 pz/die
M	23.1%	46.2%	30.7%
F	20.8%	70.9%	8.3%
Alcol	< 1 U.A./die	1-2 U.A./die	>2U.A./die
M	80.8%	19.2%	0%
F	91.7%	8.3%	0%
Olio d'oliva	occasionalmente	frequentemente	regolarmente
M	11.6%	15.4%	73%
F	12.5%	20.8%	66.7%

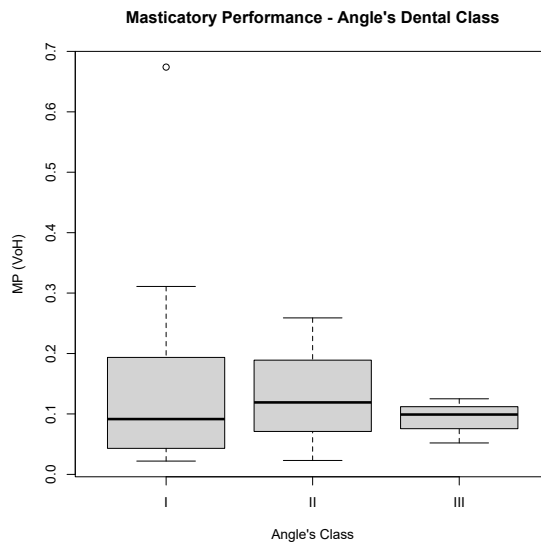
6.4 Discussione

Il “two color mixing ability test” per valutare la performance masticatoria ormai viene considerato come un test semplice ed efficace che può essere utilizzato all’interno di un contesto clinico⁴¹.

Ai pazienti coinvolti nello studio sono stati fatti masticare due chewing gum di colore rosa e blu seguendo il protocollo di Schimmel, per un totale di 20 cicli masticatori. Questo numero di atti masticatori è sufficiente per ottenere conclusioni valide per analizzare l'efficienza masticatoria.^{32,33}

Il campione di 50 volontari reclutati nello studio è costituito da giovani adulti, completamente dentati (29.6 ± 2.0), senza disordini all’articolazione temporo-mandibolare, che percepivano di avere una funzione masticatoria normale e quasi tutti presentavano una prima classe dentale (n=44). Non è stata osservata una differenza statisticamente significativa della performance masticatoria confrontando i valori del VoH con i soggetti del campione in prima classe, con chi aveva una seconda o terza classe di Angle ($p>0.05$) (Grafico 6).

Grafico 6. Valori di performance masticatoria in relazione alla classe di Angle.



Confrontando i risultati ottenuti in termini di performance masticatoria ($VoH\ 0.128 \pm 0.117$) con quelli di studi già presenti in letteratura^{33,34} con le stesse caratteristiche del campione (gruppo di individui under 30, senza patologie rilevanti e completamente dentati) i valori risultano essere del tutto paragonabili. Pertanto, valori di performance masticatoria, misurata in termini di VoH, simili possono definire una popolazione sana di riferimento, avente una adeguata funzione masticatoria.

Analizzando i risultati del questionario OHIP-14 è emerso che quasi la metà del campione, precisamente il 48%, ha avuto nel corso della sua vita dolori correlati al cavo orale, mentre un 36% ha riscontrato delle difficoltà nel mangiare alcune tipologie di cibo, un 6% ha riferito che la dieta è stata insoddisfacente ed il 12% ha dovuto interrompere i pasti a causa di problemi ai denti e/o alla bocca. Tra tutti coloro che hanno partecipato allo studio, inoltre, una percentuale che va dal 8% al 28% ha riferito di aver avuto problematiche di tipo psicologico/sociale, cioè, sentirsi impacciato, teso, irritabile, in imbarazzo, con difficoltà a rilassarsi o con la sensazione che la vita in generale fosse meno soddisfacente per delle problematiche correlate ai denti e/o alla bocca. Mentre solo una percentuale del campione che va dal 2% al 4% ha avuto difficoltà a pronunciare delle parole, ha avvertito che il suo senso del gusto è peggiorato o si è sentito totalmente incapace di agire a causa di problematiche correlati ai denti e/o alla bocca.

Un aspetto, quindi, molto importante da tenere in considerazione nel momento in cui si va a valutare la funzione masticatoria è la qualità della vita correlata alla salute orale, che descrive il benessere e la soddisfazione legati alla salute orale. Nei pazienti clinicamente compromessi, Locker et al. hanno trovato una stretta correlazione tra gli indicatori di salute orale e le misure della

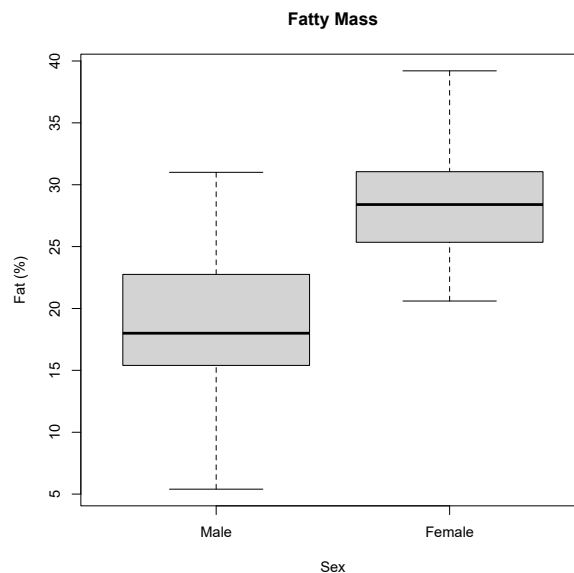
qualità della vita, indicando che i pazienti con scarsa salute orale auto-percepita avevano un morale più basso, livelli più alti di stress e più bassi di soddisfazione⁴¹.

Quindi una performance masticatoria adeguata è un aspetto fondamentale sia per aiutare a mantenere una corretta salute psicologica, sia per mantenere un'adeguata salute fisica: questo perché avere una ridotta capacità masticatoria può portare a dover selezionare la tipologia di cibo che si va ad ingerire, escludendo dalla dieta alcuni alimenti che possono creare più difficoltà alla masticazione, al punto tale da arrivare ad una condizione di ridotto introito di alcuni macronutrienti e micronutrienti, che poi potrebbe comportare delle problematiche di salute e deficit nutrizionali.

Da ciò si evince che il mantenimento di una buona performance masticatoria è di fondamentale importanza per mantenere una corretta dieta, la quale, oltre a garantire la salute dell'intero organismo, gioca un ruolo importante a sua volta anche a livello della salute orale. Questo perché è stato visto che chi ha una ridotta efficienza masticatoria tende - soprattutto nelle società occidentali - ad un maggior consumo di cibi trasformati industrialmente che li rende più morbidi ma anche più ricchi di zuccheri e acidi grassi saturi, favorendo lo sviluppo di patologie a carico del cavo orale come la malattia parodontale e carie dentali, senza tralasciare ovviamente l'aumento della probabilità nel lungo periodo di sviluppare patologie sistemiche di tipo cardio-vascolare, dismetaboliche, ecc. Inoltre, una tale condizione porta il soggetto a limitare o evitare cibi naturali che restano più difficili da masticare come verdure crude e frutta fresca che sono alla base di una corretta dieta mediterranea, ma anche allo stesso tempo un ridotto consumo di cibi come la carne che è un importante fonte di proteine e ferro.

Infine, dai dati raccolti dalla visita nutrizionale uno dei valori che risalta maggiormente è la differenza tra maschi e femmine dei valori della massa grassa, la quale risulta significativamente più alta nelle femmine (Grafico 6). Tale differenza potrebbe essere correlata alla dieta, anche se tale dato non sembra essere supportato dai risultati ottenuti dal questionario di aderenza alla dieta mediterranea perché non ci sono delle differenze molto significative tra i risultati ottenuti dal campione maschile e da quello femminile.

Grafico 7. Percentuale di massa grassa in relazione al sesso.



6.5 Conclusion

Una riduzione della performance masticatoria, quindi, potrebbe portare più facilmente ad una situazione di dieta scorretta e a una condizione di malnutrizione proteico-energetica, che si verifica quando l'organismo non riceve una quantità sufficiente di proteine e/o alimenti energetici rispetto alle sue necessità.

Perciò riuscire a mantenere una buona performance masticatoria deve essere un obiettivo comune di tutte le figure mediche che nel tempo trattano i pazienti, sia medici che ovviamente gli odontoiatri, perché così facendo si mantiene il più possibile la capacità di poter masticare ogni tipologia di alimento senza nessuna limitazione e senza dover selezionare dei cibi dalla dieta da evitare solo per una riduzione dell'efficienza masticatoria.

7. **Bibliografia**

1. Ash, M. M., Ash, C. M., Ash, J. L. & Ash, G. M. Current concepts of the relationship and management of temporomandibular disorders and auditory symptoms. *J. Mich. Dent. Assoc.* **72**, 550–555 (1990).
2. Manrico Morroni, 2017. Anatomia funzionale e imaging Sistema locomotore. Edi.Ermes s.r.l. - Milano
3. Widmalm, S. E., Lillie, J. H. & Ash, M. M. Anatomical and electromyographic studies of the lateral pterygoid muscle. *J. Oral Rehabil.* **14**, 429–446 (1987).
4. Thilander, B. INNERVATION OF THE TEMPORO-MANDIBULAR DISC IN MAN. *Acta Odontol. Scand.* **22**, 151–156 (1964).
5. Anastasi, 2006. Trattato di anatomia umana quarta edizione. Edi.Ermes - Milano 2006
6. Brown, T. Mandibular movements. *Monogr. Oral Sci.* **4**, 126–150 (1975).
7. Peck, C. C. Biomechanics of occlusion--implications for oral rehabilitation. *J. Oral Rehabil.* **43**, 205–214 (2016).
8. Slavicek, G. Human mastication. *Int. J. Stomatol. Occlusion Med.* **3**, 29–41 (2010).
9. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. *J. Prosthet. Dent.* **117**, e1–e105 (2017).
10. Uy et al. - 2022 - Food intake, masticatory function, tooth mobility
11. Uy, S. N. M. R. *et al.* 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.* **49**, 240–250 (2022).
12. van der Bilt - 2012 - Oral Management of Food

13. van der Bilt, A. Oral Management of Food. in *Food Oral Processing* (eds. Chen, J. & Engelen, L.) 61–93 (Wiley, 2012). doi:10.1002/9781444360943.ch4.
14. Cassady, B. A., Hollis, J. H., Fulford, A. D., Considine, R. V. & Mattes, R. D. Mastication of almonds: effects of lipid bioaccessibility, appetite, and hormone response. *Am. J. Clin. Nutr.* **89**, 794–800 (2009).
15. Effect of mastication on lipid bioaccessibility of almonds in a randomized human study and its implications for digestion kinetics, metabolizable energy, and postprandial lipemia, - ScienceDirect.
16. Ellis, P. R. *et al.* Role of cell walls in the bioaccessibility of lipids in almond seeds. *Am. J. Clin. Nutr.* **80**, 604–613 (2004).
17. Cassady, B. A., Hollis, J. H., Fulford, A. D., Considine, R. V. & Mattes, R. D. Mastication of almonds: effects of lipid bioaccessibility, appetite, and hormone response. *Am. J. Clin. Nutr.* **89**, 794–800 (2009).
18. Effects of Meals High in Carbohydrate, Protein, and Fat on Ghrelin and Peptide YY Secretion in Prepubertal Children | The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism | Oxford Academic.
19. Schimmel et al. - 2015 - A novel colourimetric technique to assess chewing .pdf.
20. N’Gom, P. I. & Woda, A. Influence of impaired mastication on nutrition. *J. Prosthet. Dent.* **87**, 667–673 (2002).
21. Gerritsen, A. E., Allen, P. F., Witter, D. J., Bronkhorst, E. M. & Creugers, N. H. Tooth loss and oral health-related quality of life: a systematic review and meta-analysis. *Health Qual. Life Outcomes* **8**, 126 (2010).
22. Müller, F. & Nitschke, I. [Oral health, dental state and nutrition in older adults]. *Z. Gerontol. Geriatr.* **38**, 334–341 (2005).

23. Mishellany-Dutour, A., Renaud, J., Peyron, M.-A., Rimek, F. & Woda, A. Is the goal of mastication reached in young dentates, aged dentates and aged denture wearers? *Br. J. Nutr.* **99**, 121–128 (2008).
24. Okamoto, N. *et al.* Tooth loss is associated with mild memory impairment in the elderly: the Fujiwara-kyo study. *Brain Res.* **1349**, 68–75 (2010).
25. Elsig, F. *et al.* Tooth loss, chewing efficiency and cognitive impairment in geriatric patients. *Gerodontology* **32**, 149–156 (2015).
26. Onozuka, M. *et al.* Age-related changes in brain regional activity during chewing: a functional magnetic resonance imaging study. *J. Dent. Res.* **82**, 657–660 (2003).
27. Kim e Han - 2022 - Does reduced chewing ability efficiency influence
28. Gonçalves et al. - 2021 - Consensus on the terminologies and methodologies
29. Hori, K. *et al.* Reliability of a novel wearable device to measure chewing frequency. *J. Prosthodont. Res.* **65**, 340–345 (2021).
30. Schimmel et al. - 2007 - A two-colour chewing gum test for masticatory effi.pdf.
31. Liedberg, B. & Owall, B. Oral bolus kneading and shaping measured with chewing gum. *Dysphagia* **10**, 101–106 (1995).
32. Prinz, J. F. Quantitative evaluation of the effect of bolus size and number of chewing strokes on the intra-oral mixing of a two-colour chewing gum. *J. Oral Rehabil.* **26**, 243–247 (1999).
33. Halazonetis et al. - 2013 - Novel software for quantitative evaluation and gra.pdf.
34. Aquilanti, L. *et al.* A Novel Color-Based Segmentation Method for the Objective Measurement of Human Masticatory Performance. *Appl. Sci.* **10**, 8626 (2020).

35. 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.* **34**, 671–678 (2007).
36. Mentella, M. C., Scaldaferrri, F., Ricci, C., Gasbarrini, A. & Miggiano, G. A. D. Cancer and Mediterranean Diet: A Review. *Nutrients* **11**, 2059 (2019).
37. Mentella, M. C., Scaldaferrri, F., Ricci, C., Gasbarrini, A. & Miggiano, G. A. D. Cancer and Mediterranean Diet: A Review. *Nutrients* **11**, 2059 (2019).
38. Sood, S. *et al.* Higher Adherence to a Mediterranean Diet Is Associated with Improved Insulin Sensitivity and Selected Markers of Inflammation in Individuals Who Are Overweight and Obese without Diabetes. *Nutrients* **14**, 4437 (2022).
39. Sogari, G., Velez-Argumedo, C., Gómez, M. I. & Mora, C. College Students and Eating Habits: A Study Using An Ecological Model for Healthy Behavior. *Nutrients* **10**, 1823 (2018).
40. Cobo-Cuenca, A. I. *et al.* Adherence to the Mediterranean Diet and Its Association with Body Composition and Physical Fitness in Spanish University Students. *Nutrients* **11**, 2830 (2019).
41. Schimmel, M. *et al.* Masticatory function and bite force in stroke patients. *J. Dent. Res.* **90**, 230–234 (2011).

