UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

DIPARTIMENTO DI
SCIENZE CLINICHE APPLICATE E BIOTECNOLOGICHE

Dottorato di Ricerca in Medicina Sperimentale

Curriculum Scienze cliniche, mediche e chirurgiche

XXXIII ciclo

Titolo della tesi

TRIAL CLINICO SULL'ANALISI DEI FATTORI OCCLUSALI, MUSCOLARI ED ARTICOLARI CHE INFLUENZANO LA STABILITÀ DEL TRATTAMENTO ORTODONTICO

SSD

MED/28 - Malattie Odontostomatologiche

Dottorando

Dott. Simone Ettore SALVATI

Coordinatore del corso

Prof.ssa Mariagrazia PERILLI

Tutor

Prof. Claudio CHIMENTI

Anno Accademico 2019/2020

INDICE

INTRODUZIONE 1
I FATTORI DI EQUILIBRIO DEL SISTEMA STOMATOGNATICO 3
La teoria dell'equilibrio 3
Effetti dell'equilibrio sulla dentizione 4
Effetti dell'equilibrio sui mascellari 8
Influenze funzionali sullo sviluppo dentofacciale 10
Funzione masticatoria 10
Succhiamento e altre abitudini viziate 14
Interposizione della lingua 17
Modello di respirazione 21
L'OCCLUSIONE FUNZIONALE 27
I primi passi verso una nuova filosofia 27
L'evoluzione delle conoscenze 30
Gli obiettivi di un trattamento fisiologico in ortodonzia 32
Il concetto di occlusione funzionale 40
RECIDIVA E CONTENZIONE 49
Eziologia della recidiva 50
Frequenza della recidiva e consenso informato 56
Il regime di contenzione 57
Malocclusione originale 57
Modello di crescita 58
Tipo di contenzione 59
Durata della contenzione 65
PARTE SPERIMENTALE 69
Obiettivo 69
Materiali e metodi 69
Risultati 81
Conclusioni 93
APPENDICE 95
Bibliografia 95

ABSTRACT

Introduzione: Quando una terapia ortodontica viene eseguita rispettando armonia estetica e funzione stomatognatica, il risultato dovrebbe consistere di un buon allineamento dentale, attorno al quale siano presenti una corretta occlusione, un buon equilibrio muscolare e un ottimo stato di salute delle articolazioni temporomandibolari. Tutto questo dovrebbe conferire al risultato una stabilità a lungo termine, senza il necessario impiego, vita natural durante, di dispositivi di contenzione, anche se ciò non corrisponde a quanto si verifica spesso in ambito clinico, dove la contenzione invece rappresenta, fondamentalmente, oltre che l'ultimo step programmato della terapia ortodontica, un presidio da mantenere in modo perenne.

Basi teoriche: È noto che l'attività muscolare è in grado di influenzare la forma dei segmenti scheletrici, così come la struttura degli stessi è condizionata dalla funzione; allo stesso modo, la pressione e le forze esercitate dai tessuti molli che circondano le arcate dentarie sono in grado di influenzarne la forma, attraverso il movimento gli elementi dentari che le compongono. È inoltre dimostrato, che la funzione dell'apparato stomatognatico, quando avviene nei limiti fisiologici, non ha un alcun ruolo nell'eziologia delle malocclusioni ma le parafunzioni quali il succhiamento del pollice, l'interposizione del labbro, la respirazione orale, ecc. sono senz'altro imputate nello sviluppo di molti tipi di malocclusione sia dentale che scheletrica. Due ulteriori elementi, che sono stati per anni al centro di accesi dibattiti tra ortodontisti, indicati come fondamentali per il raggiungimento di un risultato ideale in ortodonzia, oltre che indispensabili per il mantenimento di una stabilità a lungo termine del risultato raggiunto, consistono in una corretta relazione occlusale e in articolazioni temporo-mandibolari sane e correttamente posizionate.

Al di là di quanto esposto sopra, in ambito clinico la comparsa di una recidiva rappresenta un rischio molto frequente, se non addirittura costante, al termine della terapia ortodontica e può rappresentare un notevole problema, soprattutto per come viene vissuta dal paziente nella maggior parte dei casi: un fallimento della terapia a cui si è sottoposto. Malgrado si sia cercato di indagare a lungo sulle cause della recidiva e cercato di intervenire per ridurne la comparsa, in ben poche situazioni l'ortodontista può avere la sicurezza che questa non si presenti. Viene da sé che i dispositivi di contenzione rappresentano, nella stragrande maggioranza dei casi, l'unico elemento utile a garantire il mantenimento a lungo termine del risultato ottenuto.

Parte sperimentale

Obiettivo: È stato condotto uno studio clinico di coorte di tipo prospettico il cui obiettivo è stato determinare, tramite Little's Irregularity Index (L.I. Index) e Peer Assessment Rating Index (PAR Index), l'influenza di fattori muscolari, occlusali e articolari sulla stabilità a lungo termine dell'allineamento dentale in pazienti adulti trattati ortodonticamente e provvisti di contenzione fissa da almeno 12 mesi, dopo aver eseguito la rimozione della stessa.

Materiali e metodi: Sono stati individuati 40 pazienti adulti che avessero terminato la terapia ortodontica da almeno un anno e ai quali, al termine del trattamento, fosse stato applicato un dispositivo di contenzione fissa sulla faccia linguale del gruppo dentale anteriore inferiore. La mantenuta collocazione del dispositivo e, di conseguenza, una conservata posizione dei denti coinvolti, hanno rappresentato i requisiti necessari per il definitivo reclutamento dei pazienti nello studio.

A tempo T0, per ogni paziente, è stato registrato il grado di allineamento presente tra gli elementi dentali trattenuti dal retainer, adottando gli indici PAR e di Little; sono state inoltre rilevate le forze espresse dalle labbra e dalla lingua con l'ausilio rispettivamente di una dinamometria del muscolo orbicularis oris e di un'elettromiografia del ventre anteriore del muscolo digastrico; sono stati infine misurati, la distribuzione dei carichi masticatori occlusali per mezzo di un esame T-SCAN e l'equilibrio articolare mediante l'impiego dello strumento CPI-III. Si è quindi eseguita la rimozione del retainer presente.

Sono stati praticati controlli semestrali (tempi T1, T2 e T3) eseguendo nuovamente tutti gli esami effettuati nel corso del primo controllo.

Giunti al termine della fase clinica si proceduto all'elaborazione e all'analisi statistica dei dati raccolti. Un test statistico ANOVA ad una via è stato utilizzato per valutare la presenza di differenze statisticamente significative fra tutte le variabili ai diversi intervalli di tempo. Successivamente, per valutare l'effetto delle variabili che descrivono le caratteristiche muscolari, articolari e occlusali dei pazienti nel corso del tempo, sulla variazione T3-T0 delle variabili risposta (PAR Index e L.I. Index) che caratterizzano la stabilità dell'allineamento dentale, sono state utilizzate due regressioni logistiche binomiali. L'errore di I tipo è stato impostato come alfa<0.05.

Risultati: Dei 40 pazienti inizialmente individuati, dopo aver illustrato loro le caratteristiche della ricerca, solo 37 hanno deciso di aderire allo studio. La verifica dei requisiti necessari per il definitivo reclutamento ha portato a dover escludere 5 pazienti dallo studio. Dei 32 pazienti definitivamente reclutati, 4 non si sono presentati al controllo a T1, 7 non hanno preso parte al controllo a T2 e 3 non hanno raggiunto l'ultimo controllo a T3.

Il test ANOVA ha mostrato una differenza statisticamente significativa tra i diversi intervalli di tempo solo per la variabile PAR Index (P-value

<0,001). I confronti multipli (Games-Howell test) ad essa relativi hanno mostrato variazioni statisticamente significative tra gli intervalli più lontani: P-value = 0,001 tra T0 e T3 [Intervallo di confidenza 95% (-0,85; -0,19)] e P-value = 0,003 tra T1 e T3 [Intervallo di confidenza 95% (-0,82; -0,13)].

Le regressioni logistiche binomiali condotte sulle variabili risposta PAR Index e L.I. Index hanno mostrato dei modelli validi, in particolar modo per il L.I. Index, con una significatività per entrambi <0,001. La verifica della significatività dei singoli coefficienti delle regressioni condotte sulle variabili risposta ha mostrato che la variazione della forza dell'orbicularis oris influenza in modo statisticamente significativo sia la variazione del PAR Index con un P-value = 0,033 [Intervallo di confidenza 95% (0,003; 0,062)] che quella del L.I. Index con un P-value <0,001 [Intervallo di confidenza 95% (0,079; 0,128)].

Conclusioni: Maggiore è la forza espressa dal muscolo orbicularis oris, maggiore è il rischio di recidiva ortodontica, con una perdita della stabilità a lungo termine dell'allineamento del gruppo dentale anteriore inferiore. La mancanza di una contenzione permanente a seguito di una terapia ortodontica eseguita in pazienti adulti non può garantire il mantenimento a lungo termine dei risultati ottenuti.

INTRODUZIONE

L'idea di partenza per questo studio clinico origina dal concetto che una terapia ortodontica correttamente eseguita, nel rispetto dell'armonia estetica e della funzione stomatognatica, dovrebbe condurre ad una situazione di stabilità d'insieme[1] intesa come un equilibrio tra l'attività della muscolatura orale e periorale,[2,3] una corretta occlusione dentale con un'uniforme distribuzione dei carichi masticatori[4] e una regolare funzione delle articolazioni temporomandibolari[5] con un parallelo mantenimento di un buono stato di salute[6] delle stesse. In un esito di questo tipo, a rigor di logica, l'allineamento dentale definito al termine della terapia si dovrebbe mantenere costante nel tempo, con una stabilità globale frutto proprio di quell'equilibrio sopra descritto e non determinato invece, come accade nella maggior parte delle situazioni in ambito clinico, dall'applicazione e, soprattutto, dall'impiego, vita natural durante, di dispositivi di contenzione,[7] fissi o mobili, aventi la funzione di rendere inefficaci quei fattori di squilibrio che non si è provveduto o non si è riusciti a rimuovere nel corso del trattamento.

Tra l'altro la letteratura, in materia di contenzione, prevede che la stessa possa essere rimossa una volta che la nuova posizione degli elementi dentali, nel contesto del parodonto che li accoglie, sia stata affiancata da una completa riorganizzazione dello stesso tessuto di supporto,[8] con il raggiungimento di un'integrazione complessiva, tale da produrre una

nuova situazione di stabilità che eviti quindi lo spostamento dei denti da dove questi sono stati collocati. L'intervallo di tempo minimo, necessario affinché questa riorganizzazione abbia luogo completamente e si possa quindi aver raggiunto una situazione di stabilità, si attesta intorno ai 12 mesi; dopo circa 12 mesi è possibile sospendere la contenzione nei pazienti a fine crescita.[9(p629)] Possiamo quindi ipotizzare che, in un paziente adulto, sottoposto a terapia ortodontica eseguita a regola d'arte, ottenendo quale esito, quella situazione di stabilità globale di cui sopra, frutto di un equilibrio muscolare, occlusale e articolare, sia possibile, trascorsi almeno 12 mesi dall'applicazione del dispositivo di contenzione, eseguire la rimozione dello stesso senza, razionalmente, andare incontro alla comparsa di una recidiva. In una situazione di questo tipo e solo in tali condizioni, la rimozione del dispositivo di contenzione diverrebbe del tutto assimilabile ad una fase di protocollo clinico ed è appunto questo ciò che ci ha incoraggiato all'avvio di questo studio clinico di coorte.

I FATTORI DI EQUILIBRIO DEL SISTEMA STOMATOGNATICO

La teoria dell'equilibrio

La teoria dell'equilibrio, dal punto di vista prettamente fisico, afferma che un oggetto sottoposto a forze disuguali subisce accelerazioni e quindi si muove in una differente posizione dello spazio. Da ciò chiaramente deriva che se un qualsiasi oggetto è sottoposto ad un insieme di forze ma resta nella stessa posizione, queste forze devono essere necessariamente in equilibrio. Data questa premessa, è ovvio che la dentizione si trova in uno stato di equilibrio, dal momento che i denti, in circostanze normali, pur essendo soggetti a forze di diverso tipo, non vanno però incontro ad alcuno spostamento. Anche quando questi si muovono, gli spostamenti sono così lenti da presumere che, in ogni istante, esista un equilibrio statico.[9(p133)]

L'efficacia stessa del trattamento ortodontico è una dimostrazione che le forze che si esercitano normalmente sulla dentizione sono in equilibrio. Un dente, se è sottoposto ad una forza continua mediante l'applicazione di un'apparecchiatura ortodontica, si muove: da un punto di vista meccanico, la forza applicata dall'ortodontista ha alterato l'equilibrio preesistente determinando lo spostamento dentale. Da ciò si evince anche che, nonostante la dentizione sia soggetta a forze di notevole intensità durante la funzione, piccole forze aggiuntive, se mantenute per un tempo

abbastanza lungo, sono efficaci nel rompere l'equilibrio e provocare uno spostamento dentale.

Le considerazioni sull'equilibrio valgono anche per le strutture scheletriche, comprese quelle facciali. I processi ossei sui quali i muscoli si inseriscono sono influenzati in modo particolare dai muscoli e dalla posizione dell'inserzione tendinea. La forma della mandibola, dal momento che è in gran parte condizionata dalla forma dei suoi processi funzionali, è particolarmente soggetta a modificazioni. Le variazioni di dimensione dello scheletro come risposta alla funzione sono limitate ai processi muscolari delle ossa, ma la densità dello scheletro nel suo insieme aumenta quando viene svolto un lavoro intenso e diminuisce in sua assenza.

Effetti dell'equilibrio sulla dentizione

Gli effetti dell'equilibrio sulla dentizione possono essere meglio compresi osservando gli effetti provocati su di essa da vari tipi di pressione. Nonostante si possa pensare che l'intensità della forza moltiplicata per la sua durata ne spieghi gli effetti, questo non è sempre vero. La durata della forza, per la risposta biologica che ne deriva, è più importante della sua intensità.[9(pp133-136)]

Quando sono applicate ai denti delle forze masticatorie pesanti, il legamento parodontale, grazie al liquido contenuto in esso, agisce come un ammortizzatore, stabilizzando il dente per un istante, mentre l'osso

alveolare si piega e il dente si sposta leggermente con esso. Una pressione forte ed intermittente di questo tipo non ha alcun effetto sulla posizione a lungo termine di un dente. Pesanti contatti occlusali intermittenti sui denti possono determinare diverse risposte patologiche, come un aumento della loro mobilità e dolorabilità, ma finché l'apparato parodontale rimane intatto, raramente accade che le forze dell'occlusione si prolunghino per un tempo sufficiente a spostare il dente in una posizione in cui il trauma occlusale sia minore.

Un secondo fattore che influenza l'equilibrio della posizione dentale è rappresentato dalla pressione esercitata dalle labbra, dalle guance e dalla lingua. Queste forze sono più lievi di quelle della masticazione ma sono esercitate per un tempo molto più lungo. Diversi esperimenti indicano che persino forze molto lievi sono in grado di spostare i denti, se applicate per un periodo di tempo sufficientemente lungo. La soglia di durata nell'uomo sembra essere di circa 6 ore. Dal momento che le forze esercitate dalle labbra, guance e lingua a riposo vengono mantenute per la maggior parte del tempo, la posizione dentale dovrebbe risentire dell'influenza di tali tessuti molli.

È facile dimostrare che ciò si verifica realmente. Se, per esempio, il tessuto molle del labbro subisse una cicatrizzazione in grado di provocare uno stato di contrazione del labbro stesso, gli incisivi vicini verrebbero spostati lingualmente a causa della contrazione del labbro contro di essi. Al contrario, se la forza centripeta delle labbra e delle guance viene a mancare

per qualche motivo, i denti tendono a spostarsi vestibolarmente in risposta alla pressione esercitata dalla lingua, la quale non trova alcuna opposizione. L'ipertrofia della lingua, conseguente ad un tumore o ad un'altra causa avrà come risultato uno spostamento vestibolare dei denti, anche se le labbra o le guance sono intatte, poiché si è verificata una modificazione dell'equilibrio.

Queste osservazioni rendono evidente che, al contrario delle forze determinate dalla masticazione, le pressioni lievi e prolungate esercitate da labbra, guance e lingua a riposo, sono fondamentali nel determinare la posizione dentale. Sembra tuttavia improbabile che le forze intermittenti di breve durata che si determinano quando la lingua e le labbra entrano in contatto con i denti durante la deglutizione e la fonazione possano aver un impatto significativo sulla posizione dentale.[10]

Un'altra variazione dell'equilibrio potrebbe essere determinata da fattori esterni, tra cui si annoverano in primis, per l'importanza che assumono in tale contesto, le abitudini viziate. Se un'abitudine viziata, come il succhiarsi il pollice, produce una forza sui denti di durata superiore a quella soglia (6 ore o più al giorno), questa sarà in grado sicuramente di spostare i denti. Se invece l'abitudine ha una durata inferiore, non ci si deve aspettare quasi nessun effetto, indipendentemente dall'entità della pressione. Pertanto, anche per quanto riguarda l'influenza di alcuni comportamenti, notiamo che l'effetto di questi sulla posizione dentale non

è determinato dall'entità della forza applicata ai denti, bensì dalla durata di tale forza.

Un ulteriore elemento che può intervenire nell'equilibrio dentale è rappresentato dal sistema di fibre parodontali, sia del tessuto gengivale che del legamento parodontale. Si è già osservato che quando un dente cade, lo spazio tende a chiudersi, in parte a causa delle forze create dalle fibre transettali della gengiva. Lo stesso sistema di fibre gengivali viene stirato in maniera elastica durante il trattamento ortodontico e tende a riportare i denti nella loro posizione originale. L'esperienza clinica ha dimostrato che, dopo un trattamento ortodontico, spesso è opportuno eliminare queste forze eseguendo delle incisioni gengivali che interrompono le fibre transettali stirate, permettendo la loro guarigione con i denti correttamente allineati. Per quanto riguarda il legamento parodontale, il suo intervento nell'equilibrio dentale si compie grazie alla spinta eruttiva che, ad oggi, grazie alle conoscenze più recenti,[11] sappiamo essere il risultato anche dell'attività metabolica che si produce all'interno di esso. Grazie a tale spinta, ed in virtù del fatto che il meccanismo di eruzione rimane potenzialmente attivo per tutta la vita, nel momento in cui un dente viene perso, il suo antagonista può ricominciare ad erompere, anche diversi anni dopo che il suo livello di emergenza nell'arcata si è stabilizzato. Pertanto, nel legamento parodontale esiste un'attività che, almeno potenzialmente, può influenzare la posizione di equilibrio del dente.

Considerando le forze eruttive si arriva ad affrontare l'aspetto finale dell'equilibrio dentale: gli effetti delle forze che agiscono sui denti devono essere considerate non solo sui piani trasverso ed anteroposteriore, che individuano la posizione del dente all'interno dell'arcata, ma anche sul piano verticale, il quale definisce la posizione del dente in relazione al suo grado di eruzione. La posizione verticale di ogni dente è data dall'equilibrio tra le forze che producono l'eruzione dentale, già citate poco sopra, e quelle che si oppongono ad essa; queste ultime sono rappresentate dalle forze della masticazione.

Effetti dell'equilibrio sui mascellari

I mascellari possono essere considerati come costituiti da un nucleo centrale di osso al quale sono attaccati dei processi funzionali. Tali processi subiscono alterazioni se la funzione cambia o viene perduta. Per esempio, l'osso del processo alveolare esiste perché ha la funzione di sostenere i denti. Se un dente non erompe, l'osso alveolare non si forma mai nell'area che il dente avrebbe dovuto occupare e, se un dente viene estratto, l'alveolo in quella zona si riassorbe fino ad atrofizzarsi completamente. Quando uno di due denti antagonisti viene estratto, l'altro generalmente riprende ad erompere cosicché, mentre nel mascellare dove è stato perso il dente l'osso si riassorbe, nell'altro si forma nuovo osso alveolare, portato con sé dal dente in via di eruzione. Pertanto, la forma della cresta alveolare di un dente

è determinata dalla posizione di questo e non dal suo carico funzionale.[9(pp136-137)]

La stessa cosa si verifica per i processi muscolari: la forma dell'osso è determinata prima di tutto dai punti di inserzione del muscolo, piuttosto che dal carico meccanico o dal grado di attività dello stesso. La crescita di un muscolo condiziona la posizione di un'inserzione e, indirettamente, la forma dei mascellari; il grado di attività muscolare ha un effetto scarso o nullo sulla morfologia, pur riflettendosi sulla densità dell'osso. Sulla base di questa analisi, se consideriamo i processi condilari della mandibola come dei processi funzionali, dovremmo prendere in esame l'interessante ipotesi per cui cambiando la posizione della mandibola se ne possa variare lo sviluppo. Per esempio, se un bambino posiziona la mandibola in avanti a causa di un'interferenza con gli incisivi o a causa di una macroglossia, è possibile che ciò stimoli la mandibola ad un maggiore accrescimento fino a determinare una malocclusione di III Classe? Come esposto in merito agli effetti delle forze sull'equilibrio a livello della dentizione, anche per quanto riguarda gli effetti delle forze sull'equilibrio a livello dei mascellari vale il principio che: l'intensità della forza è meno importante della sua durata. Se la mandibola si posiziona in avanti solo quando i denti sono portati in occlusione, ne dedurremo che, per la maggior parte del tempo, quando la mandibola è nella sua posizione di riposo, non si produce un avanzamento mandibolare; in tal caso non dovremmo aspettarci alcun effetto sul processo funzionale da parte di queste forze intermittenti e di breve durata,

e i processi condilari sembrano effettivamente non risentirne, in accordo con questo principio. Se invece la mandibola fosse mantenuta in protrusione per tutto il tempo, come potrebbe verificarsi in presenza di una macroglossia, si potrebbe oltrepassare il livello-soglia di durata e si potrebbero osservare degli effetti sulla crescita. Clinicamente si rileva spesso che i soggetti con macroglossia hanno una mandibola ben sviluppata ma è comunque da tener presente che risulta alquanto improbabile che questa possa rappresentare l'unica o comunque la principale causa di prognatismo mandibolare.[12]

Applicando la teoria dell'equilibrio possiamo pertanto concludere che le pressioni o le forze intermittenti hanno poco o nessun effetto, sia sulla posizione dei denti che sulla dimensione e sulla forma dei mascellari. Maggiori influenze sull'equilibrio dentale provengono dalle pressioni lievi, ma durature, esercitate dalla lingua, dalle labbra e dalle guance in posizione di riposo. I maggiori effetti sull'equilibrio dei mascellari consistono nei cambiamenti posturali che coinvolgono i processi funzionali, inclusi i processi condilari.

Influenze funzionali sullo sviluppo dentofacciale

Funzione masticatoria

Per decenni è stato ampiamente dibattuto tra i vari autori, se la pressione generata dalla funzione masticatoria potesse avere un certo potenziale nella

determinazione dello sviluppo facciale. A tal riguardo, due sono state le modalità di possibile influenza della funzione masticatoria prese in considerazione: (1) forze di masticazione di diversa entità o durata, potrebbero produrre una differente attivazione delle basi ossee, influenzando così le dimensioni finali dei mascellari e delle arcate dentali; (2) differenti forze di masticazione potrebbero modificare il grado di eruzione dei denti, influenzando così l'altezza facciale inferiore e le relazioni di open e deep bite.[9(pp137-139)]

Per quanto riguarda la prima eventualità, possiamo affermare che sono sicuramente evidenti alcune diversità nelle dimensioni dei mascellari e delle arcate dentali tra diverse etnie; queste possono riflettere le differenze esistenti nella dieta e nella conseguente attività masticatoria delle stesse. Studi eseguiti su archi temporali relativi ad alcuni gruppi razziali hanno messo in evidenza progressive modificazioni, sostanzialmente riduzioni, delle dimensioni craniofacciali nel contesto di ciascun gruppo; queste sono state spiegate con l'aumento della civilizzazione, in particolar modo con l'evoluzione della dieta alimentare, quindi con il passaggio da un'alimentazione di tipo primitivo ad una moderna.[13 passim] È in ogni modo alquanto improbabile che variazioni nella consistenza della dieta siano in grado di produrre cambiamenti morfologici all'interno di una singola generazione: affinché una tale modificazione possa aver luogo infatti, le suddette variazioni si dovrebbero verificare molto precocemente nel corso della vita, dal momento che le dimensioni delle arcate dentali si strutturano

molto presto. La distanza intercanina, la chiave dimensionale per l'allineamento o l'affollamento degli incisivi, che è la maggiore componente delle malocclusioni non scheletriche, aumenta solo di poco dopo che i canini decidui sono erotti all'età di due anni e tende a ridursi dopo l'eruzione dei canini permanenti. È pertanto la tendenza genetica che porta alla riduzione delle dimensioni delle basi ossee osservata nelle popolazioni moderne, a sua volta accelerata dai cambiamenti di abitudini alimentari influenti sul livello di attività masticatoria. C'è comunque da precisare a tal riguardo che l'effetto specifico che l'attività muscolare ha sull'ampiezza delle arcate dentali non è ancora del tutto chiarito.[14]

Per quanto riguarda la seconda possibilità di influenza sullo sviluppo facciale da parte della funzione masticatoria, è solitamente possibile osservare che i pazienti con un eccessivo overbite o con un open bite anteriore presentano denti posteriori rispettivamente poco e molto erotti. Sembra logico pensare che il grado di eruzione dentale possa dipendere dalla forza che viene esercitata sui denti durante la masticazione e che quindi differenze nella forza muscolare siano coinvolte nell'eziologia dei problemi di short face e long face. Alcuni anni fa, è stato notato che i soggetti con short face e long face hanno forze massime di masticazione, rispettivamente maggiori e minori rispetto agli individui con dimensioni verticali normali. Studi più recenti[15] hanno dimostrato che tra pazienti con long face e pazienti con dimensioni verticali normali esistono differenze molto significative per quanto riguarda i contatti occlusali durante la

deglutizione, la masticazione simulata e la forza massima di serramento. Questa associazione tra morfologia facciale e forze occlusali non basta però a provare l'esistenza di un tale rapporto causa ed effetto; se esistessero prove di una diminuzione delle forze occlusali già nei bambini che evidenziano un modello di crescita del tipo long face, in tal caso, questa relazione causale potrebbe essere confermata. Un modello di crescita long face è infatti identificabile già in fase prepuberale ma la misurazione delle forze occlusali in questo gruppo offre un risultato sorprendente: non si riscontrano differenze tra i bambini con viso allungato e quelli con normale dimensione verticale.[16] Entrambi i gruppi hanno forze di masticazione inferiori a quelle degli adulti con viso normale ma simili a quelle di adulti con long face. Da ciò si deduce, quindi, che le differenze nelle forze occlusali si manifestano nella pubertà, quando il gruppo normale acquista maggiore forza nei muscoli masticatori rispetto al gruppo che sta sviluppando una condizione di long face. Pertanto, poiché il modello di crescita del tipo long face può esser identificato prima che si manifestino delle differenze nelle forze occlusali, sembra più probabile che la differente forza di masticazione sia un effetto piuttosto che una causa di malocclusione.

Le considerazioni fin qui eseguite in merito ad entrambe le possibilità di influenza della funzione masticatoria sullo sviluppo facciale, ci suggeriscono, pertanto, che la forza esercitata dai muscoli masticatori non rappresenta un fattore importante per la determinazione sia delle

dimensioni delle arcate dentali che delle dimensioni verticali del viso, e che quindi, la funzione masticatoria, non ha un ruolo rilevante nell'eziologia della maggior parte delle malocclusioni.

Succhiamento e altre abitudini viziate

Sebbene quasi tutti i bambini normalmente presentino abitudini di succhiamento di tipo non nutritivo, il prolungamento di tali abitudini può favorire lo sviluppo di malocclusioni. In genere, durante gli anni della dentizione decidua tale abitudine non produce effetti significativi a lungo termine. Se tuttavia queste abitudini persistono fino all'inizio dell'eruzione della dentatura permanente è probabile che si sviluppi una malocclusione caratterizzata da incisivi superiori vestibolarizzati e con spaziature, incisivi inferiori lingualizzati, open bite anteriore e ristrettezza dell'arcata superiore. La malocclusione tipicamente associata al succhiamento deriva da una combinazione della pressione diretta sui denti con un'alterazione della pressione delle guance e delle labbra durante il riposo.[9(pp139-141)]

Quando un bambino inserisce il pollice o un altro dito tra i denti, il dito solitamente è inclinato ad angolo e spinge lingualmente gli incisivi inferiori e vestibolarmente i superiori. Questa pressione diretta è probabilmente responsabile del dislocamento degli incisivi. Il grado di dislocamento degli stessi è però correlabile più al numero quotidiano di ore di succhiamento che all'entità della pressione. I bambini che succhiano vigorosamente ma con intermittenza, possono non presentare spostamenti considerevoli degli

incisivi, mentre quelli che imprimono una pressione per sei ore o più al giorno, soprattutto quelli che dormono tutta la notte con il pollice o un altro dito in bocca, possono provocare una malocclusione rilevante.

L'open bite anteriore associato al succhiamento del pollice deriva dalla combinazione di un'interferenza nella normale eruzione degli incisivi con una eccessiva eruzione dei denti posteriori. Per consentire al pollice o ad un altro dito di porsi tra i denti anteriori, la mandibola deve posizionarsi in basso. L'interposizione del pollice impedisce direttamente l'eruzione degli incisivi. Allo stesso tempo, la separazione delle basi ossee altera l'equilibrio verticale sui denti posteriori, che risulta quindi in una maggiore eruzione degli stessi. Per la geometria delle arcate, 1 mm di eruzione posteriore apre il morso di circa 2 mm anteriormente e ciò contribuisce notevolmente allo sviluppo dell'open bite anteriore (Figura 1).

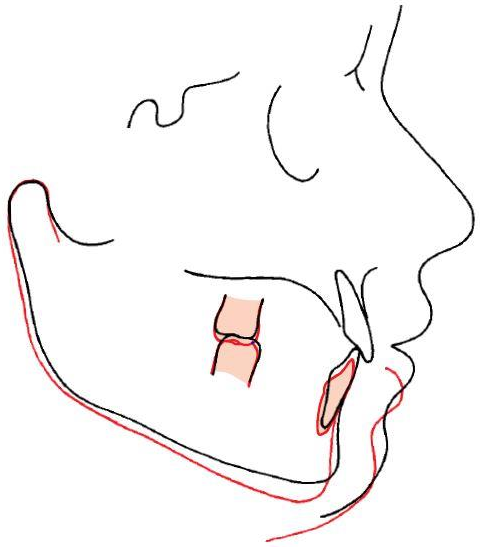


Figura 1 – *Tracciato cefalometrico evidenziante gli effetti dell'eruzione dei denti posteriori sull'apertura del morso anteriormente. La differenza tra il tracciato nero e quello rosso indica che un aumento di eruzione dei primi molari di 2 mm determina una separazione degli incisivi di 4 mm, in virtù della geometria dei mascellari*

Sebbene durante il succhiamento si crei all'interno della bocca una pressione negativa, questa non può essere considerata responsabile del restringimento dell'arcata superiore che solitamente si accompagna a tale abitudine. Piuttosto sembra ragionevole pensare che l'arcata superiore non si sviluppi in larghezza a causa di uno squilibrio tra la pressione delle guance e quella della lingua. Se il pollice è interposto tra i denti, la lingua deve essere posizionata inferiormente, il che diminuisce la pressione della stessa contro la zona linguale dei denti superiori. Allo stesso tempo, la pressione delle guance contro questi denti è incrementata dalla contrazione del buccinatore durante il succhiamento (Figura 2).

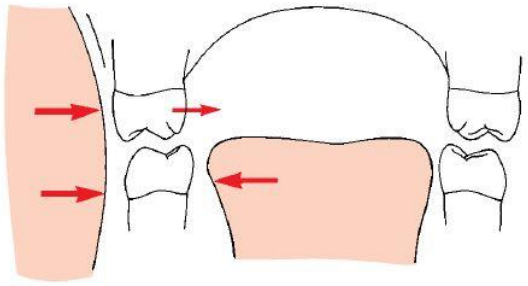


Figura 2 – *Rappresentazione schematica delle pressioni dei tessuti molli nella regione molare in un bambino che ha l'abitudine al succhiamento. Con la lingua abbassata, a livello dei molari superiori, la pressione esercitata dalle guance durante il succhiamento non viene controbilanciata*

Come precedentemente accennato, se tale abitudine cessa nel periodo della dentizione decidua, con il ricostituirsi dell'equilibrio tra la pressione del labbro e quella delle guance, i denti ritornano presto nella loro normale posizione. Se però l'abitudine persiste dopo l'eruzione degli incisivi permanenti può diventare necessario un trattamento ortodontico per risolvere il dislocamento dentale. Raggiunta una certa epoca della crescita infatti, la costrizione dell'arcata superiore è probabilmente l'ultimo aspetto che si corregge spontaneamente. In molti bambini, tra l'altro, se si effettua

un’espansione trasversale dell’arcata superiore, sia la protrusione incisale che l’open bite anteriore migliorano spontaneamente. Naturalmente, prima di approcciare con qualsiasi tipo di terapia è necessario che l’abitudine viziata sia stata interrotta.

Oltre al succhiamento non nutritivo, molte altre abitudini viziate sono state ritenute, in passato, potenzialmente in grado di produrre una malocclusione; tra queste i vari atteggiamenti posturali che un bambino spesso tende ad assumere a scuola o a casa (es. l’appoggiare un lato della faccia sulla mano per sonnecchiare). Alla luce delle conoscenze scientifiche attuali e di analisi più approfondite in merito a tali abitudini però, si evidenzia che, oltre ad essere difficile deformare le strutture scheletriche facciali in crescita con queste modalità, molte delle abitudini incriminate, non si protraggono per un tempo ragionevolmente sufficiente a produrre effetti significativi sulla dentatura. Pertanto, correntemente, solo il succhiamento, sempre se protratto oltre l’inizio dell’eruzione della dentatura permanente, viene ritenuto in grado di produrre malocclusioni.

Interposizione della lingua

Più volte nel corso della storia dell’ortodonzia è stata dedicata attenzione alle caratteristiche e alla posizione della lingua come possibili cause di malocclusione. I possibili effetti deleteri della “deglutizione con interposizione della lingua”, definita anche *deglutizione atipica* (Figura 3), sono stati enfatizzati soprattutto negli anni ’50 e ’60. Si tratta di una forma

di deglutizione caratterizzata da un'attività muscolare che porta a contatto le labbra, separa i denti posteriori e interpone la punta della lingua tra gli incisivi.[9(pp141-143)]



Figura 3 – *Aspetto tipico di una "deglutizione atipica". La punta della lingua si protende in avanti al fine di prendere contatto con il labbro inferiore sollevato*

Il modello di deglutizione tipico dell'individuo adulto si stabilisce in genere molto presto, all'età di tre anni in alcuni bambini, anche se, nella maggior parte di essi, non è presente fino all'età di sei anni. D'altro canto, il 10-15% della popolazione adulta non acquisisce mai tale modello definitivo. La deglutizione con interposizione della lingua negli adulti ricorda a prima vista la deglutizione infantile e spesso, di queste persone, si dice che hanno una deglutizione infantile, ma ciò non è corretto. Solo nei bambini con danni cerebrali si osserva una vera deglutizione infantile, dove la parte posteriore della lingua svolge un ruolo poco significativo se non nullo. Poiché i movimenti coordinati della lingua posteriore e l'elevazione della mandibola tendono a svilupparsi prima che scompaia la tendenza a protrudere la lingua tra gli incisivi, l'interposizione della lingua nei bambini rappresenta spesso uno stadio di transizione del modello di deglutizione, con le caratteristiche dell'attività muscolare prima descritte.

È nei bambini che hanno l'abitudine al succhiamento che di solito tende a verificarsi un ritardo nel passaggio ad una deglutizione di tipo adulto. Se è presente un open bite anteriore e/o una protrusione degli incisivi superiori, come accade di solito quando esiste l'abitudine al succhiamento, è più difficile sigillare la parte anteriore della bocca durante la deglutizione per evitare la fuoriuscita di cibo o liquidi. Portare le labbra a contatto ed interporre la lingua tra i denti rappresenta, in questo caso, una manovra efficace per creare un sigillo anteriore della bocca. In altre parole, la deglutizione atipica rappresenta un'efficace forma di adattamento fisiologico per coloro che hanno un open bite o un marcato overjet: quasi tutti gli individui con open bite evidenziano anche una deglutizione atipica, mentre non si verifica il contrario; infatti è spesso possibile riscontare una deglutizione con interposizione della lingua in bambini che hanno una buona occlusione anteriore. Quando l'abitudine al succhiamento viene interrotta, l'open bite tende a chiudersi spontaneamente ma la tendenza a protrudere la lingua durante la deglutizione tende a persistere per un po' di tempo durante la correzione dello stesso open bite: finché questo non è corretto completamente, rimane necessario un sigillo anteriore da parte della punta della lingua. L'interposizione linguale, pertanto, dovrebbe essere considerata la conseguenza e non la causa del dislocamento degli incisivi; infatti la correzione della posizione dei denti, in questo caso, determina la modifica del modello di deglutizione. Non è quindi necessario, né consigliabile, cercare di insegnare al paziente una diversa modalità di

deglutizione prima di essersi occupati della rimozione dell'abitudine al succhiamento e/o aver intrapreso il trattamento ortodontico.

Quanto espresso sopra non significa che la lingua non svolga alcun ruolo nello sviluppo di una malocclusione con open bite. Secondo la teoria dell'equilibrio, una pressione lieve ma continuata della lingua contro i denti dovrebbe avere effetti significativi. La protrusione della lingua che si manifesta durante la deglutizione atipica, semplicemente ha una durata troppo breve (circa 1 secondo) per influenzare la posizione dei denti in modo significativo. Seppur un individuo deglutisce circa 1000 volte al giorno, un migliaio di secondi di pressione, pari a pochi minuti, applicata in modo intermittente, non ha alcuna capacità di produrre effetti significativi sull'equilibrio che regola la posizione dei denti. D'altro canto, se un paziente ha una lingua posizionata anteriormente durante il riposo, la durata di tale pressione, anche se molto leggera, potrebbe influire sulla posizione dei denti, in senso orizzontale o verticale. La deglutizione atipica in alcuni casi risulta associata a qualche alterazione della posizione della lingua a riposo. Se la posizione di partenza della lingua è diversa da quella normale, tale da modificare la pressione risultante a riposo, è altamente probabile che si evidenzi un effetto sui denti, mentre se la posizione a riposo della lingua è normale, la deglutizione atipica non produce alcun effetto significativo.

Pertanto, in un bambino con un open bite anteriore, la posizione della lingua a riposo può essere un fattore eziologico, mentre la deglutizione atipica, di per sé, non lo è.

Modello di respirazione

Poiché le necessità respiratorie influenzano la posizione delle basi ossee e della lingua (e della testa stessa, in misura minore), sembra del tutto plausibile concludere che un modello di respirazione alterato, come per esempio la "respirazione orale", possa determinare un cambiamento della posizione delle basi ossee, della testa e della lingua. Ciò, a sua volta, può alterare l'equilibrio delle pressioni che si sviluppano sui mascellari e sui denti ed influenzare così la crescita delle basi ossee e la posizione dei denti. Per respirare con la bocca, è necessario abbassare la mandibola e la lingua ed estendere la testa, posizionandola all'indietro. Se questa postura fosse mantenuta, l'altezza facciale aumenterebbe e i denti posteriori andrebbero incontro ad un'eruzione eccessiva. A meno di un'improbabile crescita verticale del ramo, la mandibola ruoterebbe in basso e indietro, creando un open bite anteriore e un aumento di overjet; infine, la maggiore pressione che le guance creerebbero, in seguito allo stiramento, potrebbe favorire lo sviluppo di un'arcata superiore più stretta.[9(pp143-147)]

Il tipo di malocclusione descritto è quello associato alla maggior parte dei casi caratterizzati da respirazione orale. Tale associazione è nota da diverso tempo con il termine di *facies adenoidea* (Figura 4). Sfortunatamente, la

relazione tra la respirazione orale, la postura alterata e lo sviluppo della malocclusione non è così chiara come può apparire in teoria.[17] Gli studi sperimentali recenti hanno chiarito questa relazione solo in parte.

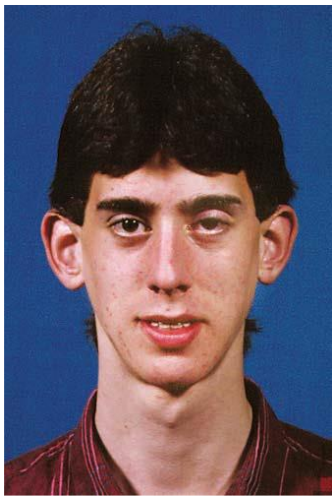


Figura 4 – *La classica "facies adenoidea", che consiste in una dimensione trasversa stretta, denti protrusi e labbra dischiuse a riposo, è stata spesso attribuita alla presenza di respirazione orale. Poiché è perfettamente possibile respirare attraverso il naso anche con labbra dischiuse, semplicemente creando un sigillo orale posteriore con il palato molle, l'aspetto facciale non rappresenta un elemento diagnostico del tipo di respirazione. Studi approfonditi hanno dimostrato che molti di questi pazienti non hanno necessariamente una respirazione orale*

Volendo analizzare tale problema, è necessario considerare innanzitutto che, nonostante gli uomini respirino prevalentemente per via nasale, tutti almeno in parte respirano con la bocca in determinate situazioni fisiologiche come, per esempio, durante un esercizio fisico, quando è necessario aumentare la ventilazione.

In condizioni di riposo, è sicuramente maggiore lo sforzo per respirare attraverso il naso che attraverso la bocca, poiché i tortuosi passaggi del flusso aereo nelle vie nasali, necessari per riscaldare ed umidificare adeguatamente l'aria inspirata, costituiscono un elemento di resistenza. Il maggior lavoro richiesto dalla respirazione nasale in condizioni fisiologiche è accettabile solo se il sistema presenta resistenze moderate. Se il naso è parzialmente ostruito, il lavoro necessario alla respirazione aumenta e, in corrispondenza di un certo valore di resistenza al flusso aereo

nasale, si passa ad una respirazione parzialmente orale. La congestione della mucosa nasale, che solitamente si accompagna al comune raffreddore, provoca in ciascuno di noi il passaggio transitorio ad una respirazione parzialmente orale, per il meccanismo appena descritto.

Una prolungata infiammazione della mucosa nasale, associata ad esempio ad un'allergia o ad un'infezione cronica (es. un'adenoidite), può provocare un'ostruzione cronica delle vie nasali. In tal caso, si deve sottolineare che, individui che hanno avuto un'ostruzione cronica delle vie nasali possono continuare a respirare in parte con la bocca anche dopo che la causa dell'ostruzione è stata rimossa. In questa situazione la respirazione orale può essere considerata un'abitudine viziata. Esperimenti condotti su soggetti umani hanno dimostrato che un'ostruzione cronica nasale si accompagna ad un cambiamento di postura.[18] Per esempio, quando il naso è completamente ostruito, si verifica immediatamente una variazione di 5° nell'angolo craniovertebrale. Le basi ossee si muovono in relazione al grado di innalzamento della maxilla quando la testa viene retroinclinata e la mandibola abbassata. Quando la causa dell'ostruzione viene rimossa, l'individuo ritorna alla sua postura originaria. Tuttavia, la stessa risposta fisiologica si verifica anche in individui che mantengono un certo grado di ostruzione nasale, e ciò indica che tale postura non può essere determinata totalmente dalle esigenze respiratorie.

Esistono pochi casi ben documentati di crescita facciale in bambini affetti da ostruzione nasale totale prolungata, ma sembra che in questi casi il

modello di accrescimento sia alterato nel modo atteso. Dal momento che l'ostruzione nasale totale è così rara negli uomini, la domanda importante da un punto di vista clinico è se l'ostruzione nasale parziale, del tipo che si verifica occasionalmente in ogni individuo e cronicamente in qualche bambino, possa determinare una malocclusione; o meglio, quanto prossima ad un'ostruzione totale deve divenire un'ostruzione parziale per diventare clinicamente significativa? È difficile rispondere a questa domanda, soprattutto perché è difficile conoscere il modello di respirazione realmente presente negli uomini in ogni momento. Taluni tendono ad equiparare la separazione labiale a riposo alla respirazione orale ma ciò non è corretto. È perfettamente possibile, infatti, respirare attraverso il naso pur avendo le labbra dischiuse. Per fare ciò è semplicemente necessario sigillare la bocca, posizionando la lingua contro il palato. Poiché alcuni bambini in condizioni normali tengono le labbra dischiuse a riposo (incompetenza labiale), molti bambini che sembrano avere una respirazione orale in realtà possono non averla.

L'esecuzione di test clinici per evidenziare la respirazione orale può essere fuorviante. La mucosa nasale, altamente vascolarizzata, è soggetta a fasi periodiche di congestione circolatoria e a parziale ostruzione. Questa ciclicità interessa alternativamente le narici: quando una è libera, l'altra presenta generalmente un certo grado di ostruzione. Per questa ragione i test clinici solitamente utilizzati per verificare se il paziente può respirare liberamente attraverso le narici danno quasi sempre esito negativo. L'unico

modo attendibile per verificare l'entità della respirazione orale, in un dato momento, si deve necessariamente avvalere dell'uso di uno strumento che, misurando contemporaneamente il flusso aereo nasale e orale, permette di determinare la percentuale del flusso aereo totale introdotto attraverso il naso e la bocca. In tal modo è possibile anche calcolare la percentuale di respirazione nasale e orale (rapporto nasale/orale), per il tempo in cui il soggetto riesce a tollerare di essere monitorato in modo continuo. La presenza di una certa percentuale di respirazione orale, mantenuta per un determinato periodo di tempo, dovrebbe consentire di definire una respirazione orale significativa anche se non è ancora possibile stabilire con precisione questa percentuale.

I migliori dati sperimentali sul rapporto esistente tra malocclusione e respirazione orale sono quelli provenienti da uno studio che ha messo a confronto i rapporti nasale/orale di bambini normali con quelli di bambini con long face.[19] Dai dati ottenuti si evidenzia che, seppur la maggioranza degli individui long face respira con il naso, circa un terzo del gruppo long face ha un'alta percentuale di respirazione orale (percentuale di respirazione nasale inferiore al 50%); nessuno dei bambini normali presenta invece una percentuale così alta di respirazione orale.

Sembra pertanto evidente che la ricerca sui problemi respiratori, a questo punto, abbia stabilito due principi opposti, lasciando un grosso divario tra di essi: (1) è molto probabile che l'ostruzione nasale totale alteri il modello di crescita e conduca a malocclusioni; ma (2), seppur parecchi soggetti con

modello di crescita long face hanno un'alta percentuale di respirazione orale, la maggioranza di questi individui non evidenzia un'ostruzione nasale, pertanto deve essere presente un fattore diverso con un ruolo eziologico principale.

L'OCCLUSIONE FUNZIONALE

I primi passi verso una nuova filosofia

Dopo la sua laurea nel 1959, il Dr. Lawrence F. Andrews era alla ricerca di un argomento per una tesi finalizzata ad ottenere la certificazione della American Board of Orthodontics. Il tema che scelse focalizzava l'attenzione sulla qualità dell'ortodonzia americana dell'epoca soprattutto in termini di stabilità dei risultati ottenuti. Cominciò così con una valutazione dei modelli di studio ortodontici post-trattamento esibiti durante gli incontri tra la American Board of Orthodontics, la Angle Society e la Tweed Foundation. Sebbene la documentazione indicasse che l'occlusione dei pazienti mostrava dei notevoli miglioramenti rispetto alle condizioni originali e vi fossero alcuni risultati comuni (rapporto molare di prima classe, overjet normale, assenza di crossbite e di rotazioni degli incisivi), molte altre caratteristiche come l'angolazione e l'inclinazione dei vari denti e la curva di Spee risultavano abbastanza dissimili. Questi casi erano stati giudicati come il risultato di un trattamento eccellente dagli esaminatori nominati da queste prestigiose società ma ancora differivano considerevolmente. Pertanto, Lawrence F. Andrews concluse che i criteri allora esistenti per misurare la qualità della finitura erano stati mal definiti e necessitavano di essere rivisti.

Egli giustamente pensò che la risposta alla sua domanda risiedesse nei casi ideali naturali. Cominciò così a collezionare, in un periodo di quattro anni (dal 1960 al 1964) e grazie alla collaborazione di dentisti e ortodontisti locali e di una grande università, modelli di studio normali, non ortodontici, di 120 individui con dentatura naturale la cui occlusione era considerata essere ideale da lui e dai suoi colleghi.[20(pp98-99)] I modelli selezionati presentavano denti che: non avevano mai subito trattamenti ortodontici, erano correttamente posizionati e piacevoli a vedersi, avevano un'occlusione in linea di massima corretta e non avrebbero tratto alcun beneficio da un trattamento ortodontico. Con occhio acuto e mente logica, Lawrence F. Andrews notò alcuni attributi relativi alle corone cliniche che erano comuni a tutti i modelli di studio. Il concetto cuspide-solco di Angle a livello molare fu validato ancora una volta ma vi era la crescente consapevolezza che la relazione molare, in questi modelli normali, esibiva ben due qualità quando osservata buccalmente, non solo quella classica, e che la seconda era ugualmente importante. Ulteriori risultati emersero: l'angolazione (tip mesiodistale) e l'inclinazione (labiolinguale o buccolinguale) cominciarono a mostrare caratteristiche prevedibili in relazione ai singoli tipi di denti; i denti dei 120 modelli esaminati non presentavano rotazioni; non erano presenti spazi tra i denti; il piano occlusale non era identico in tutta la batteria di esempi ma cadeva ordinatamente entro un intervallo di variazione così limitato, che era chiaramente un attributo differenziale. L'individuazione di queste sei

peculiarità comuni ai 120 modelli esaminati fece supporre che tali elementi potessero costituire le chiavi per un trattamento ortodontico di successo: finalizzare la dentatura di un paziente orientandola verso questi parametri poteva assicurare un ottimo risultato estetico ed un'occlusione statica sovrapponibili a quanto osservato nei 120 individui con dentatura naturale. Tuttavia, si rese necessario avere dei riscontri clinici che potessero dimostrare quanto ipotizzato, pertanto Lawrence F. Andrews e la sua equipe, in un periodo di tempo relativamente breve, dal 1965 al 1971, eseguirono circa 1150 trattamenti ortodontici seguendo il nuovo approccio ideato. I risultati furono tali da permettere di gettare nero su bianco quelle che ad oggi conosciamo come "le sei chiavi dell'occlusione normale di Andrews", non soltanto in quanto caratteristiche presenti in tutti i 120 soggetti normali non trattati ortodonticamente, ma perché la mancanza di una di queste era un'irregolarità che anticipava un insuccesso o, nella migliore delle ipotesi, un incompleto risultato finale nei trattamenti ortodontici eseguiti.

I nuovi dettami formulati da Lawrence F. Andrews furono pubblicati per la prima volta sull'American Journal of Orthodontics nel 1972.[21] Da quel momento cominciò per l'autore un periodo di acceso confronto con molti colleghi del mondo ortodontico che si vedeva, all'epoca, ancora molto scettico davanti a certe affermazioni. L'applicazione pratica dei principi di Andrews diede però, nel corso del tempo, ragione di quanto enunciato. Dopo undici anni di applicazione clinica da parte di molti ortodontisti e

numerosi casi di successo esposti a congressi nazionali, si stabilì che “le sei chiavi dell’occlusione normale”, erano senz’altro significative.

L’evoluzione delle conoscenze

La conoscenza convenzionale dei primi ortodontisti suggeriva che se i denti fossero stati ben allineati il risultato sarebbe stato in armonia con i muscoli e la funzione, che l’estetica sarebbe migliorata e che la stabilità sarebbe stata raggiunta. Un sano, attraente e funzionante sistema stomatognatico era l’obiettivo, ed un preciso posizionamento dentale ne era il metodo.

Al termine della sua formazione ortodontica, acquisita presso la Loyola University School of Dentistry di Chicago sotto la guida del Dr. Jarabak, il Dr. Ronald H. Roth iniziò la pratica privata ed utilizzando le tecniche fino a quel momento apprese, cominciò a trattare i suoi pazienti. Che egli sia riuscito ad applicare i criteri di un trattamento ortodontico di successo fu evidente dalla richiesta del suo insegnante, Jarabak, di mostrare i suoi casi ad uno dei corsi che si stavano allora svolgendo nella West Coast. Quei casi furono mostrati ed ottennero l’approvazione di tutti i presenti cosi come del suo maestro. Purtroppo, dopo successive indagini e studi clinici, questi non soddisfarono più gli obiettivi di Roth.[20(pp99-100)]

Nel corso dell’attività clinica condotta presso l’università di Washington, Ronald H. Roth si accorse che i risultati che otteneva non soddisfacevano le sue aspettative per stabilità e longevità. Con queste osservazioni in

mente, Roth ha cercato le risposte per la sua incapacità di raggiungere quello che credeva potesse essere nel migliore interesse dei suoi pazienti. Il suo percorso di ricerca cadde inevitabilmente sulla gnatologia. Studiando e valutando centinaia di casi ortodonticamente corretti e stabili nel tempo, Roth notò la presenza di un'importante caratteristica: in questi soggetti l'occlusione dentale, si accompagnava con l'alloggiamento dei condili mandibolari nelle rispettive fosse glenoidee, nella posizione più superiore ed anteriore delle stesse; i condili risultavano mantenersi contro il versante posteriore dell'eminenza articolare, centrati in posizione trasversale e con i dischi correttamente interposti tra le teste condilari e i contorni ossei delle fosse. Basandosi su queste osservazioni, Ronald H. Roth intuì che tale posizione dei condili rappresentava l'elemento portante per il mantenimento di una stabilità a lungo termine.[22] Lo spiazzamento condilare, con il condilo che esce dalla fossa durante l'occlusione dentale, è il principale fattore che contribuisce a dei risultati instabili.

Le analisi di Ronald H. Roth misero quindi in evidenza che doveva indubbiamente esistere una relazione diretta tra l'occlusione dentale e l'articolazione temporo-mandibolare: qualsiasi cambiamento a livello della stessa articolazione era potenzialmente in grado di produrre effetti nella relazione occlusale tra i denti superiori ed inferiori.[23] La conseguenza era pertanto un insuccesso ortodontico. Questo poteva manifestarsi con sintomi articolari, instabilità, usura dentale, decadimento parodontale e declino

dell'equilibrio facciale. L'epoca e la cronologia di insorgenza di tali problemi potevano variare ma questi si sarebbero sicuramente verificati.

Gli obiettivi di un trattamento fisiologico in ortodonzia

La *posizione condilare stabile* (SCP), definita quando i sono condili bilateralmente collocati nella zona più anteriore e superiore della fossa con il disco interposto nella sua area più sottile, risulta essere una posizione anatomicamente e fisiologicamente ideale.[24] Essa supporta infatti la masticazione, la respirazione ed il movimento di deglutizione delle labbra e della lingua. Essa sostiene inoltre l'involucro dei tessuti molli ed aiuta quindi a creare una buona estetica facciale. Pertanto, quando l'articolazione temporo-mandibolare risulta caricata funzionalmente, per esempio durante una deglutizione, il condilo dovrebbe essere posizionato verso l'alto, in avanti e medio-sagittalmente.

Questa definizione di "posizione articolare ottimale" è concordata dalla maggioranza degli autori ed è ben supportata dalla letteratura.[25] Il motivo risiede nel fatto che in tale posizione le forze di compressione prodotte dai muscoli sono ben tollerate, in quanto il disco, nella sua area centrale, è sostanzialmente costituito da tessuto collagene denso privo di innervazione e irrorazione. D'altra parte, il carico continuo su altre zone del disco può causare il danno dei tessuti coinvolti. Oltre a ciò, diversi studi elettromiografici hanno messo in evidenza che la posizione fisiologica dei

condili determinata dalla muscolatura, è proprio superiore e anteriore, contro il versante posteriore dell'eminenza articolare. Anche Okeson, infine, si riferisce alla posizione del condilo nella fossa come alla "stabilità ortopedica della mandibola" o "stabilità muscolo-scheletrica".[26(p75)]

Appare quindi evidente che la SCP è fondamentale per il mantenimento di un buono stato di salute articolare quando la mandibola subisce un carico funzionale.

Questa posizione, anche conosciuta come *relazione centrica* (CR), deve rappresentare pertanto un punto di riferimento per tutte le fasi del trattamento ortodontico, comprendendo con questo la raccolta iniziale dei dati, la diagnosi del problema ortodontico, la pianificazione del trattamento, l'attuazione e il monitoraggio della fase clinica, e, infine, la valutazione dei risultati conseguiti. Tale posizione ha dimostrato infatti di essere stabile nel tempo e ripetibile con un elevato grado di precisione, permettendo quindi di essere anche registrata con l'uso dei modelli e dell'articolatore.[24] L'obiettivo del trattamento sarà perciò quello di creare un'armoniosa interazione tra l'occlusione dentale e la posizione condilare stabile. Se ci riferiamo all'occlusione dentale come la *posizione di massima intercuspidazione* (MIC), ovvero la relazione occlusale nella quale i denti di entrambe le arcate sono in gran parte interposti, la regola aurea da seguire sarà dunque quella di garantire che i denti in MIC non dislochino i condili, e che i condili siano in CR.

Occorre ricordare che il concetto di relazione centrica implica che il disco e l'articolazione temporo-mandibolare siano sani. In molti casi ortodontici, così come nella stragrande maggioranza di quelli protesici, non si riscontra una situazione articolare ideale: il disco articolare risulta spesso dislocato rispetto alla posizione che dovrebbe normalmente assumere. Si deve però sottolineare che, in tali casi, come anche nell'eventualità di patologie croniche dell'articolazione temporo-mandibolare nelle quali il disco è dislocato senza riduzione, è possibile ottenere, ed è fondamentale stabilire, una posizione condilare stabile; l'intercuspidazione tra i denti superiori e quelli inferiori dovrebbe poi essere raggiunta di conseguenza.

Se la posizione condilare stabile non coincide con la massima intercuspidazione, il paziente sposterà i condili dalla posizione di centrica per stabilire un'occlusione in una posizione avanzata della mandibola, generando un modello masticatorio di guida di contatto. Questo concetto incontra anche le opinioni di Ramfjord e Ash[27(p66)] secondo i quali la posizione di massima intercuspidazione rappresenta la relazione dente a dente guidata dalla morfologia delle superfici occlusali. Ciò significa che se esistono delle interferenze nei segmenti posteriori che si pongono d'intralcio nell'arco di chiusura mandibolare, anche se la mandibola è in relazione centrica, il paziente eviterà tali contatti prematuri attraverso uno spostamento anteriore della mandibola stessa. I muscoli pterigoidei esterni (responsabili dell'abbassamento e della protrusione mandibolare) risulteranno quindi attivi insieme ai muscoli elevatori della mandibola e ai

muscoli facciali (masseteri, pterigoidei interni, temporali e muscoli innervati dal settimo paio di nervi cranici).[28(pp50-51)] Questa massiva contrazione della muscolatura causa spesso dolore muscolare e stress e così il sistema non sarà più in equilibrio. Tale situazione può, in molte occasioni, condurre ad abrasioni dentali, erosioni cervicali cuneiformi, microfratture dello smalto, pulpiti, recessioni, abfrazioni e spostamenti dentali. Possiamo spiegare l'insorgenza di tali patologie solamente analizzando le forze che le differenti strutture del sistema masticatorio ricevono. Tali forze sono dipendenti dalle leggi fisiche dei sistemi a leva: un'interferenza posteriore in CR può trasformare una leva di III genere in una leva di I genere. Questo è il motivo per cui è così importante valutare l'occlusione facendo una diagnosi occlusale, nonché stabilire la posizione articolare dell'articolazione temporo-mandibolare per mezzo di una specifica procedura diagnostica.

Se queste sono le considerazioni a favore della CR in una condizione di carico mandibolare funzionale, la letteratura riporta anche dati indicanti l'ottimale relazione tra condilo, disco ed eminenza quando la mandibola si muove da o verso la posizione di carico. In questa condizione ci deve essere un costante contatto tra condilo, disco ed eminenza.[29(p33),26(p18)] Ulteriori studi indicano che la funzione neuromuscolare è altamente influenzata dai contatti e dalle posizioni dentali.[30,31,32] Per esempio, come la mandibola muove da e verso l'intercuspidazione, la guida da parte dei denti anteriori correttamente posizionati aiuta nella separazione dei denti posteriori.

Questo riduce l'attività dei potenti muscoli elevatori, i quali, a loro volta, scaricano il sistema agevolando, nel contempo, il costante contatto tra condilo, disco ed eminenza.

Dunque, i dati attuali tendono verso un'ottimale relazione fisiologica tra i denti, le articolazioni e la neuromuscolatura. Questa informazione fornisce un obiettivo di trattamento fisiologico per l'ortodontista, la cui sintesi può essere fatta analizzando il sistema in condizioni di carico e scarico: quando caricato, i condili sono pienamente "seduti" verso l'alto e in avanti nella fossa, i muscoli elevatori sono attivi e la dentatura è in piena intercuspidazione; quando scaricato, i condili rimangono in fermo e costante contatto con il disco e l'eminenza, i muscoli elevatori sono inattivi mentre i muscoli di posizionamento (es. pterigoideo laterale) sono attivi, i denti posteriori sono fuori contatto e i denti anteriori giocano un ruolo minore nella guida dei movimenti mandibolari.

Partendo da una prospettiva affidabile di ottimali relazioni statiche e dinamiche tra i denti, le articolazioni e la neuromuscolatura, possiamo quindi prendere in considerazione alcuni principi addizionali per quanto riguarda la funzione mandibolare. Ci sono almeno tre ragioni per le quali la posizione di intercuspidazione è importante. Primo, le posizioni e le forme dei denti determinano movimenti mandibolari verso la posizione di intercuspidazione.[33(pp33-50),34] Secondo, quando la mandibola è condotta alla piena intercuspidazione in un sistema funzionalmente sano, i potenti muscoli elevatori sono attivi ed il sistema è pesantemente caricato; la

maggior parte della forza risultante è assorbita dai denti posteriori.[33(pp7-11),35] Terzo, la posizione condilare è determinata dalla dentatura in intercuspidazione.[36(p37)]

Alcuni di questi concetti vengono supportati anche dai numerosi studi condotti dal Dr. Robert L. Lee, le cui osservazioni sono state da lui raccolte nel capitolo 5 del manuale di Claude R. Rufenacht.[37(pp137-209)] Secondo Lee infatti, le dentature durevoli hanno in comune un overbite approssimativamente di 3-4 mm ed un overjet di 2-3 mm quando i denti sono in occlusione; questa quota di overbite e overjet aiuta a guidare la mandibola, e quindi i condili, a ritornare alla fossa, oltre ad essere necessaria per ottenere una disclusione posteriore di circa 3 mm nei movimenti di protrusione e di lateralità. Sempre secondo Lee inoltre, le dentature durevoli mostrano una perfetta morfologia dentale, con la presenza di caratteristiche tipiche:

- Incisivi centrali superiori lunghi
- Incisivi laterali superiori leggermente più piccoli e più arrotondati
- Canini appuntiti e lunghi
- Denti posteriori con cuspidi lunghe e ben sviluppate

Tali attributi costituivano per il Dr. Lee gli unici mezzi in grado di assicurare una stabilità a lungo termine, sia per l'estetica che per la funzione. Non a caso egli era solito dire che, in biologia, "forma è funzione e funzione è forma" facendo intendere, con questo, che la pratica odontoiatrica doveva ispirarsi quanto più possibile a ciò che la natura

mostrava essere esteticamente piacevole e funzionale: un'*odontoiatria bioestetica*.

Un altro fattore importante, ben supportato dalla letteratura,[38,39,40,41,42,43] è l'osservazione clinica che la neuromuscolatura sia squisitamente programmata per guidare la mandibola nella posizione intercuspidale; la posizione intercuspidale è dominante sulla posizione condilare. Pertanto, chiedere a un paziente di "mordere" non fornisce alcuna informazione attendibile su dove il condilo è posizionato. Inoltre, gli sforzi per identificare la posizione condilare ottimale attraverso le manovre cliniche, come la manipolazione della mandibola, non sono affidabili,[44,45,46] così come non può esserlo l'uso di dispositivi interocclusali quali rulli di cotone e jigs anteriori.

Se vogliamo applicare i principi fisiologici finora espressi alla pratica ortodontica, dobbiamo necessariamente conoscere la posizione condilare ottimale o "seduta" che diviene quindi un'informazione fondamentale di fianco a quelle usate tradizionalmente. Vi sono diverse tecniche che permettono di registrare tale posizione. Molti clinici impiegano uno stop rigido a livello incisivo mediano per separare i denti posteriori, congiuntamente ad un materiale morbido, applicato posteriormente, che può essere indurito termicamente (facendolo raffreddare) o chimicamente. Quando il paziente morde sullo stop rigido anteriore, la neuromuscolatura posiziona i condili superoanteriormente; grazie all'indurimento del

materiale applicato posteriormente la posizione muscolo-scheletrica stabile della mandibola verrà registrata (Figura 5).

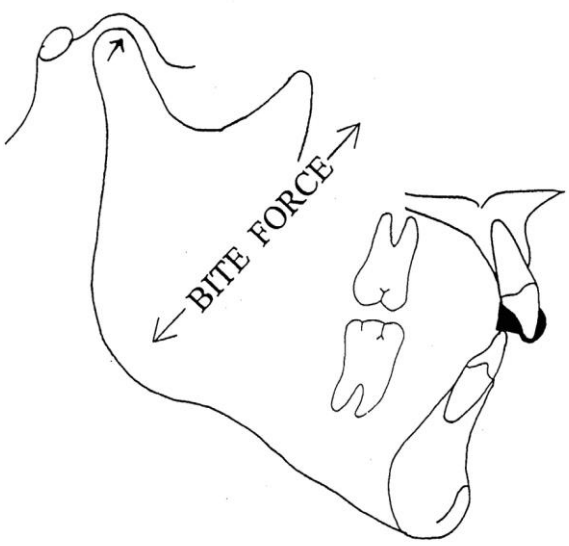


Figura 5 – *Lo stop anteriore è duro e piatto; esso separa di denti anteriori creando uno spazio adeguato per un mezzo di registrazione. Il paziente viene istruito a chiudere fermamente; ciò posiziona i condili nella posizione muscolo-scheletrica stabile della mandibola.*

L'informazione, a questo punto, deve essere trasferita dal paziente a un dispositivo che permetterà di studiare e pianificare il trattamento del sistema mandibolare in tre dimensioni. Allo stato attuale, l'articolatore sembra essere il miglior strumento per questo scopo. I modelli montati su un articolatore infatti, forniscono un'informazione fisiologica preziosa per la diagnosi e la pianificazione del trattamento. Diversi studi mostrano che esiste quasi sempre una distrazione verticale del condilo quando il paziente porta i denti a contatto tra loro.[47,45,6] In realtà un'analisi tridimensionale[48] dimostra, in maniera più specifica, che il dislocamento dei condili dalla posizione ideale supero-anteriore, causato dalla intercuspidazione dei denti, è generalmente di almeno 2 mm verticalmente ed orizzontalmente e di 0,5 mm o più trasversalmente.

La neuromuscolatura del paziente può realizzare una massima interposizione dentale senza mostrare la discrepanza presente a livello articolare. Non è pertanto possibile fare una diagnosi completa con la sola osservazione dell'occlusione. L'uso dell'articolatore permette di isolare il sistema che stiamo studiando dall'azione della neuromuscolatura evitando che questa possa annullare la discordanza a livello occlusale e non mostrare così la vera differenza tra MIC e CR.

Sulla base di quanto espresso finora, è pertanto sostanzialmente impossibile pensare di analizzare dati clinici, fare diagnosi di un problema ortodontico, pianificare un trattamento, monitorare le fasi cliniche dello stesso e, infine, valutare i risultati raggiunti, senza l'uso di un dispositivo come l'articolatore.

Il concetto di occlusione funzionale

Durante i movimenti mandibolari ideali, due fattori sono di massima importanza: la libertà di movimento e "l'economia" dell'energia muscolare. Queste condizioni sono fornite dalla guida anteriore, o *guida incisiva,* nei movimenti protrusivi e dalla guida canina oppure dalla funzione di gruppo nelle escursioni laterali.

In accordo con quanto espresso da Fantini,[49(pp1-51)] la caratteristica che differenzia la funzione di gruppo parziale da quella totale, sta nel fatto che non tutti i denti del lato lavorante sono coinvolti nel processo di

disclusione. Tuttavia, molti pazienti includono solo i canini ed i premolari in tale approccio gnatologico.

In un'occlusione ideale, la guida anteriore orienta i movimenti mandibolari e deve essere in grado di fornire una MIC senza un adattamento articolare o neuromuscolare; ciò rappresenta un risparmio in termini di energia muscolare.

In accordo con quanto espresso da Kahn,[50] la guida canina è il principale meccanismo per discludere i denti posteriori sul lato lavorante. D'altro canto, il fattore chiave per la disclusione nel lato bilanciante è il movimento di scivolamento del condilo lungo il versante posteriore dell'eminenza articolare. Il concetto di guida canina, o *occlusione mutualmente protetta*, è basato sul fatto che il canino è il dente più appropriato per guidare l'escursione laterale della mandibola, in virtù della sua morfologia coronale e della robustezza della sua radice e del legamento parodontale, oltre che per il suo meccanismo propriocettivo superiore. Oltre a ciò, la capacità del complesso condilo-disco di percorrere l'eminenza durante lo scivolamento sui denti anteriori e i canini, permette uno stress laterale minimo su questi ultimi e nullo sui posteriori. Così, in una "occlusione mutualmente protetta", i denti posteriori proteggono gli anteriori dagli stress laterali durante la chiusura in CR e i denti anteriori proteggono i posteriori dagli stress laterali durante i movimenti mandibolari protrusivi, mentre ai condili è permesso un movimento di scivolamento lungo l'eminenza. La guida condilare, espressa dalla morfologia delle articolazioni, è quindi il maggior

determinante della relazione overbite-overjet dei denti anteriori e dei canini, oltre che del posizionamento dei denti posteriori e della forma d'arcata. L'occlusione mutualmente protetta, dal canto suo, consente alla mandibola di eseguire l'intera gamma di movimenti senza interferenze da parte dei denti (protegge i denti posteriori dallo sfregamento e dall'abrasione e minimizza o elimina la tendenza a bruxare), e durante la chiusura, grazie all'interazione dentale, dirige e mantiene la centricità dei condili nella fossa.

Altri autori[51] hanno eseguito alcuni studi elettromiografici sui muscoli elevatori, mettendoli in relazione con la funzione di gruppo e con la guida canina. I risultati hanno mostrato che nella funzione di gruppo vi era una chiara riduzione dell'azione muscolare se confrontata in posizione intercuspidale, principalmente a livello del muscolo temporale del lato bilanciante. Analizzando l'occlusione mutualmente protetta, la riduzione dell'attività muscolare era maggiore di quanto avveniva nella funzione di gruppo.

In accordo con quanto espresso da Lee,[37(pp137-209)] la guida canina è ottima per:

- evitare le interferenze laterali eccentriche dei denti posteriori;
- fornire libertà di movimenti condilari;
- orientare la chiusura mandibolare verso un modello più verticale.

In accordo con quanto espresso da Roth,[52] la guida incisiva dovrebbe essere stabilita dai denti anteriori, nello specifico dai sei superiori e dagli otto

inferiori. Tra questi elementi, secondo Roth, non dovrebbe esistere un contatto reale ma solamente un contatto "virtuale": deve essere in pratica presente un sottilissimo spazio, una *clearance*, verificabile con l'impiego di apposite striscioline di mylar, denominate *shimstock*, dello spessore di soli 8 μm. Oltre a questo, affinché la guida incisiva funzioni a dovere, dovrebbe essere presente un overbite anteriore di 3-4 mm. Un tale tipo di assetto è in grado di fornire un dolce percorso di scivolamento che consente, durante il movimento protrusivo, di discludere i denti posteriori minimizzando lo stress traumatico, ottenendo pertanto un'adeguata distribuzione del carico. Una regolare guida anteriore diviene quindi fondamentale, non solo per un'appropriata funzione durante le escursioni mandibolari ma perché è fortemente correlata alla stabilità occlusale dopo il trattamento ortodontico. Roth sottolineava infatti che, in assenza di una guida anteriore, si sarebbe prodotto un carico laterale eccessivo sui canini, potenzialmente in grado di causare un movimento linguale dei canini inferiori, con consequenziale affollamento anteriore, e/o un movimento labiale dei canini superiori.

Un corretto adattamento di tutti i concetti di un'occlusione ottimale nel contesto della moderna terapia ortodontica, non può che esigere dunque attitudini di base correlate alla diagnosi, alla pianificazione del trattamento, alle meccaniche, alla finitura e alla contenzione.

Come ampiamente noto, il trattamento ortodontico ha un rapporto molto stretto con tutti i componenti del sistema masticatorio, pertanto lo

specialista necessita di essere esperto in tutti gli aspetti dell'occlusione funzionale.[53(pp158-159)] La classificazione di Angle[54] rappresenta un buon modo per iniziare, ma in nessun caso offre dei parametri adeguati per definire gli obiettivi di trattamento. Molte occlusioni pur mostrando una solida relazione di I classe possono presentare diversi aspetti patologici.

Al fine di conseguire i giusti parametri, Andrews[21] ha studiato le posizioni e le relazioni interarcata delle corone di 120 modelli normali presentanti un'occlusione ideale, quelle che lui stesso definì come "le sei chiavi dell'occlusione normale". Tuttavia, secondo Andrews, le sei chiavi sono elementi indipendenti del sistema masticatorio e costituiscono, da soli, dei solidi fondamenti per la valutazione occlusale e per il raggiungimento degli obiettivi di trattamento nella stragrande maggioranza dei pazienti. Questo presupposto ha condotto la maggioranza degli ortodontisti a pensare, per decenni, che se si ottiene una relazione di I classe quando il paziente "chiude" ed un buon allineamento delle radici e dei denti oltre ad un corretto posizionamento degli incisivi inferiori secondo gli obiettivi classici cefalometrici, mantenendo al contempo le originali dimensioni dell'arcata, ne conseguiranno automaticamente buona funzione, stabilità ed estetica facciale. Se ciò fosse vero, vi sarebbero ben poche evidenze di problemi articolari, abrasione occlusale, perdita di osso parodontale e recidive; noi sappiamo bene che non è cosi! È quindi chiaro che, i moderni concetti di occlusione non possono e non devono escludere i componenti dell'articolazione temporo-mandibolare.[55] Prima di rimuovere

l'apparecchio è perciò essenziale osservare i movimenti mandibolari e controllare la presenza di interferenze. Testare il lato lavorante per la guida canina o la funzione di gruppo, assicurando in tal modo un'assenza di contatti nel lato bilanciante, così come controllare la presenza di contatti anteriori regolari in protrusiva, è di estrema importanza per raggiungere una buona occlusione funzionale.

In questo contesto si introduce la filosofia di Roth che produce un concetto di occlusione funzionale clinicamente efficace nell'ottenere una migliore funzione ed un risultato più stabile nel tempo. Gli obiettivi di trattamento per il raggiungimento di un'occlusione funzionale, basati sugli studi, la ricerca e l'esperienza clinica maturata dallo stesso Roth,[56] sono i seguenti:

1. Estetica facciale. Nel corso della diagnosi è della massima importanza prestare molta attenzione alle caratteristiche del volto del paziente, valutandole sia attraverso l'analisi dei tessuti molli che mediante le misurazioni scheletriche cefalometriche, e pianificare quindi un trattamento in grado di migliorare l'equilibrio del viso e l'estetica globale dello stesso.
2. Estetica dentale. L'estetica dentale e quella facciale sono tra loro complementari. I denti infatti devono essere, prima di tutto, perfettamente allineati, privi di rotazioni, spaziature o affollamenti, fornendo quindi al paziente un sano e piacevole sorriso. Scendendo nel dettaglio, è poi fondamentale che in posizione di massima intercuspidazione, definita da Roth come *occlusione centrica* (CO),

le cuspidi di stampo dei denti posteriori, superiori ed inferiori, realizzino, ognuna, un contatto a tre punti nelle loro rispettive fosse antagoniste (massima interposizione); tra i denti anteriori, superiori ed inferiori, invece, deve essere presente una *shimstock clearance*, oltre che un minimale ma sufficiente overbite. In ogni caso, il rapporto tra i denti superiori e quelli inferiori, in qualsiasi settore delle arcate, deve essere del tipo "un dente a due denti". La struttura e la posizione dentale, infine, così come le forme occlusali, dovrebbero correlarsi con i movimenti limite della mandibola. Tutto ciò conduce ad un rapporto funzionale corretto della dentatura, sia in termini statici che dinamici, assicurando la riduzione dell'abrasione dentale e del danneggiamento e l'incremento della longevità complessiva dei denti e della stabilità ortodontica. In termini di allineamento dentale si giunge molto vicino all'armonia descritta da Andrews nelle sue sei chiavi dell'occlusione normale.

3. Salute dell'articolazione temporo-mandibolare. Ogni sforzo deve essere direzionato a garantire che le articolazioni temporo-mandibolari si mantengano sane, prive di dolore e di altri sintomi. L'obiettivo è quello di raggiungere, con la dentatura in massima intercuspidazione, una posizione articolare nella quale il condilo sia ubicato supero-anteriormente, contro il versante posteriore dell'eminenza articolare, e centrato trasversalmente, con il disco

interposto nella sua area più sottile. I condili e i dischi si muoveranno insieme lungo l'eminenza dalla loro posizione più alta nella fossa come si compirà un movimento di apertura mandibolare. È il compito principale dell'ortodontista, quello di garantire che tali condizioni esistano prima, durante e, soprattutto, dopo il trattamento ortodontico: delle articolazioni temporo-mandibolari sane e correttamente posizionate sono fondamentali per la stabilità a lungo termine dopo il completamento di un caso ortodontico.

4. Salute parodontale. Si tratta di un obiettivo valevole in tutti gli aspetti dell'odontoiatria: aiutare il paziente a ottenere e mantenere, oltre ai denti, anche gengive sane. Questo è in gran parte realizzato attraverso l'informazione, l'istruzione e la motivazione del paziente, in parole povere insegnando al paziente come aver cura della propria bocca, ma un altro aspetto della salute parodontale, non di poco conto, comporta il corretto posizionamento dei denti all'interno dell'osso che li supporta; questo è il lavoro dell'ortodontista. Durante la chiusura della mandibola è infatti importantissimo che la forza occlusale venga distribuita in egual misura su tutti i denti posteriori e che soprattutto venga scaricata lungo l'asse lungo dei denti: la tensione così trasmessa al legamento parodontale e alla lamina dura risulta essere più fisiologica e favorisce l'apposizione ossea piuttosto che il riassorbimento.

5. Stabilità. Se tutti gli obiettivi sopra espressi sono tenuti in considerazione durante la diagnosi, la pianificazione del trattamento e la somministrazione delle cure, il risultato finale sarà una finitura ortodontica di altissima qualità, che non sarà solo estetica, ma bensì anche progettata per fornire al paziente un morso stabile, destinato a durare una vita, con la minima usura dei denti, il minor numero di danni ed il mantenimento di una salute orale ottimale.

Partendo da questi presupposti il Dr. Ronald H. Roth e il Dr. Robert E. Williams hanno sviluppato un approccio globale al trattamento ortodontico, fornendo dei criteri chiari per un'appropriata diagnosi del caso, seguita dalla scelta di un adeguato piano di trattamento e da uno specifico tipo di apparecchiatura che accompagna questo piano: gli ortodontisti ora possono raggiungere gli obiettivi del loro trattamento in modo più efficiente. Dopo decenni di studi e di pratica clinica, Roth concluse che l'occlusione funzionale deve essere il fine primario in ogni piano di trattamento: se l'ortodontista si sforza di raggiungere un risultato funzionale ideale conservando dei chiari obiettivi in mente, la sua percentuale di successo sarà elevata, così come ridotta sarà quella di possibili problemi funzionali; quei casi che presentano problemi potranno essere corretti semplicemente con limitate modifiche della morfologia occlusale, senza necessità, di solito, di ritrattamento ortodontico o di procedure restaurative estese.

RECIDIVA E CONTENZIONE

Uno dei rischi più comuni del trattamento ortodontico è la recidiva. A seguito di una terapia ortodontica infatti, la maggioranza dei pazienti richiederà un periodo più o meno lungo di contenzione. Questa è una fase del trattamento il cui obiettivo è quello di stabilizzare e mantenere la correzione ortodontica raggiunta, consentendo l'assestamento dell'occlusione e prevenendo o minimizzando la comparsa della recidiva. Pertanto, la contenzione ortodontica deve sempre essere pianificata e discussa con il paziente come parte e all'inizio del piano di trattamento.

La recidiva, in ortodonzia, è ufficialmente definita dal British Standard Institute come la ricomparsa, parziale o completa, a seguito di correzione, delle caratteristiche della malocclusione originaria. Moyers,[57(p326)] più semplicemente, ha definito la recidiva come la perdita di qualsiasi correzione ottenuta tramite il trattamento ortodontico; questa è la definizione che forse meglio rispecchia la sensazione dei pazienti che si vengono a trovare in questa situazione. Numerosi studi longitudinali hanno dimostrato la ricomparsa di affollamento, soprattutto degli incisivi inferiori, a seguito di trattamento ortodontico.[58,59] Questo è un riscontro quasi universale che può verificarsi molti anni dopo il trattamento, con un ampio grado di variabilità individuale. È impossibile stimare la suscettibilità nei singoli casi, sebbene ci si possa aspettare una maggiore

irregolarità degli incisivi dopo un trattamento non estrattivo che preveda l'espansione dell'arcata inferiore, piuttosto che un trattamento che implichi l'estrazione dei premolari.[60] Altre caratteristiche occlusali particolarmente correlate con la recidiva dopo il trattamento, includono le rotazioni e gli spazi interdentali. Nel complesso, una serie di fattori può potenzialmente contribuire alla recidiva ortodontica.

Eziologia della recidiva

Le cause esatte della recidiva in ortodonzia sono difficili da identificare, ad ogni modo, i fattori causali possono essere suddivisi in quattro macroaree:

1. Fattori gengivali e parodontali. A seguito del movimento ortodontico, i tessuti costituenti il legamento parodontale e le gengive si rimodellano attorno alla nuova posizione del dente. Mentre le fibre collagene del legamento parodontale impiegano dai tre ai quattro mesi per rimodellarsi, quelli della gengiva impiegano un po' più di tempo, circa sei mesi. Il cambiamento più lento si verifica nelle fibre elastiche sopracrestali, che richiedono fino a un anno. Ciò ha importanti implicazioni soprattutto per i denti che nell'ambito della terapia ortodontica sono stati ruotati, poiché questo lento rimodellamento è il principale responsabile dell'elevato tasso di recidiva che si verifica a seguito di correzione rotazionale. Il regime di contenzione in questi casi può essere

integrato da una *fibrotomia sopracrestale* (o pericisione), una procedura chirurgica che coinvolge sezionamento delle fibre sopracrestali. Questo intervento viene eseguito in anestesia locale, una volta che la rotazione è stata corretta ortodonticamente: viene inserita una lama chirurgica nel solco gengivale, recidendo in questo modo le fibre sopracrestali e transettali. È stato dimostrato che tale procedura è in grado di ridurre la recidiva rotazionale nella regione degli incisivi mascellari senza determinare perdita di attacco parodontale.[61] Tuttavia, questa procedura non dovrebbe essere eseguita sulla porzione medio-labiale di qualsiasi dente avente una stretta area di gengiva aderente o una sottile lamina di osso alveolare, come solitamente accade a livello degli incisivi inferiori. Una tecnica alternativa è semplicemente quella di sezionare la papilla interdentale. È inoltre raccomandata una ipercorrezione dei denti ruotati già dalle prime fasi del trattamento e il mantenimento della loro nuova posizione per un periodo significativo prima della rimozione degli apparecchi.

2. Tessuti molli. I tessuti molli definiscono in larga misura i limiti del movimento dentale ortodontico. Qualsiasi cambiamento della posizione dei denti può spostarli fuori dalla zona di equilibrio dei tessuti molli e aumentare in questo modo la possibilità di recidiva. Per questo motivo, la forma d'arcata, in particolare dell'arcata inferiore che è la risultante dell'equilibrio dei tessuti molli, non è

suscettibile di modifiche significative. Se espansa durante il trattamento, in particolare attraverso l'aumento della distanza intercanina, il rischio di recidiva sarà più elevato (Figura 6).



Figura 6 – *Il mantenimento della forma originale dell'arcata inferiore, in particolar modo della distanza intercanina, permette di ridurre il rischio di recidiva. La figura mostra un arco inferiore in acciaio inossidabile con forma simile a quella presente nell'arcata dentaria*

Allo stesso modo, il movimento in senso vestibolo-linguale, di proclinazione o retroclinazione, degli incisivi inferiori in qualsiasi misura è notoriamente soggetto a recidiva.

Verticalmente, la posizione del labbro inferiore è molto importante per la stabilità della riduzione dell'overjet. Se le labbra sono competenti dopo il trattamento e il labbro inferiore poggia vestibolarmente sugli incisivi superiori, vi è senz'altro una maggiore stabilità. Questo dipende in parte dalla crescita dei tessuti molli, che crescono verticalmente più delle basi scheletriche sottostanti durante il periodo preadolescenziale. Ciò si traduce in un aumento della competenza labiale, specialmente nei ragazzi le cui labbra crescono più tardi e in misura maggiore rispetto alle ragazze.[62]

Un discorso a parte va fatto in merito alla deglutizione atipica. Sebbene esista una deglutizione atipica di natura endogena,

fondamentalmente di origine neurologica, la possibilità che questa si presenti, in realtà, è molto rara e l'attività anormale della lingua, nella maggior parte dei casi, è adattativa: in un soggetto con morso aperto anteriore, al fine di creare un sigillo anteriore durante la deglutizione, la lingua verrà invariabilmente in avanti per riempire il vuoto presente. Se il morso aperto anteriore viene corretto, l'attività della lingua si normalizza e il risultato così ottenuto sarà senz'altro stabile. Tuttavia, se è presente una vera deglutizione atipica, di natura endogena, nessun tipo di trattamento garantirà la stabilità, poiché persisterà il fattore eziologico primario.

3. Fattori occlusali. Il modo in cui i denti occludono alla fine del trattamento è importante: una buona occlusione può favorire il mantenimento di un risultato stabile. Per esempio, è senz'altro vero che correggere un morso incrociato anteriore creando un overbite positivo alla fine del trattamento, garantirà stabilità senza necessità di contenzione. È anche opinione diffusa che se alla fine del trattamento avremo un'occlusione ben "ingranata", il risultato sarà più stabile:[63] nel correggere un overbite profondo, la stabilità aumenta se il bordo dell'incisivo inferiore si trova 0–2 mm anteriormente al punto medio dell'asse della radice dell'incisivo superiore,[64] noto come *centroide* (Figura 7); è inoltre auspicabile avere un angolo interincisale favorevole vicino a 135° al fine di

produrre un forte arresto occlusale e impedire che gli incisivi si muovano.

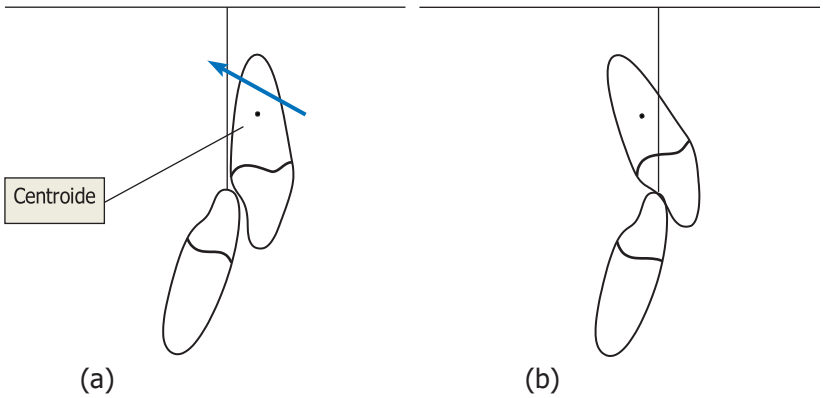


Figura 7 – *Recidiva della riduzione dell'overbite e relazione bordo incisale-centroide. Il diagramma (a) mostra un overbite aumentato. La sua riduzione sarà più stabile se il centroide dell'incisivo superiore si trova palatalmente rispetto al bordo dell'incisivo inferiore come mostrato nel diagramma (b). Idealmente questo si ottiene spostando la radice superiore palatalmente, ma nei casi più gravi l'osso alveolare potrebbe non essere abbastanza spesso da consentire una correzione completa. In queste circostanze diventa necessario compensare con l'avanzamento dei bordi degli incisivi inferiori con il rischio però di compromettere la stabilità del segmento labiale inferiore.*

Se da un lato questi accorgimenti possono garantire una buona stabilità in alcune situazioni, ci sono però poche prove che questi siano efficaci nell'impedire la ricomparsa dell'affollamento a livello degli incisivi. A tal proposito, si è ipotizzato che le stesse forze occlusali che agiscono con un vettore avente direzione anteriore, possano essere causa di sviluppo di affollamento a carico degli incisivi inferiori;[65] d'altro canto però, la breve durata di queste forze lo rende improbabile.

4. Crescita. Sebbene la maggior parte della crescita di un paziente si completi entro la fine della pubertà, è ormai noto che dei piccoli

cambiamenti possano verificarsi durante tutta la vita. La crescita del massiccio facciale infatti continua per tutta la vita, generalmente proseguendo nella stessa direzione verso la quale si è espressa durante l'adolescenza, anche se in misura molto minore.[66] La crescita facciale non è lineare ma rotazionale, in particolare la crescita mandibolare; questo significa che nel tempo si possono verificare sottili cambiamenti nelle posizioni relative della mascella e della mandibola con conseguente cambiamento delle forze che vengono applicate sui denti dai tessuti molli o dall'occlusione stessa, poiché la dentatura cerca di compensare per mantenere la posizione occlusale. Sulla base di tali considerazioni non sorprende pertanto che esista il rischio di un affollamento tardivo degli incisivi inferiori, sia come recidiva negli individui che sono stati trattati ortodonticamente, che come neo-affollamento in quelli non trattati. Sempre a proposito di crescita, un'estrema importanza l'assume la malocclusione scheletrica di classe III, nella quale la crescita mandibolare tardiva può provocare la ricomparsa di un morso incrociato anteriore dopo l'esecuzione di una correzione precoce. Questo è uno dei motivi principali che spingono l'ortodontista a monitorare la crescita nei casi di classe III durante l'adolescenza prima di prendere le decisioni finali sul trattamento.

Frequenza della recidiva e consenso informato

La recidiva ortodontica è imprevedibile: alcuni pazienti che dimenticano o rifiutano di indossare i dispositivi di contenzione possono non avere alcuna recidiva mentre altri hanno una recidiva considerevole. Al momento non siamo in grado di identificare i fattori che possono predire il rischio di recidiva in un paziente e quindi non siamo in grado di capire quali pazienti avranno potenzialmente una recidiva e quali no. Questo forse non è sorprendente, poiché, sebbene l'ortodontista abbia il controllo dei fattori gengivali e parodontali, dei fattori occlusali e di alcuni fattori relativi ai tessuti molli, non è possibile però controllare i cambiamenti dell'età che possono contribuire alla recidiva. Di conseguenza, l'approccio attuale è che tutti i pazienti dovrebbero essere trattati come se avessero un potenziale di recidiva. Queste informazioni devono essere trasmesse al paziente e il rischio di recidiva così come la contenzione devono essere discusse con esso prima del trattamento come parte del processo di consenso informato; ciò in quanto il mantenimento del risultato ottenuto richiede un impegno da parte del paziente una volta completato il trattamento attivo. Il ruolo del medico è quindi quello di posizionare i denti nella posizione più stabile possibile, informare il paziente del rischio di recidiva e fornire ad esso una qualche forma di contenzione, comprese chiare istruzioni su come prevenire eventuali effetti collaterali indesiderati derivanti dall'uso a lungo termine del dispositivo di contenzione. Spetta poi al paziente decidere se

continuare a indossare gli apparecchi di contenzione o se accettare il rischio di una qualche recidiva. La responsabilità del mantenimento del risultato è del paziente e questi devono esserne consapevoli: se indossano dispositivi di contenzione rimovibili, saranno responsabili del rispetto del regime consigliato e, se hanno dispositivi di contenzione fissi, devono farli controllare regolarmente da un dentista generale o da un ortodontista.

Il regime di contenzione

Come già definito all'inizio di questo capitolo, la contenzione ortodontica deve sempre essere pianificata e discussa con il paziente come parte e all'inizio del piano di trattamento.

Al fine di decidere il regime di contenzione più adeguato per ogni specifico paziente è necessario considerare i seguenti fattori:

- Malocclusione originale
- Modello di crescita
- Tipo di contenzione
- Durata della contenzione

Malocclusione originale

Se la malocclusione originale era di particolare gravità, una piccola quantità di recidiva dopo il trattamento può essere accettabile, poiché il miglioramento estetico complessivo rimarrà comunque buono. Tuttavia, se

il paziente presentava inizialmente solo una lieve malocclusione, qualsiasi tipo di recidiva potrebbe essere inaccettabile. Ciò assume particolare rilevanza quando viene trattato un lieve affollamento del segmento labiale. Sono state ideate numerose strategie per migliorare la stabilità degli incisivi inferiori dopo l'allineamento. Uno di questi è la *riduzione dello smalto interprossimale* (IPR o stripping). La rimozione di una piccola quantità di smalto a carico delle facce prossimali di denti adiacenti crea punti di contatto più ampi e piatti tra questi denti e, teoricamente, riduce la possibilità che questi scivolino l'uno sull'altro e si disallineino.[67,68] Nonostante queste precauzioni aggiuntive, tutti i pazienti devono essere informati del potenziale di recidiva prima di iniziare il trattamento e della necessità di una contenzione a lungo termine o addirittura permanente.

Modello di crescita

Dopo il trattamento, il modello di crescita originale si re-imporrà e continuerà in misura variabile per tutta la vita. Questo è vero sia per la crescita in senso sagittale che in quello verticale. Per esempio, una relazione scheletrica di classe III corretta avrà senz'altro una recidiva se c'è una sottostante crescita mandibolare sfavorevole, con la contemporanea comparsa di un morso aperto anteriore se alla continua crescita sagittale si associa anche una crescita verticale. La contenzione in questo caso dovrebbe quindi essere destinata al mantenimento della correzione scheletrica ottenuta: se un apparecchio funzionale o una trazione extra-

orale inversa (es. maschera di Delaire) sono stati utilizzati per controllare la crescita durante la fase di trattamento attivo, idealmente questi dovrebbero essere continuati anche durante la fase di contenzione, almeno fino al completamento della crescita dell'adolescente. Ciò ovviamente è basato prima di tutto sulla compliance del paziente e fornisce un buon argomento contro l'inizio del trattamento troppo precoce in caso di discrepanza scheletrica.

Tipo di contenzione

La considerazione più importante che ci si trova a dover fare è quella se è meglio utilizzare un dispositivo di contenzione rimovibile oppure fisso.[69]

Anche con i dispositivi fissi, una certa entità di affollamento può riapparire nel segmento labiale inferiore. Anche gli apparecchi fissi infatti hanno un alto tasso di fallimento principalmente dovuti a rotture che, sfortunatamente, il paziente spesso noterà solo quando gli incisivi inferiori iniziano a muoversi. Oltre a ciò, i dispositivi fissi in alcuni pazienti possono essere causa di un aumento dei problemi di igiene orale.

I dispositivi rimovibili, d'altro canto, sono in grado di fornire una contenzione efficace quanto quelli fissi e, se indossati part-time, sono generalmente ben tollerati. Inoltre, eventuali rotture o problemi di adattamento dell'apparecchio sono generalmente evidenti al paziente prima che si venga a verificare la recidiva. Tuttavia, la compliance, in questa

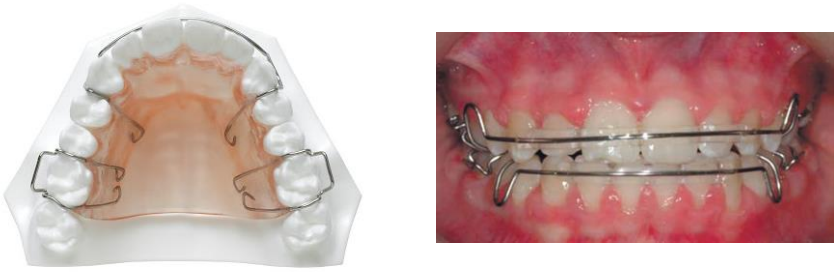
tipologia di dispositivi, è il principale fattore di imprevedibilità per il mantenimento del risultato ottenuto.

Dispositivi di contenzione rimovibili

I dispositivi di contenzione rimovibili possono essere estratti dalla bocca dal paziente e quindi fanno affidamento su una buona compliance da parte dello stesso. Sono generalmente facili da mantenere e non compromettono l'igiene orale sebbene, come tutti gli apparecchi rimovibili, a causa dell'ingombro dimensionale, possano influenzare la parola.

I principali dispositivi di contenzione rimovibili includono:

- Placca di Hawley. La contenzione tipo Hawley è semplice, robusta e ritentiva; è costituita da ganci Adams sui primi molari e da un arco labiale intorno agli incisivi. L'arco labiale può essere adattato (modellato attorno agli incisivi) o acrilato (dotato di rivestimento in acrilico) per migliorare la ritenzione e il controllo rotazionale degli incisivi (Figura 8). La placca di Hawley consentirà un certo assestamento occlusale e, nei casi con estrazione dei primi premolari, l'arco labiale può essere saldato direttamente ai ganci dei primi molari, evitando, in questo modo, che il filo vada ad attraversare gli spazi estrattivi determinandone la riapertura. È anche possibile incorporare un bite plane per il mantenimento della riduzione dell'overbite.



(a) (b)

Figura 8 – *Dispositivo di contenzione tipo Hawley. Nel modello (a) la tipologia con arco labiale adattato. A destra (b) una doppia placca di Hawley, superiore e inferiore, con un rivestimento acrilico aggiunto all'arco labiale in modo da fornire un maggiore contatto con i denti riducendo il rischio di recidive, in particolare a carico di denti ruotati*

- Placca di Begg. Nel dispositivo di contenzione di Begg, l'arco labiale si estende fino intorno all'aspetto distale del molare terminale (Figura 9). Consente l'assestamento occlusale, poiché nessun filo metallico attraversa l'occlusione ma risulta essere meno ritentivo del dispositivo di Hawley e la maggiore lunghezza dell'arco labiale rende lo stesso più soggetto a distorsioni.



Figura 9 – *Dispositivi di contenzione tipo Begg*

- Spring retainer. È un dispositivo di contenzione a molla con archi acrilati sia labialmente che lingualmente (Figura 10). L'apparecchio originale si estendeva solo fino ai canini; tuttavia, a causa del rischio di deglutizione o aspirazione, ne è stata descritta una

modifica con estensione posteriore e che include ganci sui primi molari. Questo tipo di dispositivo di contenzione può essere utilizzato anche per riallineare gli incisivi inferiori a seguito di recidiva se i denti vengono riallineati sul modello di lavoro dal tecnico.



Figura 10 – *Spring retainer costruito secondo le recenti modifiche*

- Vacuum-formed retainer. Si tratta di un dispositivo di contenzione trasparente (Figura 11) creato per mezzo di un processo di termoformatura sottovuoto a partire da un foglio di poliestere termoplastico: il foglio di plastica viene riscaldato e poi risucchiato su un modello dentale mediante la creazione di un vuoto. Fornisce una buona estetica e un migliore controllo dell'allineamento degli incisivi rispetto alla placca tipo Hawley,[70] ma non è altrettanto robusto. Può essere esteso solo da canino a canino o anche più posteriormente fino ai secondi molari, nel qual caso non consentirà alcun assestamento occlusale dopo il trattamento. Un filo palatale dovrebbe essere incorporato nel dispositivo se si decide di impiegarlo a seguito di un trattamento in cui c'è stata una significativa espansione mascellare, in quanto la bassa rigidità del

dispositivo non permetterebbe, in questo caso, di contrastare la recidiva.



Figura 11 – *Due dispositivi di contenzione termoformati. Questo tipo di dispositivo può essere realizzato anche direttamente in studio, poiché la fabbricazione è relativamente semplice. Ciò consente, oltre a ridurre i costi, anche la consegna al paziente nello stesso momento in cui gli apparecchi fissi vengono rimossi*

Un dispositivo di questo tipo può essere utilizzato anche per il movimento attivo dei denti, per correggere piccole irregolarità: i denti possono essere allineati su un modello di lavoro sul quale verrà poi realizzato il dispositivo termoformato sottovuoto. Tale dispositivo non deve essere indossato per mangiare o bere, poiché può fungere da serbatoio per i liquidi, aumentando il rischio di decalcificazione in presenza di una dieta cariogena.

Dispositivi di contenzione fissi

I dispositivi di contenzione fissi sono di solito sono rappresentati da un filo cementato o incollato ai denti che il paziente non può rimuovere. Questo tipo di dispositivi vengono impiegati quando è richiesta una contenzione a lungo termine o permanente, in particolare per gli incisivi inferiori, e il filo di solito si estende da canino a canino. Possono anche essere usati per gli incisivi superiori per prevenire la riapertura di un diastema della linea mediana, ma in questa regione può verificarsi un tasso di fallimento più

elevato, specialmente quando, al termine del trattamento, permane un overbite aumentato. I primi modelli erano realizzati con fili lisci dotati di cuscinetti in acciaio a ciascuna estremità incollati ai canini. Questo tipo di disegno era molto valido nel mantenere la larghezza intercanina inferiore ma meno efficace nel prevenire la recidiva rotazionale degli incisivi non legati ad esso. Più recentemente i dispositivi di contenzione fissi hanno visto l'introduzione e l'impiego di fili flessibili multifilamento in acciaio inossidabile incollati alle superfici linguali di tutti denti, da canino a canino inferiore, per mezzo di composito fluido (Figura 12).[71] Questi sono ben tollerati, consentono un certo movimento fisiologico dei denti, non compromettono l'estetica e possono fornire un'ottima ritenzione; inoltre non interferiscono con la fonazione e dipendono meno dalla compliance del paziente rispetto ai dispositivi di contenzione rimovibili.



Figura 12 – *Dispositivo di contenzione multifilamento. Questo dispositivo, in acciaio inossidabile, è incollato a ciascun dente, da canino a canino inferiore, utilizzando resina composita fluida. Il diametro del filo tondo è di 0,0195 pollici, il che dona una certa flessibilità che permette ai denti di muoversi fisiologicamente durante la funzione*

I dispositivi di contenzione fissi non sembrano produrre problemi parodontali a lungo termine, sebbene intorno ad essi si possa formare tartaro, in particolare nella regione degli incisivi inferiori. Il loro posizionamento richiede tempo ed è sensibile alla tecnica dell'operatore che deve cercare il più possibile di conservare la passività del filo onde

evitare spostamenti indesiderati. Seppur possano essere considerati sicuri in termini di stabilità, dovrebbero essere sempre affiancati da un dispositivo di contenzione rimovibile da consegnare al paziente, al fine di preservare la posizione dei denti se il dispositivo di contenzione fisso si dovesse guastare.

Durata della contenzione

Quando si consegnano o si applicano i dispositivi di contenzione ai pazienti, spesso a seguito di un trattamento di almeno 18 mesi, la prima domanda che pongono è "per quanto tempo dovrò indossare il dispositivo di contenzione?" La risposta più onesta sarebbe, finché vogliono mantenere i denti perfettamente dritti. D'altro canto, come detto anche all'inizio di questo trattato, alcune voci autorevoli della letteratura sostengono che la contenzione possa essere rimossa una volta che si sia raggiunta un'integrazione complessiva tra la nuova posizione degli elementi dentali e il complesso del parodonto che li accoglie, il che si verifica con un arco temporale minimo di circa 12 mesi dopo i quali è possibile sospendere la contenzione nei pazienti a fine crescita.[9(p629)]

Volendo dare indicazioni più ampie e meno radicali, possiamo definire che la durata del regime di contenzione a seguito di trattamento ortodontico è variabile.

Nessuna contenzione

Questa è l'eccezione piuttosto che la regola ed è applicabile solo nei casi in cui l'occlusione manterrà la correzione o in quelli in cui non sia stato intrapreso alcun trattamento attivo:

- casi con iniziale morso incrociato anteriore e terminati con un overbite positivo e una buona quota di overjet;
- casi con allineamento spontaneo a seguito di estrazioni senza l'esecuzione di alcun trattamento attivo.

Contenzione a medio termine

Per contenzione a medio termine si intende solitamente un periodo che consenta la riorganizzazione dei tessuti molli e del legamento parodontale e il completamento della crescita dell'adolescente e dello sviluppo dentale, compresa l'eruzione dei terzi molari. Questo significa che la contenzione dovrebbe essere portata fino alla fine dell'adolescenza o all'inizio dei vent'anni ed è solitamente il regime di contenzione indicato nella maggior parte dei casi di routine. In realtà, ad eccezione dei dispositivi di contenzione fissi, non c'è alcuna garanzia che vi sia, da parte del paziente, il pieno rispetto del regime indicato come non vi è alcuna prova che ci sia una grande differenza tra una contenzione a medio termine indossata a tempo pieno, rispetto a quella indossata part-time (es. solo la notte). Un periodo di utilizzo a tempo pieno può senz'altro ridurre le possibilità che il paziente dimentichi di indossare il dispositivo, ma quando la compliance

non è un problema, la contenzione rimovibile può essere indossata a tempo parziale con efficacia dalla fine del trattamento attivo.

Contenzione permanente

Alcune caratteristiche occlusali sono più inclini a recidivare a seguito della correzione. Queste includono:

- Rotazioni importanti
- Diastema interincisivo e spaziature
- Denti parodontalmente compromessi con perdita ossea

In alcune situazioni, come parte del piano di trattamento, i denti possono essere spostati intenzionalmente in alcune aree solitamente più soggette a recidiva. Generalmente il rischio di recidiva aumenta in caso di:

- Proclinazione del segmento labiale inferiore
- Espansione della larghezza intercanina inferiore
- Allineamento degli incisivi laterali mascellari spostati palatalmente in assenza di un overbite positivo alla fine del trattamento
- Correzione di un morso aperto anteriore mediante estrusione di incisivi
- Correzione di un overjet con incompetenza del labbro alla fine del trattamento.

In questi casi, l'unico modo per prevenire qualsiasi cambiamento nel posizionamento dei denti dopo il trattamento attivo, è la contenzione a lungo termine o addirittura permanente, di solito sotto forma di contenzione fissa. Come già definito precedentemente, è importante che questo sia discusso con il paziente prima di iniziare il trattamento, divenendo così parte del processo di consenso informato.

PARTE SPERIMENTALE

Obiettivo

L'obiettivo di questo studio clinico di coorte di tipo prospettico è stato determinare, tramite Little's Irregularity Index (L.I. Index)[72] e Peer Assessment Rating Index (PAR Index),[73,74] l'influenza di fattori muscolari, occlusali e articolari sulla stabilità a lungo termine dell'allineamento dentale in pazienti adulti trattati ortodonticamente e provvisti di contenzione fissa da almeno 12 mesi, dopo aver eseguito la rimozione della stessa. Abbiamo voluto valutare, nello specifico, l'effettivo mantenimento a lungo termine dei risultati ottenuti con la terapia ortodontica, senza l'ausilio di dispositivi di contenzione, in quei pazienti nei quali la stessa terapia era stata eseguita rispettando tutti i principi esposti in precedenza e capire, in caso di comparsa di recidiva, quali fossero i fattori responsabili e in quale entità questi potessero aver agito per determinarla.

Materiali e metodi

Uno studio di Bjering et al,[7] ha fornito la base per il calcolo della dimensione campionaria (G*Power versione 3.1.9.2, Franz Faul, Universitat Kiel, Germania): è stato riscontrato che, per rilevare un effect size di 0.5 (corrispondente ad un large effect size) con una potenza di 0.95

ed una probabilità dell'errore di primo tipo del 5%, erano necessari 34 soggetti.

Un'approfondita analisi del registro dei pazienti del reparto di ortognatodonzia della Clinica Odontoiatrica dell'Università degli Studi di L'Aquila ha permesso di individuare 40 pazienti adulti, a fine crescita, già precedentemente trattati per la risoluzione di diverse situazioni di malocclusione, i quali avessero terminato la terapia ortodontica da almeno un anno e ai quali, al termine del trattamento, fosse stato applicato un dispositivo di contenzione fissa per il mantenimento dell'allineamento del gruppo dentale anteriore inferiore: un retainer metallico fissato a mezzo resina composita fluida ad unire le superfici linguali degli incisivi, centrali e laterali, e dei canini destri e sinistri. La presenza e la corretta collocazione del dispositivo di contenzione, così come un mantenuto allineamento dei denti sui quali tale dispositivo era stato collocato, da verificarsi all'atto del primo incontro con i pazienti, sono stati definiti come requisiti necessari per il definitivo reclutamento degli stessi nello studio.

È stato pianificato un contatto preliminare con i pazienti precedentemente individuati allo scopo di produrre un consenso informato alla partecipazione allo studio, illustrando loro le caratteristiche e la finalità della ricerca, esponendo i vantaggi dati dalla rimozione del retainer (minor accumulo di placca, maggiore comodità nelle manovre di igiene domiciliare, ecc), così come il potenziale rischio di recidiva correlato con

la stessa, quale il disallineamento del gruppo dentale liberato dalla contenzione.

Sono stati pianificati quattro istanti clinici di controllo corrispondenti ai tempi:

- T0 - Prima visita
- T1 - Primo follow-up
- T2 - Secondo follow-up
- T3 - Ultimo check-up

L'intervallo di tempo tra gli istanti di controllo è stato stabilito di circa sei mesi.

Nel corso della prima visita (tempo T0), per ogni paziente è stata eseguita dapprima la raccolta dei dati anamnestici e la compilazione della cartella clinica. È stato poi praticato un check-up ortodontico completo con la realizzazione di foto, extraorali ed intraorali, ed il rilevamento di una doppia coppia di impronte (due impronte per l'arcata superiore e due per l'arcata inferiore): la prima è stata adoperata per la realizzazione di modelli di studio squadrati secondo la scuola americana Tweed, impiegati successivamente per la stima del grado di allineamento del gruppo dentale anteriore inferiore per mezzo dell'uso degli indici PAR e di Little; la seconda, invece, è stata adoperata per la realizzazione di modelli in gesso duro, utilizzati in seguito per la valutazione del rapporto esistente tra le posizioni assunte dai condili in occlusione centrica e in relazione centrica.

Riguardo a quest'ultima, al fine di poter completare autonomamente l'analisi, è stato anche necessario registrare le posizioni condilari dei pazienti attraverso un duplice rilevamento, per mezzo di specifici supporti in cera e praticando, per il rilevamento della posizione di relazione centrica, una manipolazione guidata della mandibola (tecnica "power centric").[75(pp22-26)]

Al fine di misurare l'*entità delle forze muscolari agenti sui denti,* sono stati quindi eseguiti i seguenti esami clinici:

- dinamometria del muscolo orbicularis oris effettuata mediante la trazione controllata di un dispositivo, nella fattispecie uno schermo orale, alloggiato nel vestibolo della bocca del paziente. L'operatore, applicando una forza progressivamente crescente, esegue una trazione del dispositivo attraverso un filo legato, per un'estremità, al manico del dispositivo e, per l'altra, allo strumento di misurazione (Figura 13), un dinamometro digitale quale ELK-50 (ELECALL Electric Co. Ltd, Yueqing City, Zhejiang Province, China) con carico di risoluzione di 0.01N ed in grado di registrare il valore massimo della trazione esercitata.[76,77] Gli schermi orali sono stati fabbricati in materiale acrilico secondo tre differenti dimensioni (45, 49 e 56 mm),[2] corrispondenti ai valori medi ottenuti da misurazioni rilevate dall'archivio modelli dei pazienti della nostra clinica odontoiatrica. Tali misure sono state verificate in

grado di adattarsi alle ampiezze delle arcate della maggior parte dei pazienti. Gli schermi orali sopra citati sono stati inoltre realizzati con un'estensione tale da giungere fino alle facce distali dei secondi premolari e sono stati infine dotati di un piccolo tubo cavo attorno al manico: tali accorgimenti hanno lo scopo di prevenire e/o di ridurre, il più possibile, l'effetto di suzione che andrebbe ad alterare il risultato dell'esame clinico, incrementando la resistenza delle labbra alla perdita dello schermo orale nel momento in cui questo viene sottoposto a trazione.[3]



Figura 13 – *Dinamometro digitale e schermo orale impiegati nel rilevamento della forza massima espressa dal muscolo orbicularis oris*

- elettromiografia dei muscoli digastrici, destro e sinistro, ventre anteriore.[78] L'esame elettromiografico è stato eseguito mediante l'impiego di due moduli elettromiografici SHIELD-EKG-EMG (OLIMEX Ltd, Plovdiv, Bulgaria) per impiego su scheda microcontroller ARDUINO UNO (Ivrea, Italia), quale kit hardware di sviluppo opensource, affiancati all'uso di un software opensource quale ELECTRIC GURU MONITORING

SOFTWARE (developed by Rob Sacks); il sistema nel suo insieme (Figura 14) permette di rilevare, amplificare, digitalizzare e registrare il segnale EMG analogico. Gli elettrodi, da un lato collegati al modulo, dall'altro sono stati posizionati bilateralmente alla regione sopraioidea, in accordo con la letteratura.[79] La valutazione elettromiografica è stata eseguita durante un atto deglutitorio indotto nel paziente attraverso la somministrazione di bolo liquido di 10 ml. Per ogni rilevamento è stato preso in considerazione il picco massimo del potenziale EMG registrato.

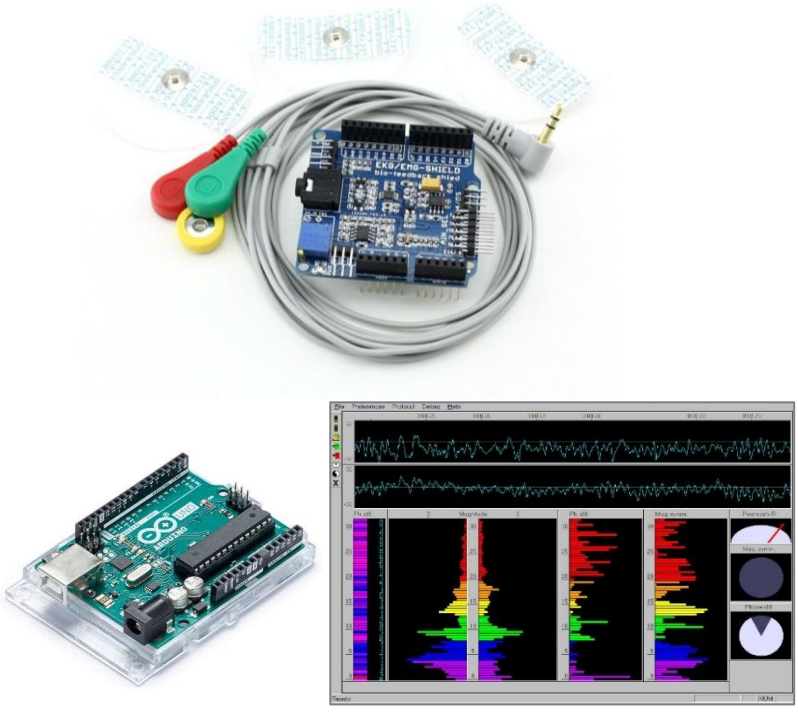


Figura 14 – *Sistema hardware e software opensource generalmente impiegato in ambito di ricerca per esperimenti di biofeedback. In questo caso il kit, composto a partire da due moduli EMG, uno per lato, è stato usato per il rilevamento del potenziale massimo espresso dal ventre anteriore dei muscoli digastrici, destro e sinistro, del paziente durante la deglutizione di un bolo liquido di 10 ml*

Al fine di valutare l'*equilibrio occlusale esistente tra le aree anteriore e posteriore e destra e sinistra delle arcate dentarie in contatto tra loro*, è stata eseguita l'analisi digitale dell'occlusione dentale impiegando un dispositivo di scansione dentale quale T-SCAN (Tekscan Inc., South Boston, United States of America).[80] Il dispositivo, per mezzo del software proprietario ad esso affiancato, fornisce al clinico un'accurata rappresentazione, bidimensionale e tridimensionale, della distribuzione delle forze masticatorie sui singoli elementi dentali del paziente, registrandole, in modo dinamico, durante l'intervallo di tempo nel quale la valutazione viene eseguita.[81] La registrazione delle forze occlusali durante l'esame è stata realizzata chiedendo al paziente di serrare le arcate dentarie su un apposito sensore tattile, avente forma corrispondente ed un esiguo spessore, inserito su uno specifico manipolo a sua volta collegato, tramite cavo usb, ad un computer (Figura 15); su tale computer il software del dispositivo ha permesso, oltre che di registrare, anche di conservare e riprodurre, in qualsiasi momento, le rilevazioni ottenute.



Figura 15 – *Il manipolo T-Scan con il sensore tattile inserito ed il suo software proprietario per la gestione delle rilevazioni*

Terminati i rilevamenti sui pazienti nell'ambito della prima visita, a tempo T0, è stata infine eseguita la rimozione del retainer metallico incollato sulle superfici linguali dei denti anteriori inferiori. Sono stati poi fissati gli appuntamenti per il successivo incontro a tempo T1.

Separatamente, senza la più necessaria presenza dei pazienti, sono state poi eseguite:

- *la stima del grado di allineamento dentale del gruppo anteriore inferiore* impiegando a tale scopo gli indici PAR e di Little. L'indice PAR è in realtà un indice non specifico per l'allineamento degli incisivi;[1] è stato infatti sviluppato per valutare i cambiamenti occlusali e dentali dal pretrattamento al post-trattamento[82] e considera i punteggi ottenuti attraverso la valutazione di sette tratti individuali misurati sui modelli in gesso quali: l'allineamento del segmento anteriore mascellare, l'allineamento del segmento anteriore mandibolare, l'occlusione vestibolare sinistra, l'occlusione vestibolare destra, l'overjet, l'overbite e la linea mediana.[73,74] Per descrivere il disallineamento degli incisivi e quantificare l'affollamento anteriore, il che rappresenta forse la principale preoccupazione dei pazienti, l'indice introdotto da Little[83] è senz'altro il più caratteristico e anche il più largamente usato. Quest'indice infatti misura lo spostamento lineare dei punti di contatto anatomici adiacenti degli incisivi mandibolari; la somma

delle cinque misurazioni rappresenta il valore dell'indice di irregolarità del caso. La misurazione di entrambi degli indici (Figura 16) è stata eseguita direttamente sui modelli in gesso di ogni paziente, usando lo specifico foglio per annotare i punteggi relativi al calcolo dell'indice PAR e con l'impiego di un calibro analogico ventesimale, tenuto parallelo al piano occlusale per la stima dell'indice di Little.



Figura 16 – *I modelli in gesso, calibro e foglio per annotare i punteggi durante la misurazione degli indici PAR e di Little*

- *la valutazione del rapporto esistente tra le posizioni assunte dai condili in occlusione centrica e in relazione centrica*. Il confronto tra la posizione di massima intercuspidazione (occlusione centrica) e la posizione di massima stabilità muscolo-scheletrica (relazione centrica) è stato eseguito, per ogni paziente, impiegando la seconda coppia di modelli in gesso, le cere di posizione condilare e uno strumento appositamente progettato per l'esecuzione di tale comparazione quale il CPI-III CONDYLE POSITION

INDICATOR (Panadent, Colton, CA, United States of America).[84] Tale strumento è in realtà un articolatore modificato, dotato, nella parte superiore, di blocchetti mobili sui quali vengono applicate delle cartine adesive millimetrate che vengono segnate da delle punte localizzate all'interno dei blocchetti, evidenziando così la posizione condilare rilevata con le cere (Figura 17). Interponendo tra i modelli, in due fasi distinte, la cera di occlusione centrica e quelle di relazione centrica, è possibile marcare, con l'ausilio di carte di articolazione rispettivamente di colore rosso e nero, le posizioni assunte dai condili nelle due condizioni, rappresentandole entrambe sia sul piano sagittale e verticale che su quello trasversale.[75(pp36-40)]

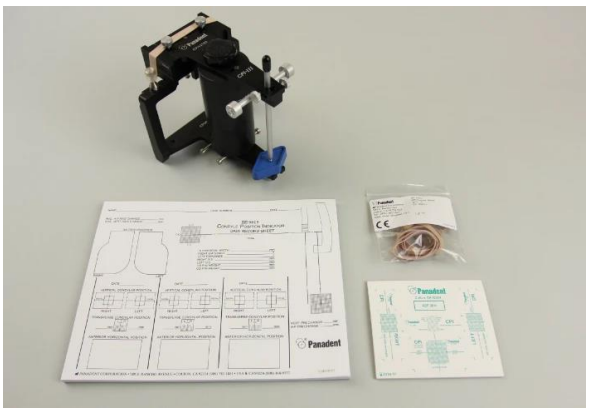


Figura 17 – *Il Condyle Position Indicator e gli accessori in dotazione*

Tutti i dati rilevati a tempo T0 sono stati infine raccolti in un database protetto da password, identificando i pazienti con un codice numerico per il rispetto delle direttive sulla privacy.

Sia per quanto riguarda il primo follow-up a tempo T1, che per i successivi incontri a tempo T2 e T3, i pazienti sono stati sottoposti nuovamente a tutti

gli esami e rilevamenti praticati a tempo T0: dopo una rapida acquisizione fotografica, sono state eseguite il rilevamento della doppia coppia di impronte per la realizzazione dei modelli usati per la stima del grado di allineamento dentale e per la valutazione articolare, la registrazione delle cere posizionali riferite ai condili, la misura delle forze espresse dai muscoli orbicularis oris e digastrici e la rilevazione della distribuzione delle forze occlusali. Si è quindi provveduto ad eseguire le misurazioni dentali e articolari impiegando i modelli ottenuti dalle impronte e le cere di posizione condilare e, infine, ad aggiungere tutti i dati ricavati nel database della ricerca.

Giunti al tempo T3, la fase clinica dello studio è stata considerata terminata e si è quindi proceduto all'elaborazione e all'analisi statistica di tutti i dati complessivamente raccolti. Tali dati, rappresentati nella tabella sottostante, sono così distribuiti:

- Variabili ordinali → *PAR Index* (PAR);

- Variabili continue → *Little's Irregularity Index* (LI), *Forza Orbicularis Oris* (Foo), *EMG Ventre Anteriore Digastrico Dx* (dxAMPdig) *e Sx* (sxAMPdig) *e TScan Simmetria Dx* (dxTSsimm) *e Sx* (sxTSsimm) *e Anteroposteriore Ant* (antTSap) *e Post* (postTSap);

- Variabili dicotomiche → *ΔCO-CR Sagittale/Verticale* (COCRsv) *e Trasversale* (COCRt).

I dati relativi al PAR Index e al Little's Irregularity Index rappresentano le variabili dipendenti del presente studio, mentre i restanti dati ottenuti dagli altri esami clinici costituiscono le variabili indipendenti.

	PAR	LI	Foo	dxAMPdig	sxAMPdig	dxTSsimm	sxTSsimm	antTSap	postTSap	COCRsv	COCRt
T0	Score	~	~	~	~	~	~	~	~	Y/N	Y/N
T1	Score	~	~	~	~	~	~	~	~	Y/N	Y/N
T2	Score	~	~	~	~	~	~	~	~	Y/N	Y/N
T3	Score	~	~	~	~	~	~	~	~	Y/N	Y/N

Dependent Variables

Independent Variables (Predictors)

L'applicativo software che è stato impiegato per l'elaborazione statistica dei dati è SPSS v.13.0. Un test ANOVA ad una via è stato utilizzato per valutare la presenza di differenze statisticamente significative fra tutte le variabili ai diversi intervalli di tempo. Successivamente, per valutare l'effetto delle variabili che descrivono le caratteristiche muscolari, articolari e occlusali dei pazienti nel corso del tempo, sulla variazione T3-T0 delle variabili risposta (PAR Index e L.I. Index) che caratterizzano la stabilità dell'allineamento dentale, sono state utilizzate due regressioni logistiche binomiali. L'errore di I tipo è stato impostato come alfa<0.05.

Risultati

Dei 40 pazienti inizialmente individuati, dopo averli incontrati per illustrare loro le caratteristiche della ricerca, solo 37 hanno deciso di aderire allo studio. La verifica dei requisiti necessari per il definitivo reclutamento ha portato a dover escludere, per perdita del retainer, per non mantenuto collocamento del dispositivo e/o perdita dell'allineamento stabilito al termine della terapia, 5 pazienti dallo studio. Dei 32 pazienti definitivamente reclutati, 4 non si sono presentati al controllo a T1, 7 non hanno preso parte al controllo a T2 e 3 non hanno raggiunto l'ultimo controllo a T3.

Nelle tabelle seguenti, l'analisi descrittiva dei dati relativi alle variabili considerate e i rispettivi P-value ottenuti tramite test di normalità Shapiro-Wilk.

Variabile	Media	D.S.	Minimo	Massimo	P-value
T0_PAR	0,28	0,461	0	1	<0,001
T1_PAR	0,33	0,485	0	1	<0,001
T2_PAR	0,67	0,485	0	1	<0,001
T3_PAR	0,83	0,383	0	1	<0,001

Variabile	Media	D.S.	Minimo	Massimo	P-value
T0_LI	0,32	0,595	0	1,80	<0,001
T1_LI	0,33	0,605	0	1,85	<0,001
T2_LI	0,51	0,592	0	1,95	0,005
T3_LI	0,64	0,599	0	2,05	0,077

Variabile	Media	D.S.	Minimo	Massimo	P-value
T0_Foo	25,11	4,207	20,45	35,70	0,004
T1_Foo	25,40	4,588	21,13	37,94	0,001
T2_Foo	25,07	4,810	20,18	38,02	0,009
T3_Foo	24,93	5,213	19,67	39,31	0,013

Variabile	Media	D.S.	Minimo	Massimo	P-value
T0_dxAMPdig	53,33	7,515	39	64	0,229
T1_dxAMPdig	53,22	7,605	39	62	0,051
T2_dxAMPdig	54,11	8,174	40	65	0,130
T3_dxAMPdig	55,17	8,445	41	67	0,140

Variabile	Media	D.S.	Minimo	Massimo	P-value
T0_sxAMPdig	54,39	11,110	32	67	0,037
T1_sxAMPdig	53,22	11,543	33	66	0,004
T2_sxAMPdig	53,89	11,277	33	67	0,007
T3_sxAMPdig	54,50	12,143	32	69	0,038

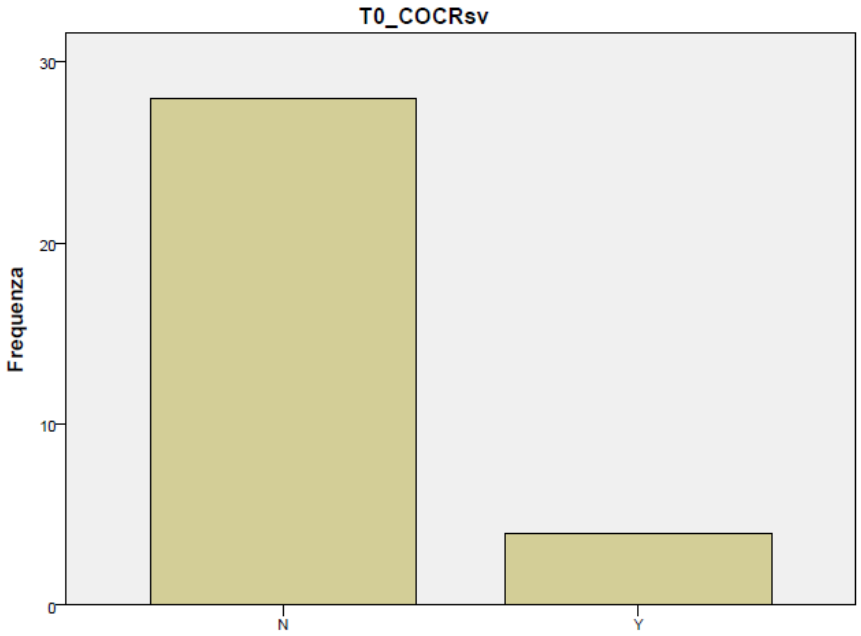
Variabile	Media	D.S.	Minimo	Massimo	P-value
T0_dxTSsimm	49,36	5,763	42	61	0,050
T1_dxTSsimm	49,92	5,990	42	62,9	0,084
T2_dxTSsimm	50,03	6,191	42,1	63	0,106
T3_dxTSsimm	50,46	6,051	42,7	63,8	0,170

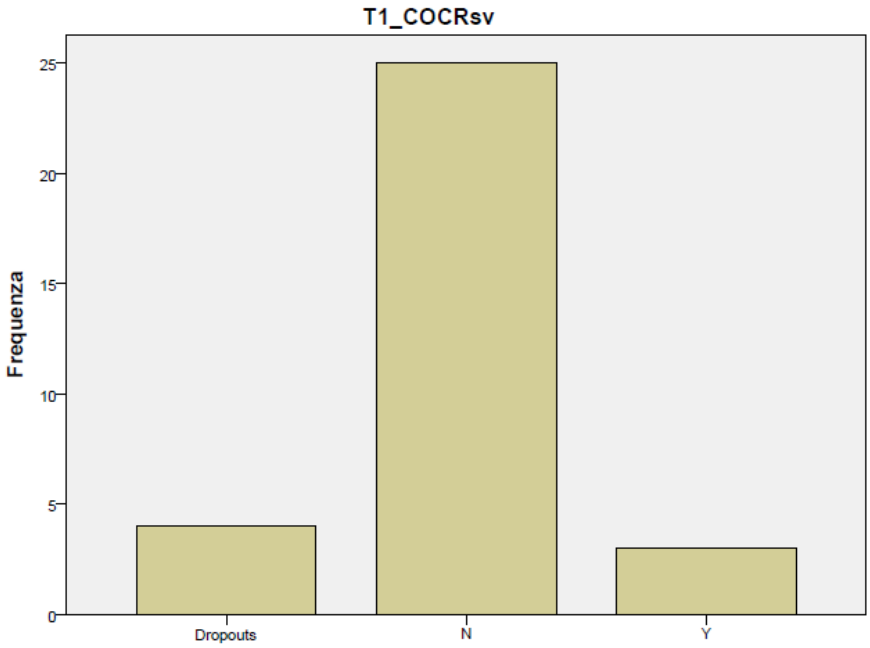
Variabile	Media	D.S.	Minimo	Massimo	P-value
T0_sxTSsimm	50,64	5,763	39	58	0,050
T1_sxTSsimm	50,08	5,990	37,1	58	0,084
T2_sxTSsimm	49,97	6,191	37	57,9	0,106
T3_sxTSsimm	49,54	6,051	36,2	57,3	0,170

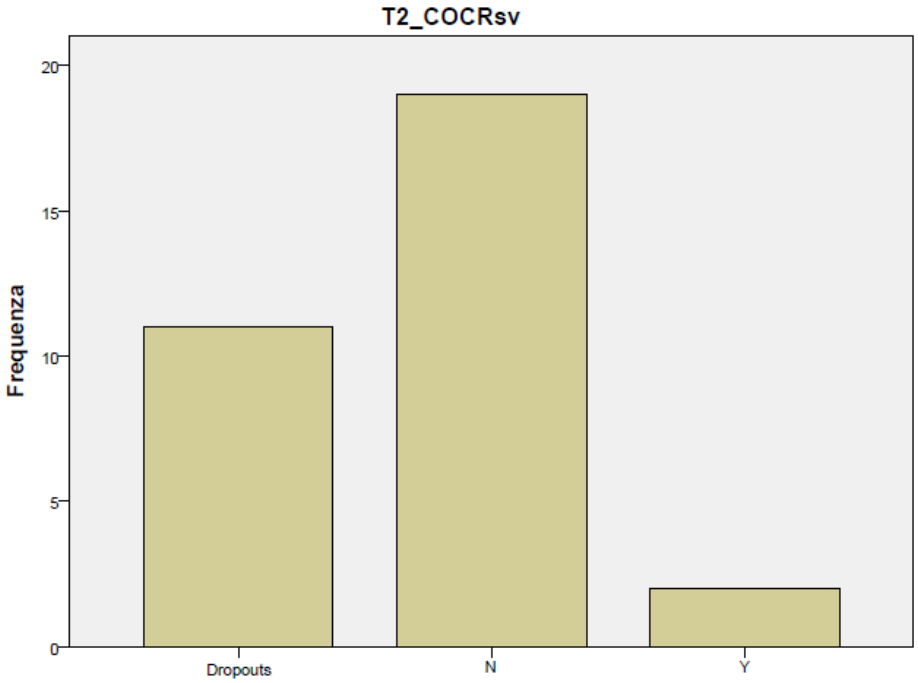
Variabile	Media	D.S.	Minimo	Massimo	P-value
T0_antTSap	33,17	1,375	30,1	35,3	0,261
T1_antTSap	32,95	1,093	30,8	35	0,999
T2_antTSap	32,78	1,345	30,4	34,9	0,595
T3_antTSap	32,47	1,627	29,1	36,4	0,793

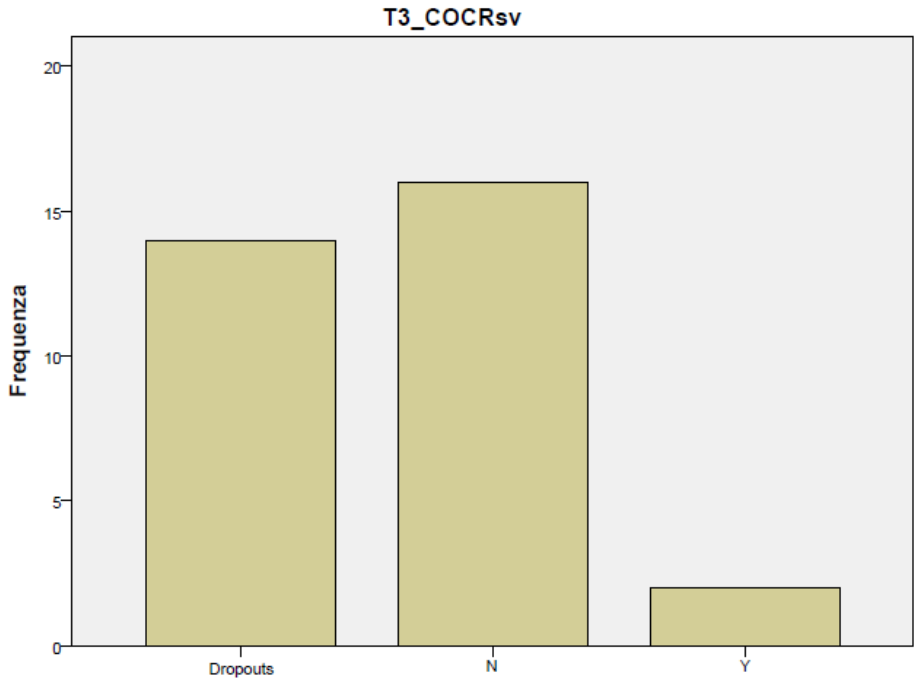
Variabile	Media	D.S.	Minimo	Massimo	P-value
T0_postTSap	66,83	1,375	64,7	69,9	0,261
T1_postTSap	67,05	1,093	65	69,2	0,999
T2_postTSap	67,22	1,345	65,1	69,6	0,595
T3_postTSap	67,53	1,627	63,6	70,9	0,793

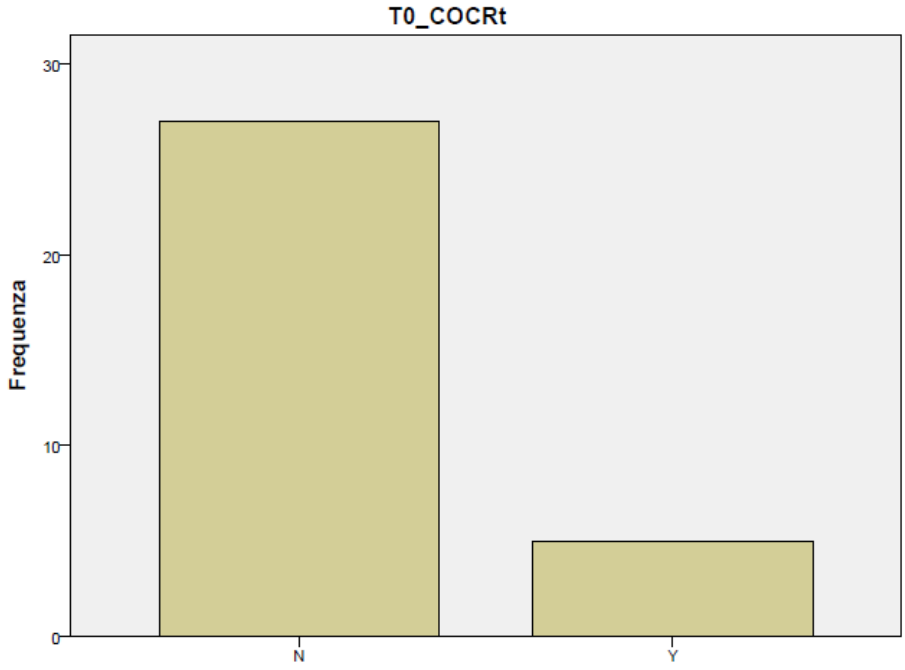
Per quanto riguarda i dati relativi alle variabili dicotomiche ΔCO-CR Sagittale/Verticale e Trasversale, non trattandosi di valori numerici e non potendo quindi analizzare le medie, si è provveduto a fare un'analisi delle frequenze come rappresentato nei grafici a barre esposti di seguito.

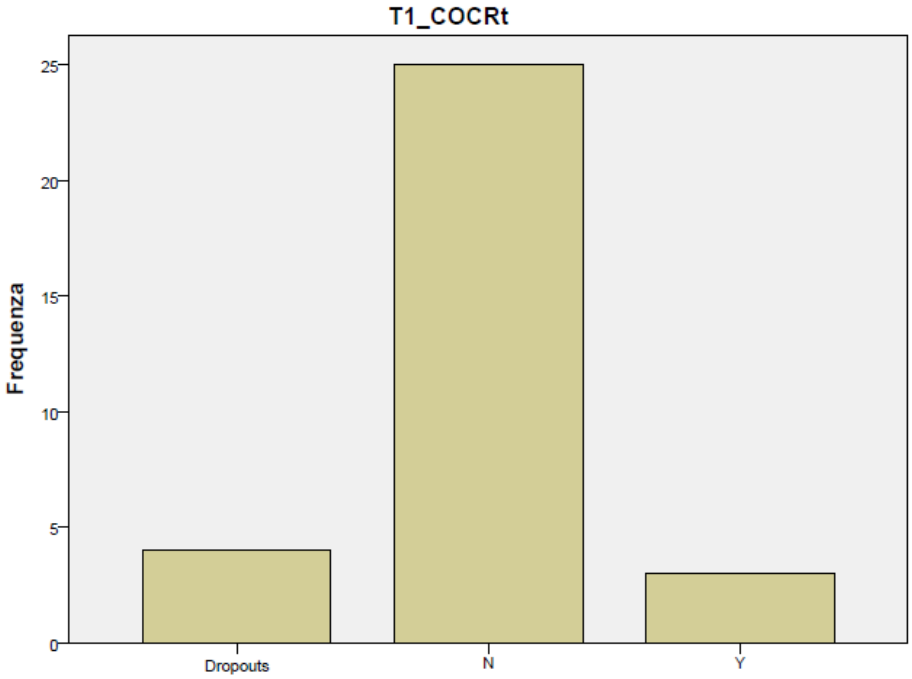

T0_COCRsv
Frequenza
30
20
10
0
N
Y

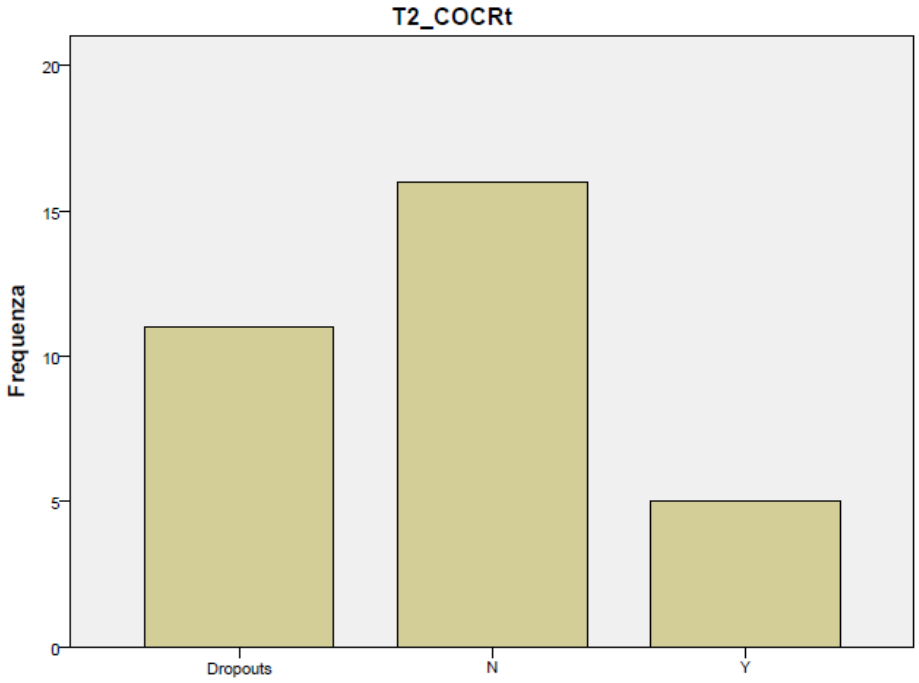

T1_COCRsv
Frequenza
25
20
15
10
5
0
Dropouts
N
Y

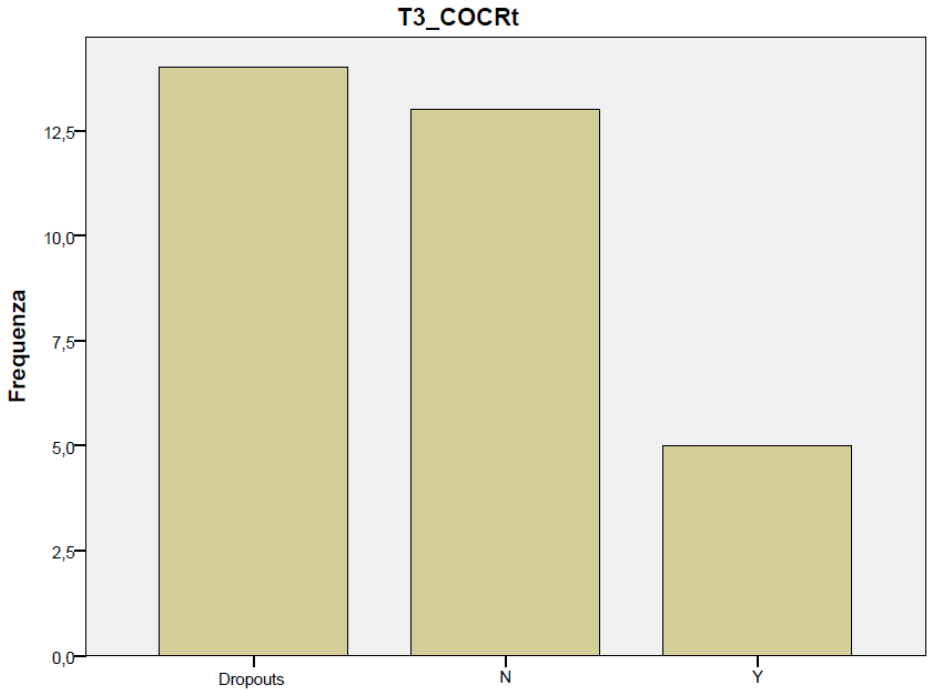

T2_COCRsv
Frequenza
20
15
10
5
0
Dropouts
N
Y


T3_COCRsv
Frequenza
20
15
10
5
0
Dropouts
N
Y


T0_COCRt
Frequenza
30
20
10
0
N
Y


T1_COCRt
Frequenza
25
20
15
10
5
0
Dropouts
N
Y


T2_COCRt
Frequenza
20
15
10
5
0
Dropouts
N
Y


T3_COCRt
Frequenza
12,5
10,0
7,5
5,0
2,5
0,0
Dropouts
N
Y

L'analisi della varianza univariata (ANOVA) eseguita, separatamente, per ognuna delle due variabili dipendenti ha mostrato una differenza statisticamente significativa tra i diversi intervalli di tempo solo per la variabile PAR Index, con un P-value <0,001.

		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
PAR	*Fra gruppi*	4,277	3	1,426	6,617	,000
	Entro gruppi	20,470	95	,215		
	Totale	24,747	98			
LI	*Fra gruppi*	1,613	3	,538	1,701	,172
	Entro gruppi	30,038	95	,316		
	Totale	31,652	98			

I confronti multipli (Games-Howell test) relativi alla variabile dipendente PAR hanno mostrato variazioni statisticamente significative tra gli intervalli più lontani: P-value = 0,001 tra T0 e T3 [Intervallo di confidenza 95% (-0,85; -0,19)] e P-value = 0,003 tra T1 e T3 [Intervallo di confidenza 95% (-0,82; -0,13)].

						Intervallo di confidenza 95%	
PAR	(I) Tempo	(J) Tempo	Differenze fra medie (I-J)	Errore std.	Sig.	Limite inferiore	Limite superiore
	0	1	-0,045	0,124	0,984	-0,37	0,28
		2	-0,354	0,134	0,055	-0,71	0,01
		3	-0,521	0,123	0,001	-0,85	-0,19
	1	0	0,045	0,124	0,984	-0,28	0,37
		2	-0,310	0,140	0,137	-0,68	0,06
		3	-0,476	0,129	0,003	-0,82	-0,13
	2	0	0,354	0,134	0,055	-0,01	0,71
		1	0,310	0,140	0,137	-0,06	0,68
		3	-0,167	0,139	0,631	-0,54	0,21
	3	0	0,521	0,123	0,001	0,19	0,85
		1	0,476	0,129	0,003	0,13	0,82
		2	0,167	0,139	0,631	-0,21	0,54

Nella tabella seguente, un'ulteriore analisi della varianza univariata eseguita per ognuna delle variabili indipendenti, al fine di valutare il loro cambiamento nel tempo. L'analisi non ha mostrato presenza di variazioni statisticamente significative tra i diversi intervalli di tempo.

		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
Foo	*Fra gruppi*	17,286	3	5,762	,287	,835
	Entro gruppi	1910,213	95	20,108		
	Totale	1927,498	98			
dxAMPdig	*Fra gruppi*	93,130	3	31,043	,531	,662
	Entro gruppi	5555,375	95	58,478		
	Totale	5648,505	98			
sxAMPdig	*Fra gruppi*	37,139	3	12,380	,113	,953
	Entro gruppi	10445,185	95	109,949		
	Totale	10482,323	98			
dxTSsimm	*Fra gruppi*	20,581	3	6,860	,119	,897
	Entro gruppi	3274,006	95	34,463		
	Totale	3294,587	98			
sxTSsimm	*Fra gruppi*	20,581	3	6,860	,119	,897
	Entro gruppi	3274,006	95	34,463		
	Totale	3294,587	98			
antTSap	*Fra gruppi*	1,943	3	,648	,354	,787
	Entro gruppi	173,946	95	1,831		
	Totale	175,889	98			
postTSap	*Fra gruppi*	1,985	3	,662	,361	,781
	Entro gruppi	174,035	95	1,832		
	Totale	176,020	98			

Le variabili dicotomiche COCRsv e COCRt non sono state sottoposte ad analisi, in quanto i valori ad esse relativi sono rimasti sempre gli stessi nei diversi pazienti ai diversi intervalli di tempo.

Sono infine presentate di seguito le due regressioni logistiche binomiali sulle variabili dipendenti (variabili risposta) PAR Index e L.I. Index relativamente alle altre variabili indipendenti (predittori), eseguite al fine

di constatare quanto queste ultime "pesano" nella variazione del PAR Index e del L.I. Index.

La regressione multivariata eseguita sulla variabile risposta PAR Index ha mostrato un modello valido, con una significatività <0,001.

Riepilogo del modello [b]

Modello	R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Deviazione standard Errore della stima
1	,666[a]	,444	,401	,389

a. Predittori: (Costante). Tempo, sxAMPdig, postTSap, Foo, sxTSsimm, dxAMPdig, antTSap

b. Variabile dipendente: PAR

Anova [a]

Modello		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
1	Regressione	10,984	7	1,569	10,374	,000[b]
	Residuo	13,764	91	,151		
	Totale	24,747	98			

a. Variabile dipendente: PAR

b. Predittori: (Costante). Tempo, sxAMPdig, postTSap, Foo, sxTSsimm, dxAMPdig, antTSap

La verifica della significatività dei singoli coefficienti della regressione condotta sulla variabile PAR Index ha mostrato che la variazione della forza dell'orbicularis oris (Foo) influenza in modo statisticamente significativo la variazione del PAR Index con un P-value = 0,033 [Intervallo di confidenza 95% (0,003; 0,062)]. Per ogni variazione di Foo, il PAR cambia di 0,032; il valore positivo esprime che per ogni incremento di Foo c'è un aumento del PAR.

Coefficienti [a]

Modello		Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati		
		B	Deviazione standard Errore	Beta	T	Sig.
1	(Costante)	-132,470	177,388		-,747	,457
	Foo	,032	,015	,286	2,171	,033
	dxAMPdig	,008	,012	,120	,675	,501
	sxAMPdig	-,020	,012	-,405	-1,614	,110
	sxTSsimm	,004	,013	,044	,292	,771
	antTSap	1,300	1,775	3,465	,732	,466
	postTSap	1,335	1,774	3,560	,752	,454
	Tempo	,186	,037	,407	5,053	,000

Coefficienti [a]

Modello		Intervallo di confidenza 95,0% per B	
		Limite inferiore	Limite superiore
1	(Costante)	-484,831	219,890
	Foo	,003	,062
	dxAMPdig	-,015	,031
	sxAMPdig	-,044	,005
	sxTSsimm	-,022	,030
	antTSap	-2,226	4,825
	postTSap	-2,190	4,859
	Tempo	,113	,259

a. Variabile dipendente: PAR

Anche la regressione multivariata eseguita sulla variabile risposta L.I. Index ha mostrato un modello valido, con una significatività <0,001. Si tratta di un risultato inaspettato in quanto il L.I. Index, di per sé (ANOVA univariata), non ha subito alcuna variazione statisticamente significativa tra i differenti timepoint ma, nella regressione multivariata, mostra di essere influenzato in modo significativo da qualcuno dei predittori.

Riepilogo del modello [b]

Modello	R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Deviazione standard Errore della stima
1	,841[a]	,708	,686	,31869

a. Predittori: (Costante). Tempo, sxAMPdig, postTSap, Foo, sxTSsimm, dxAMPdig, antTSap

b. Variabile dipendente: LI

Anova [a]

Modello		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
1	Regressione	22,409	7	3,201	31,519	,000[b]
	Residuo	9,243	91	,102		
	Totale	31,652	98			

a. Variabile dipendente: LI

b. Predittori: (Costante). Tempo, sxAMPdig, postTSap, Foo, sxTSsimm, dxAMPdig, antTSap

La verifica della significatività dei singoli coefficienti della regressione condotta sulla variabile L.I. Index ha mostrato che la variazione della forza dell'orbicularis oris (Foo) influenza in modo statisticamente significativo anche la variazione del L.I. Index con un P-value <0,001 [Intervallo di confidenza 95% (0,079; 0,128)]. Per ogni variazione di Foo, il L.I. Index cambia di 0,104, quindi ancora di più di quanto faccia il PAR Index; il valore positivo esprime anche qui, che per ogni incremento di Foo c'è un aumento del L.I. Index.

Coefficienti [a]

Modello		Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati		
		B	Deviazione standard Errore	Beta	T	Sig.
1	(Costante)	1,111	145,362		,008	,994
	Foo	,104	,012	,808	8,457	,000
	dxAMPdig	,017	,010	,232	1,799	,075
	sxAMPdig	-,007	,010	-,134	-,734	,465
	sxTSsimm	-,014	,011	-,139	-1,263	,210
	antTSap	-0,60	1,454	-,142	-,041	,967
	postTSap	-0,20	1,454	-,048	-,014	,989
	Tempo	,121	,030	,234	4,003	,000

Coefficienti [a]

Modello		Intervallo di confidenza 95,0% per B	
		Limite inferiore	Limite superiore
1	(Costante)	-287,632	289,854
	Foo	,079	,128
	dxAMPdig	-,002	,037
	sxAMPdig	-,027	,013
	sxTSsimm	-,035	,008
	antTSap	-2,949	2,829
	postTSap	-2,909	2,868
	Tempo	,061	,180

a. Variabile dipendente: LI

Conclusioni

Si è avuto il riscontro di una recidiva ortodontica nei soggetti che hanno preso parte a questo studio clinico e ciò è fondamentalmente dipeso dall'aumento della forza espressa dal muscolo orbicularis oris. In linea generale, se le forze espresse dalla muscolatura che circonda la dentatura

mutano, generando uno squilibrio nell'area occupata dagli elementi dentari, questi ultimi tendono a spostarsi nella direzione della forza che si esprime con minore intensità; nello specifico, a livello del gruppo dentale anteriore inferiore, se il tono della muscolatura delle labbra aumenta e la maggiore forza espressa da questa sui denti non viene controbilanciata da un incremento proporzionale della forza espressa sui denti dalla muscolatura della lingua, i denti anteriori inferiori si spostano verso il cavo orale con il risultato di produrre un affollamento.

Possiamo quindi concludere che, maggiore è la forza espressa dal muscolo orbicularis oris, maggiore è il rischio di recidiva ortodontica, con una perdita della stabilità a lungo termine dell'allineamento del gruppo dentale anteriore inferiore. La mancanza di una contenzione permanente a seguito di una terapia ortodontica eseguita in pazienti adulti non può pertanto garantire il mantenimento a lungo termine dei risultati ottenuti.

APPENDICE

Bibliografia

1. Steinnes J, Johnsen G, Kerosuo H. Stability of orthodontic treatment outcome in relation to retention status: An 8-year follow-up. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2017;151(6):1027-1033.
2. Wertsén M. Measuring lip force by oral screens . Part 1 : Importance of screen size and individual variability. *Clin Exp Dent Res*. 2017;3(March):87-92.
3. Wertsén M. Measuring lip force by oral screens Part 2 : The importance of screen design , instruction and suction. *Clin Exp Dent Res*. 2017;3(June):191-197.
4. Qadeer S, Yang L, Sarinnaphakorn L, Kerstein RB. Comparison of closure occlusal force parameters in post-orthodontic and non-orthodontic subjects using T-Scan® III DMD occlusal analysis. *CRANIO®*. 2016;34(6):395-401.
5. Lavine D, Kulbersh R, Bonner P, Pink FE. Reproducibility of the condylar position indicator. *Semin Orthod*. 2003;9(2):96-101.
6. Crawford SD. Condylar axis position, as determined by the occlusion and measured by the CPI instrument, and signs and symptoms of temporomandibular dysfunction. *Angle Orthod*. 1999;69(2):103-116.
7. Bjering R, Sandvik L, Midtbø M, Vandevska-Radunovic V. Stability of anterior tooth alignment 10 years out of retention. *J Orofac Orthop / Fortschritte der Kieferorthopädie*. 2017;78(4):275-283.
8. Reitan K. Tissue rearrangement during the retention of orthodontically rotated teeth. *Angle Orthod*. 1959;29:105-113.
9. Proffit WR, Fields HWJ, Sarver DM. *Ortodonzia Moderna*. 3rd ed. (Masson E, ed.).; 2001.
10. Proffit WR. Equilibrium theory revisited: factors influencing position of the teeth. *Angle Orthod*. 1978;48(3):175-186. doi:10.1043/0003-3219(1978)048<0175:ETRFIP>2.0.CO;2
11. Marks SC, Schroeder HE. Tooth eruption: theories and facts. *Anat Rec*. 1996;245(2):374-393. doi:10.1002/(SICI)1097-0185(199606)245:2<374::AID-AR18>3.0.CO;2-M

12. Yoo E, Murakami S, Takada K, Fuchihata H, Sakuda M. Tongue volume in human female adults with mandibular prognathism. *J Dent Res*. 1996;75(12):1957-1962. Accessed April 23, 2016. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9033450

13. Larsen CS. *Bioarchaeology: Interpreting Behavior from the Human Skeleton*. (Press CU, ed.).; 1997.

14. Kiliaridis S. Masticatory muscle influence on craniofacial growth. *Acta Odontol Scand*. 1995;53(3):196-202. Accessed April 24, 2016. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7572097

15. Proffit WR, Fields HW, Nixon WL. Occlusal forces in normal and long face adults. *J Dent Res*. 1983;62(5):566-570. Accessed April 24, 2016. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6573373

16. Proffit WR, Fields HW. Occlusal forces in normal and long face children. *J Dent Res*. 1983;62(5):571-574. Accessed April 24, 2016. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6573374

17. Vig KW. Nasal obstruction and facial growth: the strength of evidence for clinical assumptions. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1998;113(6):603-611. Accessed April 25, 2016. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9637562

18. Tourne LP, Schweiger J. Immediate postural responses to total nasal obstruction. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1996;110(6):606-611. Accessed April 25, 2016. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8972806

19. Fields HW, Warren DW, Black K, Phillips CL. Relationship between vertical dentofacial morphology and respiration in adolescents. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1991;99(2):147-154. doi:10.1016/0889-5406(91)70117-F

20. Phulari B.S. *History of Orthodontics*. (Ltd JBMP, ed.).; 2013.

21. Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1972;62(3):296-309. doi:10.1016/S0002-9416(72)90268-0

22. Roth RH. Occlusion and condylar position. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1995;107(3):315-318. doi:10.1016/S0889-5406(95)90000-4

23. Roth RH. Temporomandibular pain-dysfunction and occlusal relationships. *Angle Orthod*. 1973;43(2):136-153. doi:10.1043/0003-3219(1973)043<0136:TPAOR>2.0.CO;2

24. Martín D, Aguirrebengoa E, Armendáriz A, Guisasola S, Zárate I.

Orthodontics and bioesthetics: a perfect symbiosis. *RWISO J*. 2009;1(1):11-32.

25. Girardot A. Physiologic treatment goals in orthodontics. *RWISO J*. 2010;2(1):69-74.

26. Okeson JP. *Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion*. 7th ed. (Mosby, ed.).; 2014.

27. Ash MM, Ramfjord SP. *Occlusion*. (Company WBS, ed.).; 1995.

28. Dawson PE. *Evaluation, Diagnosis, and Treatment of Occlusal Problems*. (Mosby, ed.).; 1974.

29. Scapino RP e altri. *Science and Practice of Occlusion*. (Company QP, ed.).; 1997.

30. MacDonald JWC, Hannam AG. Relationship between occlusal contacts and jaw-closing muscle activity during tooth clenching. Part I. *J Prosthet Dent*. 1984;52(5):718-728.

31. Hannam AG, De Cou RE, Scott JD, Wood WW. The relationship between dental occlusion, muscle activity and associated jaw movement in man. *Arch Oral Biol*. 1977;22(1):25-32.

32. Shupe RJ, Mohamed SE, Christensen LV, Finger IM, Weinberg R. Effects of occlusal guidance on jaw muscle activity. *J Prosthet Dent*. 1984;51(6):811-818.

33. Gibbs CH, Lundeen HC. *Advances in Occlusion*. (PSG JW, ed.).; 1982.

34. Reynolds MJ. The organization of occlusion for natural teeth. *J Prosthet Dent*. 1971;26(1):56-67.

35. Ahlgren J, Owall B. Muscular activity and chewing force: a polygraphic study of human mandibular movements. *Arch Oral Biol*. 1970;15(4):271-280.

36. Posselt U. *The Physiology of Occlusion and Rehabilitation*. 2nd ed. (Company FAD, ed.).; 1968.

37. Rufenacht CR. *Fundamentals of Esthetics*. (Company QP, ed.).; 1990.

38. Beyron HL. Characteristics of functionally optimal occlusion and principles of occlusal rehabilitation. *J Am Dent Assoc*. 1954;48(6):648-656.

39. Moyers RE. Some physiologic considerations of centric and other jaw relations. *J Prosthet Dent*. 1956;6(2):183-194.

40. Shepherd RW. A further report on mandibular movement. *Aust Dent J*. 1960;5(6):337–342.

41. Schweitzer JM. Masticatory function in man. *J Prosthet Dent*. 1961;12(2):262-291.

42. Brill N, Schubeler S, Tryde G. Influence of occlusal patterns on movements of the mandible. *J Prosthet Dent*. 1962;12(2):255–261.

43. Korioth TW, Hannam AG. Mandibular forces during simulated tooth clenching. *J Orofac Pain*. 1994;8(2):178-189.

44. Roth RH, Rolfs DA. Functional occlusion for the orthodontist. Part II. *J Clin Orthod JCO*. 1981;15(2):100-123.

45. Cordray FE. Three-dimensional analysis of models articulated in the seated condylar position from a deprogrammed asymptomatic population: a prospective study. Part I. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2006;129(5):619-630.

46. Calagna LJ, Silverman SI, Garfinkel L. Influence of neuromuscolar conditioning on centric relation registrations. *J Prosthet Dent*. 1973;30(4.2):598-604.

47. Girardot A. The nature of condylar displacement in patients with temporomandibular pain-dysfunction. *Orthod Rev*. 1987;1(1):16-23. Accessed April 7, 2016. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3479742

48. Utt TW, Meyers CE, Wierzba TF, Hondrum SO. A three-dimensional comparison of condylar position changes between centric relation and centric occlusion using the mandibular position indicator. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1995;107(3):298-308.

49. Interlandi S. *Ortodontia: Bases Para a Iniciação*. 4th ed. (Médicas A, ed.).; 1999.

50. Kahn AE. The importance of canine and anterior tooth positions in occlusion. *J Prosthet Dent*. 1977;37(4):397-410. Accessed April 8, 2016. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/265398

51. Manns A, Chan C, Miralles R. Influence of group function and canine guidance on electromyographic activity of elevator muscles. *J Prosthet Dent*. 1987;57(4):494-501. Accessed April 8, 2016. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3471962

52. Roth RH. Functional occlusion for the orthodontist. *J Clin Orthod JCO*. 1981;15(1):32-40, 44-51.

53. Feres MAL, Portella MQ, Feres RCL. Functional occlusion and

orthodontics: a contemporary approach. *Rev Clínica e Pesqui Odontológica*. 2005;2(2):155-163.

54. Angle EH. Classification of malocclusion. *Dent Cosm*. 1899;41(3):258-264.

55. Ricketts RM. Occlusion—the medium of dentistry. *J Prosthet Dent*. 1969;21(1):39-60. doi:10.1016/0022-3913(69)90030-4

56. Roth RH. Functional occlusion for the orthodontist. Part III. *J Clin Orthod JCO*. 1981;15(3):174-179, 182-198. Accessed April 9, 2016. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6941965

57. Moyers RE. *Handbook of Orthodontics*. 4th ed. (Year Book Medical Publishers, ed.).; 1988.

58. Little RM, Wallen TR, Riedel RA. Stability and relapse of mandibular anterior alignment-first premolar extraction cases treated by traditional edgewise orthodontics. *Am J Orthod*. 1981;80(4):349-365. doi:10.1016/0002-9416(81)90171-8

59. Little RM, Riedel RA, Artun J. An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1988;93(5):423-428. doi:10.1016/0889-5406(88)90102-3

60. Little RM, Riedel RA, Stein A. Mandibular arch length increase during the mixed dentition: Postretention evaluation of stability and relapse. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1990;97(5):393-404. doi:10.1016/S0889-5406(08)70111-O

61. Edwards JG. A long-term prospective evaluation of the circumferential supracrestal fiberotomy in alleviating orthodontic relapse. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1988;93(5):380-387. doi:10.1016/0889-5406(88)90096-0

62. Nanda SK. Growth patterns in subjects with long and short faces. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1990;98(3):247-258. doi:10.1016/S0889-5406(05)81602-6

63. Kahl-Nieke B, Fischbach H, Schwarze CW. Post-retention crowding and incisor irregularity: a long-term follow-up evaluation of stability and relapse. *Br J Orthod*. 1995;22(3):249-257. doi:10.1179/bjo.22.3.249

64. Houston WJB. Incisor edge-centroid relationships and overbite depth. *Eur J Orthod*. 1989;11(2):139-143. doi:10.1093/oxfordjournals.ejo.a035976

65. Southard TE, Behrents RG, Tolley EA. The anterior component of

occlusal force. Part 2. Relationship with dental malalignment. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1990;97(1):41-44. doi:10.1016/S0889-5406(05)81707-X

66. Behrents RG. The biological basis for understanding craniofacial growth during adulthood. *Prog Clin Biol Res*. 1985;187:307-319. Accessed November 14, 2020. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3903761/

67. Boese LR. Fiberotomy and reproximation without lower retention, nine years in retrospect: Part I. *Angle Orthod*. 1980;50(2):88-97. doi:10.1043/0003-3219(1980)050<0088:FARWLR>2.0.CO;2

68. Boese LR. Fiberotomy and reproximation without lower retention 9 years in retrospect: part II. *Angle Orthod*. 1980;50(3):169-178. doi:10.1043/0003-3219(1980)050<0169:FARWLR>2.0.CO;2

69. Atack N, Harradine N, Sandy JR, Ireland AJ. Which way forward? Fixed or removable lower retainers. *Angle Orthod*. 2007;77(6):954-959. doi:10.2319/103106-449.1

70. Rowland H, Hichens L, Williams A, et al. The effectiveness of Hawley and vacuum-formed retainers: A single-center randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2007;132(6):730-737. doi:10.1016/j.ajodo.2006.06.019

71. Zachrisson BU. Clinical experience with direct-bonded orthodontic retainers. *Am J Orthod*. 1977;71(4):440-448. doi:10.1016/0002-9416(77)90247-0

72. Maria K, Freitas S, Janson G, Tompson B, Roberto M, Freitas D. Posttreatment and physiologic occlusal changes comparison. 2013;83(2).

73. Ramanathan C. PAR index in the evaluation of the stability of the orthodontic treatment results. A review. *Acta Medica (Hradec Kral*. 2006;49(6):203-207.

74. Zinad K, Schols AMWJ, Schols JGJH. Another way of looking at treatment stability. *Angle Orthod*. 2016;86(5):721-726.

75. Chimenti C, Parziale V, Quinzi V, Lucci M, Benvenuto ER. *L'Utilizzo Dell'Articolatore e Dell'Assiografo Come Ausilio Nella Diagnosi Ortognatodontica*. (S.r.l. EM, ed.).; 2007.

76. Hägg M, Olgarsson M, Anniko M. Reliable lip force measurement in healthy controls and in patients with stroke: A methodologic study. *Dysphagia*. 2008;23(3):291-296. doi:10.1007/s00455-007-9143-y

77. Sjögreen L, Lohmander A, Kiliaridis S. Exploring quantitative methods for evaluation of lip function. *J Oral Rehabil*. 2011;38(6):410-422.

78. Munro RR. Activity of the Digastric Muscle in Swallowing and Chewing. *J Dent Res*. 1974;53(3):530-537. doi:10.1177/00220345740530030401

79. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*. 2000;10(5):361-374. doi:10.1016/S1050-6411(00)00027-4

80. Maeda Y, Ohtani T, Okada M, et al. Clinical application of T-scan System. 1. Sensitivity and reproducibility and its application. *Osaka Daigaku Shigaku Zasshi*. 1989;34(2):378-384. Accessed December 2, 2020. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2488927/

81. Lee SM, Lee JW. Computerized occlusal analysis: Correlation with occlusal indexes to assess the outcome of orthodontic treatment or the severity of malocculusion. *Korean J Orthod*. 2016;46(1):27-35. doi:10.4041/kjod.2016.46.1.27

82. Richmond S, Shaw WC, O'brien KD, et al. The development of the PAR index (peer assessment rating): Reliability and validity. *Eur J Orthod*. 1992;14(2):125-139. doi:10.1093/ejo/14.2.125

83. Little RM. The Irregularity Index: A quantitative score of mandibular anterior alignment. *Am J Orthod*. 1975;68(5):554-563. doi:10.1016/0002-9416(75)90086-X

84. Weffort SYK, De Fantini SM. Condylar displacement between centric relation and maximum intercuspation in symptomatic and asymptomatic individuals. *Angle Orthod*. 2010;80(5):835-842. doi:10.2319/090909-510.1