

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA  
SCUOLA DI SCIENZE MEDICHE E  
FARMACEUTICHE



Dipartimento di Scienze Chirurgiche e Diagnostiche Integrate  
Corso di Laurea Magistrale in Odontoiatria e Protesi Dentaria

*Analisi tridimensionale dell'espansione mascellare in  
dentatura mista: confronto tra Leaf Expander ed  
espansione sequenziale con allineatori*

Relatore: Armando Silvestrini Biavati

Correlatore: Alessandro Ugolini

Candidato: Sirius Imenpour

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

## INDICE

<b>INTRODUZIONE</b> .....	5
<b>CAPITOLO 1: CONCETTI DI CRESCITA E SVILUPPO DEL DISTRETTO CRANIO FACCIALE</b> .....	7
<b>CRESCITA:MODELLI, VARIABILITÀ E TIMING</b> .....	7
<b>INFLUENZE GENETICHE SULLA CRESCITA</b> .....	9
<b>NATURA DELLA CRESCITA SCHELETRICA</b> .....	10
<b>SITI E TIPI DI CRESCITA NEL COMPLESSO CRANIOFACCIALE</b> .....	15
<b>VOLTA CRANICA</b> .....	15
<b>BASE CRANICA</b> .....	16
<b>MASCELLARE SUPERIORE(COMPLESSO NASOMASCELLARE)</b> .....	18
<b>MANDIBOLA</b> .....	21
<b>TEORIE DEL CONTROLLO DELLA CRESCITA</b> .....	23
<b>TEORIA OSSEA</b> .....	23
<b>TEORIA CARTILAGINEA</b> .....	24
<b>TEORIA DELLA MATRICE FUNZIONALE DI MOSS</b> .....	25
<b>PRIMI STADI DELLO SVILUPPO</b> .....	26
<b>EVOLUZIONE DELLA FUNZIONE ORALE</b> .....	27
<b>LA DENTIZIONE</b> .....	28
<b>DENTIZIONE DECIDUA</b> .....	28
<b>DENTIZIONE MISTA</b> .....	29
<b>DENTIZIONE PERMANENTE</b> .....	29
<b>RAPPORTI DI SPAZIO DURANTE LA PERMUTA DENTALE</b> .....	33
<b>CAPITOLO 2: EZIOPATOGENESI DELLA MALOCCLUSIONE, DIAGNOSI E TIMING DI TRATTAMENTO</b> .....	36
<b>ULTIMI STADI DELLA CRESCITA:ADOLESCENZA E MATURAZIONE</b> .....	36
<b>EZIOPATOGENESI DELLA MALOCCLUSIONE</b> .....	40
<b>FATTORI FARMACO-RELATI E GENETICI</b> .....	40
<b>FATTORI AMBIENTALI</b> .....	44
<b>AGENESIE CONGENITE</b> .....	47
<b>DENTI MALFORMATI E SOVRANNUMERARI</b> .....	47
<b>FATTORI EZIOLOGICI AMBIENTALI E COMPORTAMENTALI DELLA MALOCCLUSIONE</b> .....	48

<b>DIAGNOSI ORTODONTICA E PIANIFICAZIONE DEL TRATTAMENTO.....</b>	<b>56</b>
<b>CAPITOLO 3: TRATTAMENTO DEL DEFICIT TRASVERSALE DEL MASCELLARE SUPERIORE .....</b>	<b>60</b>
<b>DIAGNOSI DELLA CONTRAZIONE MASCELLARE.....</b>	<b>60</b>
<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>60</b>
<b>METODO DI BETTS/VANARSDALL / RICKETTS .....</b>	<b>64</b>
<b>METODO DI MC NAMARA .....</b>	<b>66</b>
<b>VALUTAZIONE CBCT .....</b>	<b>66</b>
<b>CLASSIFICAZIONE DEI CROSSBITE.....</b>	<b>67</b>
<b>TIMING .....</b>	<b>70</b>
<b>STORIA E CLASSIFICAZIONE DEGLI ESPANSORI .....</b>	<b>72</b>
<b>ESPANSORI RAPIDI AD APPOGGIO DENTALE .....</b>	<b>73</b>
<b>ESPANSORI RAPIDI AD ANCORAGGIO DENTALE ED APPOGGIO MUCOSO .....</b>	<b>75</b>
<b>ESPANSORI PALATALI LENTI (Slow Maxillary Expansion, SME).....</b>	<b>77</b>
<b>ESPANSORI AD ANCORAGGIO SCHELETRICO.....</b>	<b>83</b>
<b>LEAF EXPANDER.....</b>	<b>84</b>
<b>ALLINEATORI .....</b>	<b>85</b>
<b>ESPANSIONE PALATALE IN DENTATURA DECIDUA E IN DENTIZIONE MISTA PRECOCE .....</b>	<b>85</b>
<b>ESPANSIONE PALATALE IN DENTATURA MISTA TARDIVA .....</b>	<b>85</b>
<b>ESPANSIONE PALATALE IN DENTATURA PERMANENTE PRECOCE .....</b>	<b>86</b>
<b>ESPANSIONE LENTA O RAPIDA? DUE APPROCI CLINICI DIFFERENTI.....</b>	<b>86</b>
<b>ESPANSIONE RAPIDA: PROTOCOLLO, VANTAGGI E SVANTAGGI .....</b>	<b>86</b>
<b>ESPANSIONE LENTA: PROTOCOLLO, VANTAGGI E SVANTAGGI.....</b>	<b>90</b>
<b>ESPANSIONE RAPIDA CON MARPE E SARPE.....</b>	<b>90</b>
.....	91
<b>APPROCCIO ALL'ESPANSIONE MASCELLARE: ALT RAMEC .....</b>	<b>92</b>
<b>ESPANSIONE MASCELLARE E DISTURBI RESPIRATORI.....</b>	<b>93</b>
<b>CAPITOLO 4: LEAF EXPANDER E ALLINEATORI A CONFRONTO.....</b>	<b>96</b>
<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>96</b>
<b>LEAF EXPANDER.....</b>	<b>97</b>
<b>CARATTERISTICHE TECNICHE E PROTOCOLLI.....</b>	<b>97</b>
<b>CASO CLINICO .....</b>	<b>100</b>

<b>PROTOCOLLO DI ESPANSIONE RAPIDA CON LEAF EXPANDER: TWO IN ONE .....</b>	<b>103</b>
<b>ALLINEATORI .....</b>	<b>104</b>
<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>104</b>
<b>CARATTERISTICHE TECNICHE, VANTAGGI E SVANTAGGI.....</b>	<b>104</b>
<b>METODI DI CREAZIONE DEGLI ALLINEATORI .....</b>	<b>109</b>
<b>GLI ALLINEATORI E L'USO DEGLI ATTACHMENT, E GEOMETRIE MODIFICATE. ....</b>	<b>109</b>
<b>L'UTILIZZO DEGLI ALLINEATORI NELL'ESPANSIONE MASCELLARE SUPERIORE .....</b>	<b>110</b>
<b>CAPITOLO 5: ANALISI TRIDIMENSIONALE DELL'ESPANSIONE MASCELLARE IN DENTATURA MISTA: CONFRONTO TRA LEAF EXPANDER E ED ESPASIONE SEQUENZIALE CON ALLINEATORI; UNO STUDIO CASO-CONTROLLO .....</b>	<b>116</b>
<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>116</b>
<b>MATERIALI E METODI.....</b>	<b>119</b>

## **INTRODUZIONE**

Esistono tre classificazioni dei mutamenti scheletrici che coinvolgono la mascella: verticale, orizzontale e trasversale. Quello della discrepanza trasversale del mascellare superiore è uno dei quadri clinici più delicati che il professionista deve affrontare nella sua pratica clinica (Salamah 2021). Per i pazienti che necessitano chirurgia ortognatica, questa dimensione trasversale è frequentemente la preoccupazione maggiore.

I problemi verticali sono comuni, con pazienti che spesso giungono in studio lamentandosi di overbite eccessivi o “denti che non toccano davanti”. Poi, sui problemi sagittali, una lamentela comune è “ il mento non è nella posizione corretta”. Però, a causa della sua scarsa visibilità da parte del paziente della propria regione posteriore della mascella, è poco comune trovare pazienti che cerchino un trattamento per le malocclusioni trasversali. Nonostante ciò, la discrepanza trasversale mascellare influisce molto sulle funzionalità masticatorie del paziente oltre che sulla sua estetica.

Per diagnosticare anomalie ortodontiche, devono essere fatte delle valutazioni sull'occlusione dentale e sulla crescita del complesso cranio facciale. Il trattamento punta a ridurre potenziali problematiche parodontali, rafforzare quella che è la stabilità scheletrica e dentale e migliorare l'estetica del sorriso.

I metodi per trattare tale quadro clinico si sono studiati sin dalla metà del diciannovesimo secolo. I moderni approcci alla contrazione scheletrica mascellare includono la separazione della sutura palatina media per via chirurgica negli adulti e tramite espansione lenta o rapida della mascella attraverso forze ortopediche in bambini e adolescenti. Man mano che si passa dall'adolescenza all'età adulta, la sutura palatina mediana inizia a fondersi e per espandere la mascella diventano necessarie forze via via più pesanti.

Per la diagnosi di discrepanza trasversale mascellare, quindi, è fondamentale fare delle valutazioni craniofacciali e scheletriche il prima possibile per assicurarsi l'efficacia del trattamento. Tale necessità di valutazione continua a motivare la scoperta e l'evoluzione di nuovi strumenti diagnostici.

Per scegliere il metodo di trattamento più efficace della contrazione mascellare, è necessario avere una ottima conoscenza dell'anatomia e fisiologia dello sviluppo del distretto cranio facciale. Una volta appresi i meccanismi che regolano tale sviluppo, è possibile risalire ai diversi fattori eziologici possibili causanti il quadro patologico della contrazione. Una volta capiti quali sono i fattori che possono compromettere il corretto sviluppo mascellare, sarà fondamentale inquadrare il singolo individuo dal punto di vista clinico con una raccolta attenta di dati che comprendono anamnesi medica generale e odontoiatrica, esame obiettivo extraorale e intraorale, esami strumentali quali radiografie OPT, ,teleradiografie latero-laterali e antero-posteriori, CBCT, modelli di studio in gesso o digitali, foto intraorali ed extraorali. Durante la raccolta di questi dati dovrà essere capita la causa ( o le cause) scatenanti, eventualmente eliminarle e scegliere il dispositivo più appropriato al caso basandosi anche su età scheletrica dentale e cronologica del paziente, sesso del paziente e grado di compliance del paziente. È intuibile che la fase più delicata per intervenire sulla contrazione mascellare è la fase di crescita cranio facciale che va dalla nascita a circa 16 anni nella femmina e 18-20 anni nel maschio. Un corretto approccio durante questa fase della vita ci aiuta ad evitare problemi più gravi di gestione (chirurgica e non) che se no si avrebbero in età adulta. Questo trattato farà un excursus dettagliato sulla descrizione dell'anatomia e fisiologia dello sviluppo cranio facciale, per poi focalizzarsi sull'inquadramento e gestione della contrazione trasversale mascellare per poi affrontare in ultima analisi in modo sperimentale la differenza di trattamento tra approccio con Espansore lento Leaf Expander e l'innovativa tecnologia delle mascherine sequenziali. L'obbiettivo ultimo è comprendere la gestione clinica e creare un protocollo per ciascuno di questi due apparecchi in modo da migliorare l'approccio clinico a questo tipo particolare di quadro patologico.

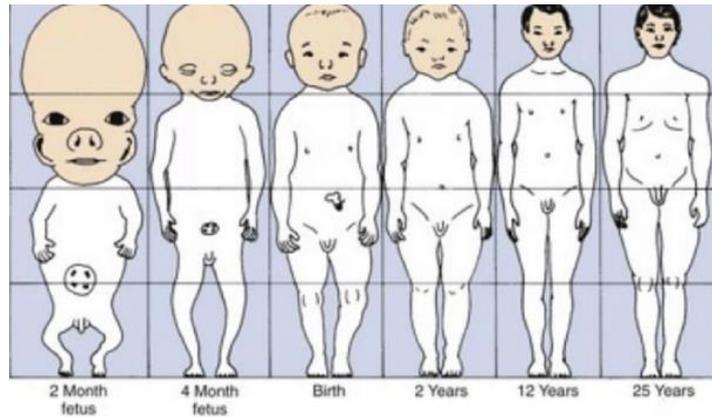
# **CAPITOLO 1: CONCETTI DI CRESCITA E SVILUPPO DEL DISTRETTO CRANIO FACCIALE**

Dal momento che i dentisti e gli ortodontisti sono strettamente coinvolti nello sviluppo non solo della dentizione, ma di tutto il complesso dentofacciale, è doveroso conoscere in modo approfondito non solo i modelli di crescita fisiologici, ma anche i meccanismi che li governano. (Proffit 2019)

## **CRESCITA:MODELLI, VARIABILITÀ E TIMING**

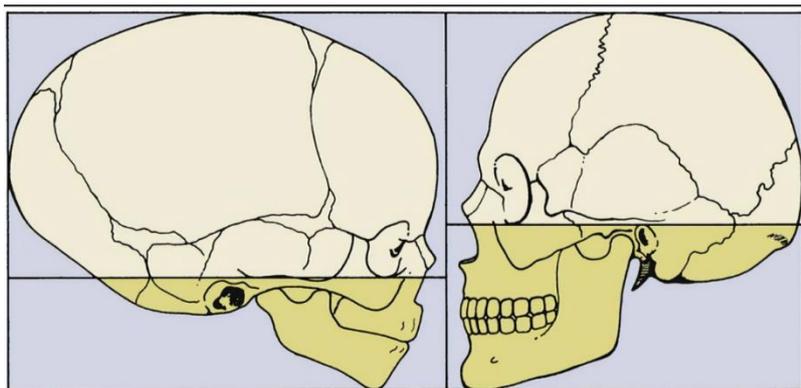
Negli studi sulla crescita e sullo sviluppo è importante il concetto di modello. In senso generale, il modello riflette la proporzionalità non di una sola relazione, ma solitamente di un sistema complesso di proporzioni. Il modello di crescita descrive la proporzionalità in un modo ancora più complesso, perché individua non solo un insieme di relazioni corrispondenti in un preciso istante, ma ne definisce il loro cambiamento nel tempo. In altri termini, la struttura fisica del corpo è in ogni periodo un modello di parti spazialmente proporzionate. Esiste comunque un livello più alto di riferimento che è il modello di crescita, il quale descrive le variazioni di queste proporzioni spaziali nel tempo (Proffit 2019)

Nella vita fetale, intorno al terzo mese di sviluppo intrauterino, la testa rappresenta circa il 50% della lunghezza totale del corpo. In questa fase il cranio è relativamente largo rispetto alla faccia e rappresenta più della metà della totalità della testa, mentre gli arti superiori sono appena abbozzati e il tronco è iposviluppato. Alla nascita, il tronco e le braccia crescono più velocemente della testa e della faccia, tanto che le proporzioni della testa sono inferiori fino a circa il 30% rispetto al corpo. Il modello di crescita prevede, in seguito, una riduzione progressiva delle dimensioni relative della testa a circa il 12% dell'adulto. Alla nascita, gli arti inferiori rappresentano circa un terzo della lunghezza totale del corpo, mentre negli adulti sono circa la metà.



*1: Rappresentazione schematica delle variazioni delle proporzioni totali del corpo durante la crescita e lo sviluppo normali. Dopo il terzo mese di vita fetale, diminuisce il contributo proporzionale delle dimensioni della testa sulla totalità della dimensione corporea (Modificata da: (Robbins WJ 1928))*

Nell'ambito della testa e della faccia il gradiente di crescita cefalocaudale influenza notevolmente le proporzioni e determina i loro cambiamenti durante la crescita. Quando si confronta il cranio di un neonato con quello di un adulto, appare evidente che il neonato ha un cranio relativamente. Più largo e una faccia più piccola. Non solo esiste un gradiente di crescita cefalocaudale del corpo, ma anche uno della faccia. Da questa prospettiva, non sorprende che la mandibola, essendo più lontana dal cranio, tenda a crescere di più e più tardi rispetto all'osso mascellare che si trova più vicino



*Figura 2: variazioni delle proporzioni della testa e della faccia durante la crescita. Alla nascita la faccia e i mascellari sono poco sviluppati a confronto delle dimensioni che assumono in età adulta. Ne consegue che, dopo la nascita, la crescita a livello delle suture facciali è maggiore di quella a livello delle suture del cranio (Lowery GH. 1973)*

Un aspetto importante di ogni modello è la sua predicibilità. I modelli si ripetono e questo vale anche per il variare delle proporzioni scheletriche nel tempo. Le relazioni proporzionali in un modello possono essere matematicamente specificate e la sola differenza tra un modello di crescita e uno geometrico è l'aggiunta della dimensione tempo.

Un secondo aspetto importante nello studio della crescita e dello sviluppo è la variabilità. Ovviamente ognuno di noi è diverso dall'altro, nel modo in cui cresce come in ogni altro aspetto. È difficile, ma clinicamente molto importante, decidere se un individuo è semplicemente all'estremo del normale campo di variabilità o si trova al di fuori del range di normalità.

Infine, un concetto importante nella crescita fisica e nello sviluppo è quello del *timing* di cui però parleremo più approfonditamente nel capitolo 2. La variabilità nella crescita può dipendere da molte cause: normali variazioni, eventi accidentali come ad esempio patologie importanti e variazioni della tempistica. Le variazioni della sequenza temporale si presentano perché lo stesso evento può verificarsi in tempi differenti nei vari soggetti; in altre parole, l'orologio biologico di ogni individuo è regolato in modo diverso .

## **INFLUENZE GENETICHE SULLA CRESCITA**

Recenti scoperte inerenti alla genetica molecolare hanno fornito nuove informazioni riguardo la crescita, il suo controllo e lo sviluppo di problematiche ortodontiche. Si è visto che i geni homeobox *Msx* e *Dix*, che sono criticamente importanti nello stabilire la pianificazione, lo schema di formazione e la morfogenesi del corpo, sono espressi in maniera differente non solo nello sviluppo dei denti, ma anche nella crescita mandibolare. L'*Msx1* predomina nella formazione dei denti ed è espresso nell'osso basale, ma non nel processo alveolare, dove, al contrario, è fortemente espresso L'*Msx2*. *Dix-1* e *Dix-2* sono espressi nel mesenchima dentale e nell'epitelio derivato dal mesenchima responsabile della formazione del mascellare superiore e della mandibola. Inoltre si è rilevato che altri geni del gruppo Homeobox sono coinvolti nello sviluppo dentale e facciale. È stata dimostrata una correlazione fra un genotipo specifico per le proteine di ancoraggio delle miofibrille e le malocclusioni di classe II con morso profondo (Zebrick 2014). L'U.S

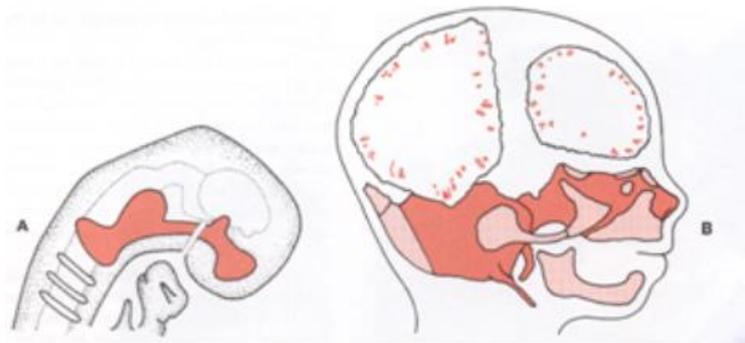
*National Institute of Dental and Craniofacial Research* ha recentemente annunciato l'istituzione di un consorzio per accelerare la comprensione della biologia dello sviluppo craniofacciale attraverso progetti interattivi, che includono modelli di espressione genica globali e specifici, modelli di associazione dell'intero genoma, e profili trascrizionali durante lo sviluppo embrionale e postnatale in modelli animali e umani (Brinkley 2016)

## **NATURA DELLA CRESCITA SCHELETRICA**

A livello cellulare sono possibili solo tre tipi di crescita. Il primo è un incremento della grandezza delle cellule stesse denominato *iperptrofia*. Il secondo è un incremento del numero delle cellule denominato *iperplasia*. Il terzo deriva dall'azione di cellule che *secernono materiale extracellulare* determinando un incremento della grandezza indipendentemente dal numero o dalle dimensioni delle cellule stesse.

Infatti, tutti e tre questi processi si verificano durante la crescita scheletrica. L'iperplasia è la caratteristica principale di tutte le forme di crescita. L'iperptrofia avviene in un numero limitato di casi ma è spesso un meccanismo meno importante dell'iperplasia. Sebbene in tutti i tessuti del corpo avvenga una secrezione di materiale extracellulare, questo fenomeno è particolarmente importante nella crescita del sistema scheletrico in cui il materiale extracellulare, poi, va incontro a mineralizzazione. Il fatto che il materiale extracellulare dello scheletro si mineralizzi conduce a un'importante distinzione tra la crescita dei tessuti molli o non mineralizzati e quella dei tessuti duri o calcificati. I tessuti duri sono rappresentati da ossa, denti e alcuni cartilagini. I tessuti molli costituiscono la restante parte. In molti casi, la cartilagine, specie quella coinvolta significativamente nella crescita, si comporta come un tessuto molle e dovrebbe essere inclusa in questo gruppo, più che in quello dei tessuti duri. La crescita dei tessuti molli avviene attraverso una combinazione di iperplasia e iperptrofia. Questi processi si verificano ovunque all'interno del tessuto, inducendo una *crescita interstiziale*, cioè una crescita che avviene in ogni parte del tessuto. Nonostante la secrezione di materiale extracellulare possa anche accompagnare la crescita interstiziale, l'iperplasia, in primo luogo, e l'iperptrofia, secondariamente, ne rappresentano i meccanismi principali. La crescita interstiziale è tipica di quasi tutti i tessuti molli e delle cartilagini non calcificate nell'ambito del sistema scheletrico.

Al contrario quando la mineralizzazione induce la formazione di tessuto duro, la crescita interstiziale diventa impossibile. L'iperplasia, l'ipertrofia e la secrezione di materiale extracellulare sono ancora possibili nei tessuti mineralizzati, ma questi processi possono attuarsi solo in superficie, non all'interno della massa mineralizzata. L'apposizione diretta e superficiale di nuovo osso avviene grazie all'attività delle cellule periostali. Nel periostio si osserva la formazione di nuove cellule e la secrezione di materiale extracellulare che va incontro a mineralizzazione e a trasformazione in nuovo osso. Questo processo è chiamato *apposizione diretta o superficiale* di osso. La crescita interstiziale assume un rilievo notevole nella crescita scheletrica poiché la maggior parte del sistema scheletrico, compresi la base del cranio, il tronco e gli arti, deriva dalle cartilagini



La figura affianco mostra lo sviluppo cartilagineo e neurale del volto e del cranio a 8 settimane (immagine A) e a 12 settimane (immagine B) di sviluppo intrauterino.

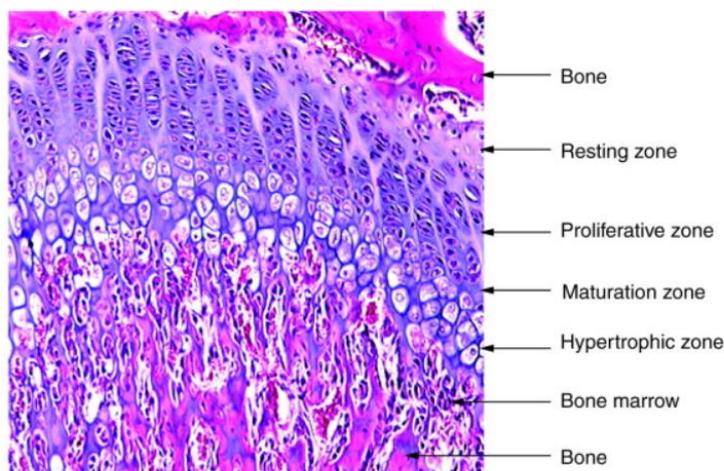
Lo sviluppo cartilagineo scheletrico avviene molto rapidamente durante il terzo mese di vita intrauterina. Un piano continuo di cartilagine si estende dalla capsula nasale posteriormente fino al forame magno alla base del cranio. Si ricordi che la cartilagine è un tessuto avascolare le cui cellule interne sono nutrite per diffusione attraverso gli strati esterni. Ciò implica che la cartilagine debba essere sottile. Nei primi stadi di sviluppo del feto le sue dimensioni estremamente limitate consentono la possibilità di un condroscheletro ma, con l'ulteriore crescita, una tale struttura non è mantenibile senza lo sviluppo di una vascolarizzazione interna.

Durante il quarto mese di vita intrauterina si verifica appunto la penetrazione di elementi vascoloematici in vari punti del condrocranio. Queste aree divengono centri di

ossificazione, nei quali la cartilagine viene trasformata in osso con un processo detto *ossificazione endocondrale*, e isole di tessuto osseo compaiono nel mare di cartilagine circostante. La cartilagine continua a crescere rapidamente ma è sostituita da osso con uguale rapidità. Ne risulta che la quantità di osso aumenta rapidamente, mentre la quantità relativa di cartilagine decresce. A un certo punto, il condrocranio originario + rappresentato solo da piccole aree di cartilagine interposte tra ampie zone di osso che assumono la caratteristica forma di etmoide, sfenoide e osso basioccipitale. La crescita a livello di queste connessioni cartilaginee tra le ossa dello scheletro è simile a quella degli arti.

Nelle ossa lunghe degli arti si osservano aree di ossificazione al centro delle ossa e alle estremità, in definitiva si crea così una porzione allungata centrale chiamata *diafisi* e cuffie ossee in ciascuna estremità chiamate *epifisi*. Tra epifisi e diafisi residua un'area non calcificata cartilaginea chiamata piatto epifisario. Quest'ultimo rappresenta il maggior centro di crescita delle ossa lunghe; infatti, questa cartilagine è responsabile di quasi tutta la crescita in lunghezza di queste ossa. Anche il periostio sulla superficie ossea svolge un ruolo importante nell'aumentare lo spessore e rimodellare i contorni esterni. Vicino alle estremità di ciascun piatto epifisario si trova una zona di cellule cartilaginee in attiva riproduzione. Alcune di queste, spinte verso la diafisi sotto l'attività proliferativa, vanno incontro a ipertrofia, producono una matrice extracellulare e con il tempo degenerano man mano che la matrice, mineralizzando, viene rapidamente sostituita dall'osso. La crescita continua fin tanto che la velocità di proliferazione delle cartilagini di accrescimento resta uguale o maggiore della velocità con cui queste vanno incontro a maturazione. Verso la fine del normale periodo di crescita, comunque, la velocità di maturazione eccede la velocità di proliferazione, il residuo di cartilagine è sostituito da osso e il piatto epifisario scompare. A questo punto, la crescita delle ossa è completa, eccetto che per i cambiamenti di spessore e i rimodellamenti superficiali prodotti dal periostio.

L'ossificazione endocondrale avviene anche a livello del condilo mandibolare, il quale superficialmente assomiglia alla metà di un piatto epifisario. La cartilagine del condilo, tuttavia, non si comporta come un piatto epifisario e la differenza è importante per comprendere la crescita mandibolare.



Current Biology

Figura 3: sezione istologica di piatto epifisario di topo. Courtesy of Dr Ray Boot-Handford (White 2001)

Non tutte le ossa dello scheletro adulto sono presenti nel modello cartilagineo embrionale ed è possibile che l'osso formi direttamente una secrezione di matrice ossea all'interno dei tessuti connettivali senza alcuna formazione intermedia di cartilagine. Questa ossificazione è detta *intramembranosa* e si realizza a livello della volta cranica e dei due mascellari.

La mandibola degli animali più evoluti si sviluppa precocemente durante la vita embrionale, nella stessa area della cartilagine del primo arco faringeo ovvero la *Cartilagine di Meckel*.

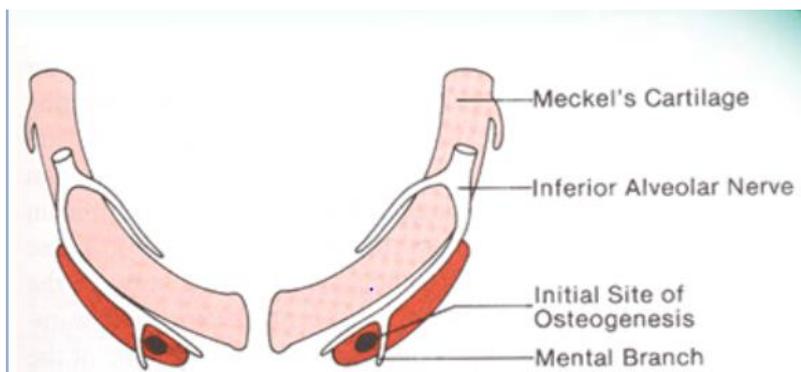


Figura 4: rappresentazione schematica del rapporto esistente tra la formazione di osso nella mandibola, cartilagine di Meckel e nervo alveolare inferiore (Cate 1998)

Sembra che la mandibola si formi per sostituzione ossea di questa cartilagine. Infatti, lo sviluppo mandibolare inizia grazie alla condensazione di mesenchima all'estremità della cartilagine di Meckel lateralmente ad essa e procede poi posteriormente con un meccanismo di formazione ossea intramembranosa. La cartilagine di Meckel si disintegra e in gran parte scompare, man mano che l'osso mandibolare si sviluppa. Resti di questa cartilagine sono trasformati in due piccoli ossicini della catena di conduzione dell'orecchio medio, ma non si ritrovano in alcuna parte significativa della mandibola. Il suo pericondrio persiste a livello del legamento sfenomandibolare.

La cartilagine condilare si sviluppa inizialmente come una cartilagine secondaria indipendente (Figura 5A), situata a considerevole distanza dal corpo mandibolare. Rimangono due strutture indipendenti a 8 settimane per poi fondersi al livello del ramo mandibolare in via di sviluppo a 4 mesi circa (Figura 5B).

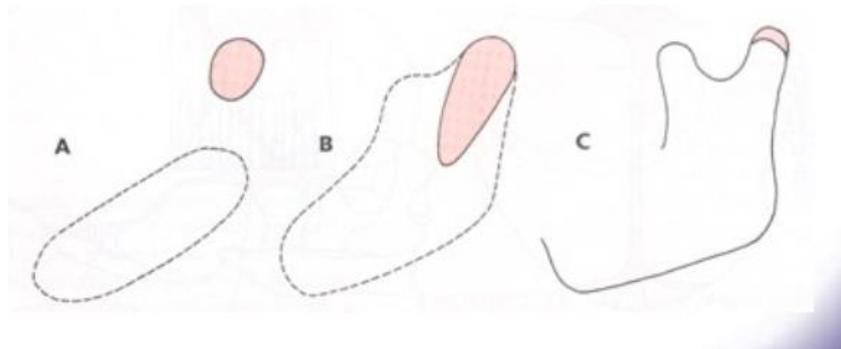


Figura 5 Situazione alla nascita (Proffit 2019)

L'osso mascellare si forma inizialmente da un centro di condensazione mesenchimale a livello dei processi mascellari. Questa area è localizzata sulla superficie laterale della capsula nasale, la parte più anteriore del condrocranio, ma l'ossificazione endocondrale non contribuisce direttamente alla formazione dell'osso mascellare. Una cartilagine accessoria, quella malare o zigomatica, che si forma a livello del processo malare in via di sviluppo, scompare ed è totalmente sostituita da osso prima della nascita, a differenza della cartilagine condilare, che persiste.

Qualunque sia la sede di formazione ossea intramembranosa, la crescita interstiziale all'interno di una massa mineralizzata è impossibile, per cui l'osso deve essere formato interamente per apposizione di nuovo osso in corrispondenza delle superfici libere. La sua forma può variare attraverso la rimozione di osso da una regione e l'aggiunta di osso in

un'altra. Si parlerà nel primo caso di *Riassorbimento* e di *Apposizione* nel secondo. Questo equilibrio tra apposizione e riassorbimento è una componente essenziale per il processo di crescita. Le componenti di questo processo sono due: *modellazione* e *rimodellamento*. La modellazione consente l'adattamento delle strutture in base alla funzione, modificando forma e dimensione dell'osso per mantenere invariata la resistenza ossea con il cambiamento del come nel caso del riposizionamento del ramo mandibolare durante la crescita ( che verrà trattato in dettaglio più avanti). Il rimodellamento avviene tramite l'apposizione di nuovo osso da parte di osteociti e il riassorbimento compiuto dagli osteoclasti nella stessa area. Un chiaro esempio di rimodellamento è il processo che avviene con lo spostamento dei denti, ma il rimodellamento interno della struttura ossea è un fenomeno che avviene continuamente (Maggoli 2017)

## **SITI E TIPI DI CRESCITA NEL COMPLESSO CRANIOFACCIALE**

### **VOLTA CRANICA**

La volta cranica è composta da un numero di ossa piatte che derivano direttamente dalla formazione di osso intramembranoso, senza precursori cartilaginei. Dal momento in cui inizia l'ossificazione in un certo numero di centri deputati a definire l'abbozzo dell'unità anatomica, il processo di crescita è interamente dovuto all'attività periostale superficiale delle ossa. La modellizzazione e la crescita avvengono primariamente nelle aree di contatto del periostio tra ossa craniche adiacenti, le suture craniche, ma l'attività periostale produce anche modifiche sia di modellazione sia di rimodellamento delle superfici interne ed esterne di queste ossa piatte. Alla nascita, le ossa piatte del cranio sono quasi completamente separate da tessuto connettivo lasso. Questi spazi aperti, le fontanelle, permettono una considerevole quantità di deformazione del cranio. Questo è importante nel consentire alla testa, relativamente larga, di passare attraverso il canale del parto. Dopo la nascita, l'apposizione di osso lungo i bordi delle fontanelle elimina questi spazi aperti abbastanza rapidamente, tuttavia le ossa rimangono separate per molti anni

da una sottile sutura rivestita da periostio, che si fonde in età adulta.

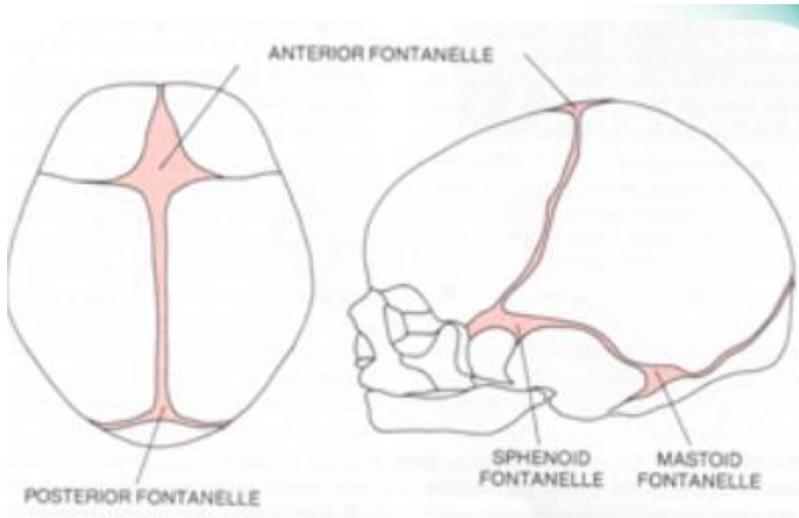


Figura 6 fontanelle di un cranio di un neonato (Proffit 2019)

Nonostante la loro piccola dimensione, l'apposizione di nuovo osso in corrispondenza di queste suture costituisce il meccanismo principale per la crescita della volta cranica. Sebbene la quantità maggiore di crescita nella volta cranica avvenga a livello delle suture, si assiste a una tendenza al riassorbimento osseo nella superficie interna della volta cranica, mentre allo stesso tempo, nuovo osso è apposto sulla superficie esterna. Questa modellazione delle superfici, interna ed esterna, consente modifiche morfologiche durante la crescita.

## **BASE CRANICA**

Contrariamente alla volta cranica, le ossa della base del cranio sono formate inizialmente da cartilagine e questi modelli cartilaginei sono più tardi trasformati in osso da un meccanismo di ossificazione endocondrale. La situazione è più complicata, comunque, rispetto a un osso lungo con i suoi piatti epifisari, la modellazione della cartilagine è particolarmente rilevante per le strutture mediane. Procedendo verso le strutture più laterali, diventano più importanti i meccanismi di crescita suturale e di rimodellamento superficiale. Come indicato precedentemente, i centri di ossificazione appaiono precocemente nella vita embrionale all'interno del condrocranio, indicando l'eventuale posizione del basioccipitale, dello sfenoide e dell'etmoide che formano la base cranica.

Come risultato dell'ossificazione, bande di cartilagine chiamate *sincondrosi* rimangono interposte tra i centri di ossificazione. Questi importanti siti di crescita costituiscono la sincondrosi sfeno-occipitale, intersfenoidea e sfeno-etmoidea (Figura7).

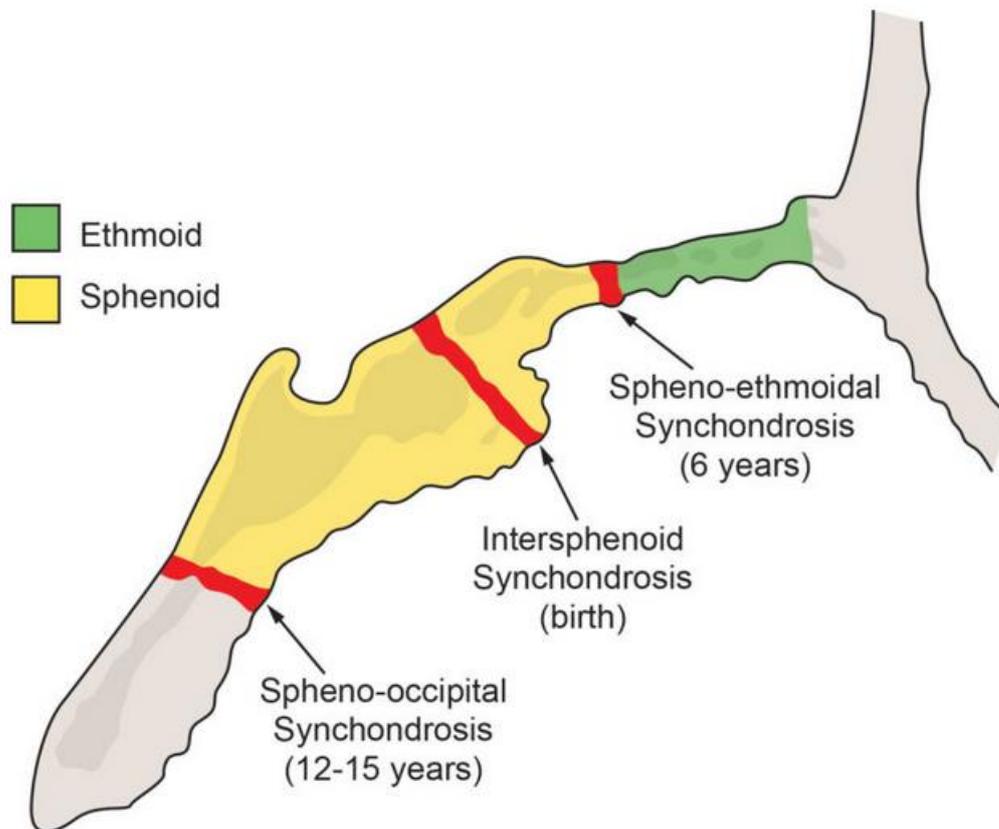


Figura 7: rappresentazione schematica delle sincondrosi della base cranica ed età di ossificazione (Proffit 2019)

Istologicamente una sincondrosi è simile a un piatto epifisario doppio. La sincondrosi presenta un'area di iperplasia cellulare nel centro con bande cartilaginee mature estese in entrambe le direzioni, che saranno col tempo rimpiazzate da osso.

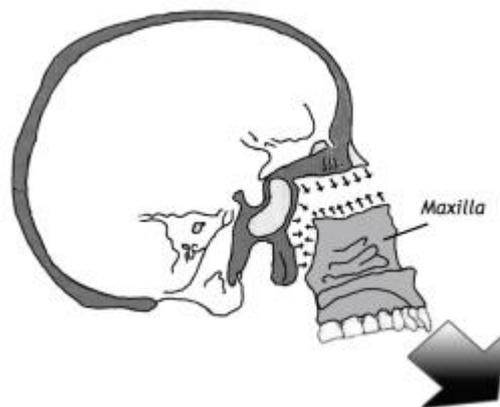
Una differenza significativa rispetto alle ossa delle estremità è che tra le ossa della base del cranio si sviluppano delle articolazioni inamovibili, in notevole contrasto con l'elevata mobilità delle articolazioni delle estremità la base cranica è quindi un po' come un unico osso lungo, eccetto per il fatto che vi sono sincondrosi simili a piatti epifisari multipli. Articolazioni fisse sono presenti anche tra la maggior parte delle altre ossa craniche e facciali, a eccezione della mandibola. Le suture delle ossa craniche e facciali rivestite da

periostio, non contenendo cartilagine, sono piuttosto diverse dalle sincondrosi cartilaginee della base del cranio

## **MASCELLARE SUPERIORE(COMPLESSO NASOMASCELLARE)**

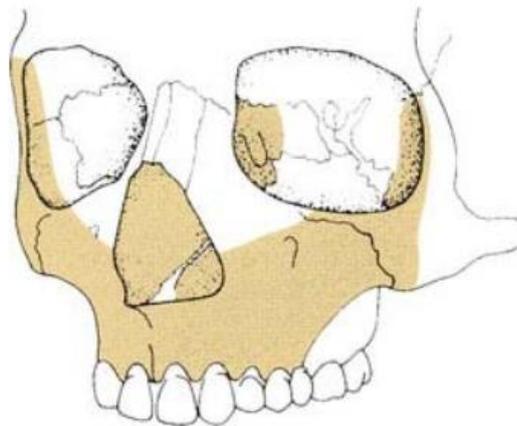
Il mascellare superiore si sviluppa dopo la nascita, interamente attraverso l'ossificazione intramembranosa. Poiché non vi è alcuna sostituzione della cartilagine, la crescita avviene in due modi: (1) attraverso apposizione di osso a livello delle suture che connettono il mascellare al cranio e alla base cranica e (2) attraverso la modellazione e il rimodellamento della superficie.

Al contrario della volta cranica, comunque, nel mascellare i cambiamenti di forma indotti dall'attività periostale superficiale non sono meno importanti di quelli indotti dall'attività suturale. In aggiunta, il mascellare superiore è spostato in avanti dalla crescita della base cranica che avviene dietro a esso. Il modello di crescita della faccia prevede che essa cresca “ verso l'esterno, al di sotto del cranio”, il che significa che il mascellare superiore durante la crescita deve portarsi in avanti e in basso, percorrendo una notevole distanza rispetto al cranio e alla base cranica. Ciò può essere ottenuto in due modi: (1) attraverso una spinta da dietro creata dalla crescita della base cranica e (2) attraverso la crescita delle suture. Poiché il mascellare superiore è attaccato all'estremità anteriore della base cranica, l'allungamento della stessa provoca il suo spostamento in avanti. Fino a circa 6 anni, lo spostamento dovuto alla crescita della base cranica è una parte importante della crescita in avanti del mascellare superiore. L'impossibilità della base cranica di allungarsi normalmente, come nell'acondroplasia e in alcune sindromi congenite, crea un iposviluppo del terzo medio del viso. All'età di circa 7 anni, la crescita della base cranica termina e l'unico meccanismo che resta per portare il mascellare superiore in avanti è la crescita suturale.



*Figura 8 schema dello sviluppo del mascellare superiore (Enlow DH. 1996)*

Le suture che connettono il mascellare posteriormente e superiormente sono disposte in modo ideale per permettere il suo riposizionamento in basso e in avanti. Durante questo movimento in basso e in avanti, lo spazio che si viene a creare a livello suturale è riempito da un'attiva proliferazione ossea. Le suture rimangono della stessa larghezza mentre i vari processi del mascellare diventano più lunghi. L'apposizione di osso avviene su entrambi i lati di una sutura, cosicché anche le ossa a cui il mascellare è attaccato diventano più ampie. Parte del bordo posteriore del mascellare superiore è una superficie libera nella regione della tuberosità. In questa zona si osserva un'apposizione superficiale d'osso che crea lo spazio addizionale nel quale erompono prima i molari decidui e successivamente quelli permanenti. È interessante notare che, mentre il mascellare superiore cresce in basso e in avanti, le sue superfici anteriori sono rimodellate e l'osso è riassorbito dalla maggior parte di questa superficie (Figura 9)



*Figura 9 Zone di riassorbimento osseo a livello del mascellare superiore (Proffit 2019)*

I cambiamenti globali di crescita sono il risultato di una traslazione sia in basso sia in avanti del mascellare superiore e contemporaneamente di una modellazione della superficie. L'intero complesso osseo nasomascellare si muove in basso e in avanti rispetto al cranio, traducendosi in spazio. Enlow, i cui accurati studi anatomici sullo scheletro facciale sono alla base di gran parte della nostra attuale conoscenza, ha illustrato nella figura sottostante (Figura 10). Il mascellare è come una piattaforma su ruote che si sposta in avanti, mentre allo stesso tempo la sua superficie, rappresentata nel disegno da un muro, viene ridotta anteriormente e costruita posteriormente, muovendosi nello spazio in direzione opposta alla crescita complessiva.

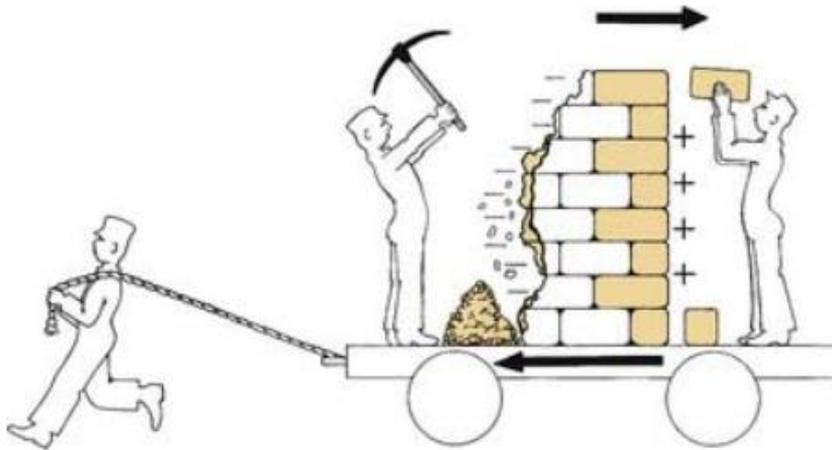


Figura 10 modellazione superficiale di un osso nella direzione opposta rispetto a quella in cui viene spostato dalla crescita delle strutture adiacenti( modificata da (Enlow DH. 1996)

Non è necessariamente vero che i cambiamenti della modellazione si oppongano alla direzione di traslazione. In base alla specifica posizione, traslazione e modellazione/rimodellamento possono sia opporsi l'un l'altra sia produrre un effetto additivo. L'effetto è additivo, per esempio, sulla volta del palato. Quest'area è portata in basso e in avanti insieme al resto del mascellare ma, allo stesso tempo, è rimosso osso sul versante nasale e aggiunto sul versante orale, creando così un ulteriore movimento in basso e in avanti del palato (Figura 11 A e B). Stessa dinamica avviene a livello del premaxilla (Figura 11 C e D). Nelle immediate vicinanze, tuttavia, la parte anteriore del processo alveolare è un'area di riassorbimento, per cui la rimozione di osso da questa superficie tende ad annullare una parte della crescita in avanti che altrimenti si verificherebbe a causa della traslazione dell'intero mascellare superiore

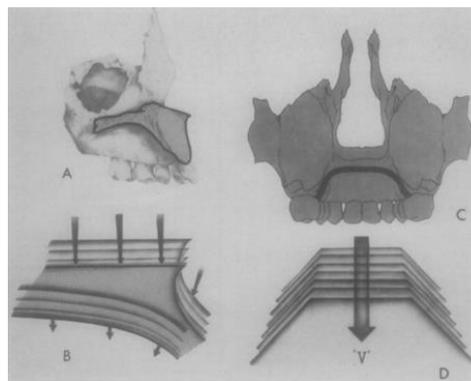
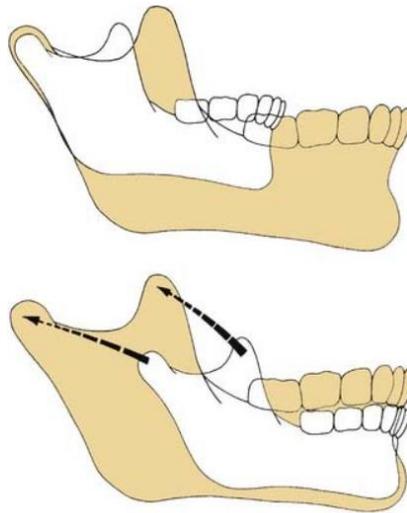


Figura 11 Schema di crescita del palato del premaxilla (Enlow DH. 1996)

## MANDIBOLA

Al contrario del mascellare superiore, nella crescita della mandibola è importante sia l'attività endocondrale sia quella periostale, mentre gioca un ruolo trascurabile lo spostamento creato dalla crescita della base cranica che muove l'ATM. La cartilagine copre la superficie del condilo mandibolare a livello del ATM. Benché questa cartilagine non sia simile a quella di un piatto epifisario o di una sincondrosi, qui avvengono iperplasia, ipertrofia e sostituzione endocondrale. Tutte le altre aree della mandibola sono formate e crescono per diretta apposizione superficiale.



*Figura 12 rappresentazione dei pattern di crescita mandibolare secondo 2 metodi diversi*

Il pattern di crescita complessivo della mandibola può essere rappresentato in due modi a seconda del sistema di riferimento ma entrambi ugualmente validi. Il primo modo considera come sistema di riferimento la base cranica e il mento si muove in basso e in avanti. (Figura 12 in alto)

Il secondo metodo esamina i dati derivati da esperimenti su colorazioni vitali e risulta evidente che i principali siti di crescita della mandibola sono la superficie posteriore del ramo e i processi condilare e coronoideo( Figura 12 in basso)

Come sito di crescita, il mento è piuttosto inattivo mentre la crescita effettiva avviene a livello del condilo e superficie posteriore del ramo. Il corpo della mandibola si allunga per apposizione ossea periostale solo sulla superficie posteriore, mentre il ramo cresce di più in altezza per sostituzione endocranale a livello del condilo accompagnato da modellazione superficiale. Concettualmente è corretto vedere la mandibola come se fosse spostata in basso e in avanti, mentre allo stesso tempo aumenta di dimensioni grazie all'accrescimento verso l'alto e indietro. La traslazione avviene in larga misura perché l'osso si muove in basso e in avanti insieme ai tessuti molli che lo avvolgono. Il movimento all'indietro della mandibola è l'esempio migliore di modellazione dovuta a fenomeni di riassorbimento. La mandibola cresce di più in lunghezza per apposizione di nuovo osso sulla superficie posteriore del ramo. Allo stesso tempo, una larga quantità di osso è rimossa dalla superficie anteriore del ramo ( Figura 13). Nella prima infanzia il ramo si trova approssimativamente dove eromperà il primo molare deciduo. La modellazione e il rimodellamento progressivi posteriori creano lo spazio per il secondo molare deciduo e poi per l'eruzione sequenziale dei molari permanenti. Più spesso, tuttavia, la crescita cessa prima dell'eruzione del terzo molare, ragione per cui questo si trova spesso incluso.

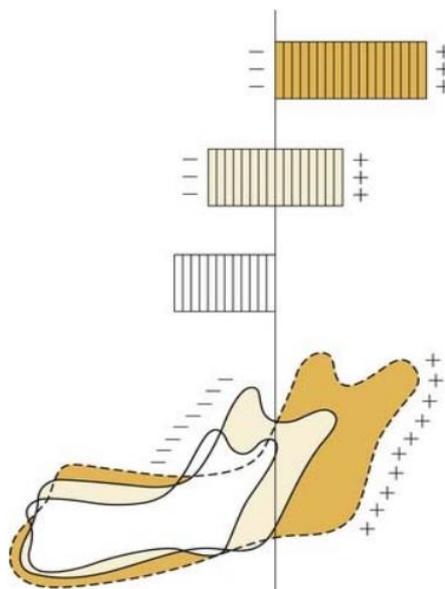


Figura 13

## **TEORIE DEL CONTROLLO DELLA CRESCITA**

È ovvio che la crescita sia fortemente influenzata da fattori genetici, ma può essere significativamente influenzata anche dall'ambiente, cioè dallo stato nutrizionale, dal grado di attività fisica, salute o malattia e da un certo numero di fattori simili. Dato che la maggior parte degli interventi ortodontici è richiesta per una crescita sproporzionata dei mascellari, è necessario conoscere i fattori che influenzano e controllano la crescita scheletrica per capire i processi eziologici delle malocclusioni e delle deformità dentofacciali.

Tre principali teorie hanno cercato recentemente di spiegare le determinanti della crescita craniofacciale: (1) l'osso, come gli altri tessuti, è la determinante primaria della sua stessa crescita; (2) la cartilagine è la determinante primaria della crescita scheletrica mentre l'osso risponde secondariamente e passivamente; (3) la matrice dei tessuti molli in cui gli elementi scheletrici sono incorporati è la determinante primaria della crescita, e sia l'osso sia la cartilagine sono fattori secondari.

La principale differenza tra queste tre teorie è la sede di espressione del controllo genetico. Nella prima teoria il centro di controllo è il periostio, nella seconda la cartilagine mentre la terza presuppone che il controllo sia mediato in larga misura al di fuori dal sistema scheletrico e che la crescita dell'osso e della cartilagine sia controllata epigeneticamente, avvenendo solo in risposta a segnali derivati da altri tessuti. Attualmente si ritiene più probabile una sintesi della seconda e della terza teoria mentre la prima, che era predominante fino al 1960, è stata largamente abbandonata.

### **TEORIA OSSEA**

Se la prima teoria fosse corretta, la crescita a livello delle suture dovrebbe avvenire in gran parte indipendentemente dall'ambiente, e non sarebbe possibile modificare molto l'espressione della crescita a livello delle suture. Il fatto che ad oggi si escludano i tessuti periostali come determinanti primarie della crescita craniofacciale è dovuto a due considerazioni. La prima è che quando un'area di sutura tra due ossa facciali è trapiantata in un'altra posizione( per esempio in una sacca addominale), il tessuto suturale non

continua a crescere. Questo indica una mancanza di potenziale di crescita innato delle suture. In secondo luogo, sembra che la crescita suturale risponda alle influenze esterne in una serie di circostanze. Se le ossa craniche e facciali fossero sottoposte a una trazione meccanica a livello delle suture o a una compressione, la crescita in questi siti sarebbe stimolata nel primo caso e inibita nel secondo. Quindi le suture devono essere considerate aree di reazione e non determinanti primarie

## TEORIA CARTILAGINEA

Il fatto che per molte ossa, la cartilagine determini la crescita mentre l'osso semplicemente la sostituisce rende questa teoria plausibile per le ossa mascellari. Se la crescita cartilaginea rappresentasse la determinante primaria, la cartilagine del condilo mandibolare potrebbe essere considerata come un pacemaker per la crescita di questo osso e la modellazione del ramo, mentre i cambiamenti delle altre superfici potrebbero essere visti come secondari alla crescita cartilaginea primaria. Un modo per visualizzare la mandibola è immaginare che essa sia come la diafisi di un osso lungo, piegata a ferro di cavallo con le epifisi rimosse, cosicché la cartilagine alle estremità rappresenta la "metà di un piatto epifisario", il quale si identifica con i condili mandibolari. Se questa fosse la situazione reale, allora davvero la cartilagine del condilo mandibolare dovrebbe fungere da centro di crescita, comportandosi sostanzialmente come una cartilagine epifisaria. (Figura 14)

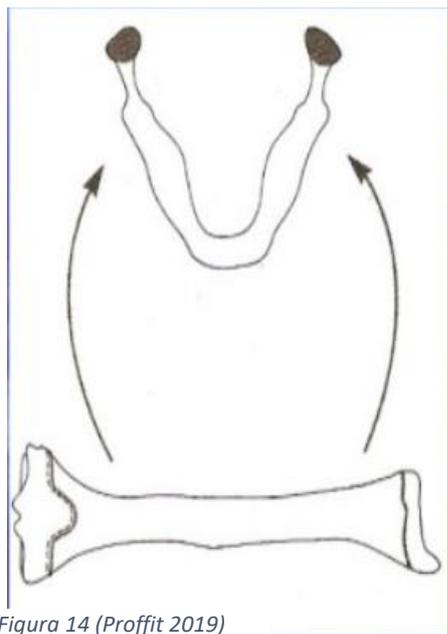


Figura 14 (Proffit 2019)

La crescita del mascellare superiore è più difficile da spiegare ma non impossibile sulla base della teoria della cartilagine. Sebbene non vi sia cartilagine nel mascellare stesso, vi è cartilagine nel setto nasale e il complesso nasomascellare cresce come un'unità. I fautori di questa teoria ipotizzano che il setto nasale cartilagineo funga da determinante per vari aspetti della crescita della mascella. Esperimenti di rimozione del setto nasale furono svolti su animali e pochi casi umani. A seguito della rimozione si nota un notevole deficit di crescita del terzo medio faciale il che fa pensare che la cartilagine presente nel setto sia un'importante centro di crescita. Tuttavia la correlazione tra assenza di setto nasale e deficit del terzo medio non è pianamente dimostrata seppur sostenuta da questi rari casi umani. Esperimenti di trapianto ed esperimenti in cui è rimosso il condilo non danno alcun supporto all'idea che la cartilagine del condilo mandibolare sia un importante centro di crescita e nemmeno studi sulla cartilagine stessa paragonata alla sua crescita primaria confermano ciò. Sembra che la crescita a livello del condilo mandibolare sia molto più simile alla crescita delle suture del mascellare che è interamente reattiva rispetto alla crescita a livello di un piatto epifisario

## **TEORIA DELLA MATRICE FUNZIONALE DI MOSS**

Se né l'osso né cartilagine sono determinanti per la crescita dello scheletro craniofaciale, sembrerebbe che il controllo debba essere attribuito ai tessuti molli adiacenti. Questa ipotesi è stata formulata nel 1960 da Melvin Moss nella sua "teoria della matrice funzionale" di crescita e fu rivista e aggiornata da lui stesso nel 1990. Pur riconoscendo l'innato potenziale di crescita delle cartilagini delle ossa lunghe, la sua teoria sostiene che né la cartilagine del condilo mandibolare né il setto nasale cartilagineo rappresentano fattori determinanti per la crescita dei mascellari. Concettualmente sono i tessuti molli a crescere, e sia l'osso sia la cartilagine reagiscono a questa forma di controllo epigenetico.

La crescita del cranio illustra molto bene questo aspetto della crescita scheletrica. Ci possono essere pochi dubbi che la crescita della volta cranica sia una risposta diretta alla crescita del cervello. La pressione esercitata dal cervello in crescita separa le ossa craniche a livello delle suture e nuovo osso riempie passivamente queste suture in modo da adattare la scatola cranica al cervello. Moss ha teorizzato che la maggiore determinante

della crescita del mascellare e della mandibola sia l'allargamento delle cavità nasale e orale, che crescono in risposta alle necessità funzionali. La teoria non mette in chiaro come tali necessità siano trasmesse ai tessuti intorno alla bocca e al naso, ma afferma che le cartilagini del setto nasale e dei condili mandibolari non siano importanti determinanti della crescita e che la loro perdita avrebbe poco effetto sulla crescita se fosse possibile mantenere la corretta funzione. Si prenda in esempio la frattura condilare in un bambino. Tale frattura secondo la teoria cartilaginea avrebbe effetti devastanti sulla crescita fisiologica della mandibola, ma ciò nel 75-80% dei casi non avviene perché la funzionalità è sempre mantenuta. Il restante 20-25% dei casi in cui avviene un'effettiva compromissione della crescita, avviene perché la funzionalità è compromessa, in particolare modo dall'anchilosi a livello dell'ATM. In caso di traumi severi che causano esiti cicatriziali massivi a livello dei tessuti molli e infezioni periarticolari anche possono compromettere la funzionalità e quindi la normale crescita mandibolare.

## **PRIMI STADI DELLO SVILUPPO**

Durante gli ultimi 3 mesi di vita intrauterina si assiste a una rapida crescita che triplica la massa del corpo fino a quasi 3 chilogrammi. Lo sviluppo dentale inizia al terzo mese e procede rapidamente nei mesi successivi. Lo sviluppo di tutta la dentatura decidua e dei primi molari permanenti inizia molto prima della nascita. L'assenza relativa di crescita della mandibola nella fase prenatale rende il parto più facile. Dopo la nascita, la mandibola cresce più delle altre strutture facciali e gradualmente raggiunge le proporzioni corrette nell'età adulta. Nelle circostanze migliori, passare alla vita extrauterina richiede una serie davvero drammatica di adattamenti fisiologici. Per un breve periodo la crescita si ferma e si verifica un piccolo calo ponderale durante i primi 7-10 giorni di vita. Questo fenomeno blocca momentaneamente i normali ritmi di calcificazione che a livello delle ossa non si notano, mentre a livello dei denti sì; pertanto, qualsiasi disturbo correlato alla nascita può lasciare tracce. Quasi ogni bimbo mostra infatti una "linea neonatale" trasversale sulla superficie dei denti decidui, la cui localizzazione cambia da dente a dente, in relazione allo stadio di sviluppo che questi presentavano alla nascita. In circostanze normali, la linea è così sottile da poter essere vista solo con ingrandimento.

In caso di periodo neonatale particolarmente travagliato si vede invece una linea ambigua di smalto non calcificato, displasico o pigmentato (Eli J 1989)

## **EVOLUZIONE DELLA FUNZIONE ORALE**

### **La respirazione**

Le funzioni principali svolte dal cavo orale sono masticazione, deglutizione, fonazione e respirazione. Quest'ultima influenza in modo determinante la postura della lingua e della mandibola. Come dimostrato da Bosma (Bosma 1963) attraverso uno studio radiografico di un neonato subito dopo la nascita, per aprire le vie aeree la mandibola deve essere abbassata e la lingua portata in avanti e in basso, lontano dalla parete faringea. Questo movimento consente all'aria di attraversare il naso e la faringe e di raggiungere i polmoni. In qualsiasi momento della vita le necessità respiratorie possono alterare gli atteggiamenti posturali su cui si basano le varie funzioni orali.

### **La deglutizione**

Una volta acquisita la respirazione, la priorità immediata del neonato è assumere latte e lo fa attraverso due attività: la poppata e la deglutizione. Ciò che il neonato fa durante la poppata sono piccoli movimenti delle labbra, come per mordere secondo un istinto riflesso. Quando il latte defluisce nella sua bocca, deve solo piegare la lingua formando un solco, in modo che il latte defluisca posteriormente verso la faringe e l'esofago. La lingua inoltre viene messa a contatto anteriormente con il labbro inferiore, cosicché il latte possa scorrere sulla lingua stessa. La deglutizione infantile è caratterizzata da contrazioni attive della muscolatura delle labbra mentre la punta della lingua viene portata a contatto con il labbro inferiore e da una modesta attività della muscolatura posteriore della lingua e della faringe. Il riflesso della poppata e la deglutizione infantile scompaiono solitamente durante il primo anno di vita. Quando il bambino matura, la deglutizione richiede un aumento di attività dei muscoli elevatori della mandibola. Quando sono introdotti nella dieta cibi semisolidi o solidi, è necessario che il bambino

impari a usare la lingua in modo più complesso per formare il bolo, metterlo al centro della lingua e trasportarlo posteriormente. I movimenti masticatori tipici di un bambino richiedono uno spostamento in lateralità della mandibola in apertura; quindi, questa ritorna verso la linea mediana e sollevandosi porta i denti a contatto con il cibo. Il modello infantile di masticazione risulta ben definito al momento dell'eruzione dei molari decidui. Quindi a questo punto, i movimenti più complessi della parte posteriore della lingua stanno a indicare il superamento della deglutizione infantile. Quando l'abitudine alla suzione si interrompe, la deglutizione subisce una transizione verso l'acquisizione di un pattern adulto. Questo tipo di deglutizione è caratterizzata dalla cessazione dell'attività delle labbra. In particolare le labbra sono rilassate, la punta della lingua si posiziona contro i processi alveolari dietro gli incisivi superiori e i denti posteriori vengono portati a contatto. Purtroppo spesso l'abitudine della suzione non si interrompe e la transizione a deglutizione adulta non avviene causando così una serie problematiche come l'openbite ma che verranno discusse nel capitolo successivo. Il modello di masticazione dell'adulto differisce da quello tipico del bambino: un adulto apre la mandibola portandola in basso; quindi, la sposta lateralmente e infine porta i denti a contatto; mentre un bambino apre la mandibola muovendola lateralmente. La transizione verso il modello masticatorio tipico degli adulti sembra svilupparsi al momento dell'eruzione dei canini permanenti, intorno ai 12 anni. È interessante notare che gli adulti che non raggiungono una normale guida canina a causa della presenza di un grave open bite anteriore mantengono un tipo di masticazione infantile.

## **LA DENTIZIONE**

### **DENTIZIONE DECIDUA**

Il periodo di eruzione è relativamente variabile; è considerato normale un anticipo o un ritardo di 6 mesi rispetto a tempi canonici. Solitamente i bambini nati pretermine hanno ritardi di eruzione (Pavicin IS 2016) ed esistono alcune differenze tra diversi gruppi etnici (Warre JJ 2016). La sequenza dell'eruzione dentale è comunque mantenuta. Dapprima erompono gli incisivi centrali inferiori, seguiti in breve tempo dagli altri incisivi. Dopo 34 mesi erompono i primi molari inferiori e superiori, seguiti dopo 3-4 mesi dai canini

superiori e inferiori, i quali occupano esattamente lo spazio tra gli incisivi laterali e i primi molari. La dentatura decidua si completa intorno ai 24-30 mesi, quando erompono i secondi molari inferiori e quindi i corrispondenti superiori. Per una corretta permuta dentale tra i laterali superiori e canini superiori e tra canini inferiori e primi molari inferiori devono esserci dei diastemi chiamati “ diastemi dei primati”, ovvero degli spazi che se non presenti, causano nei permanenti affollamenti o mancate eruzioni per cui la loro presenza è fondamentale.

## **DENTIZIONE MISTA**

L'infanzia avanza, dai 5-6 anni fino all'insorgere della pubertà, è caratterizzata da importanti cambiamenti nella vita sociale e nel comportamento, ma si presenta comunque come una continuazione del modello di sviluppo fisico del periodo precedente. Bisogna tenere bene a mente che i diversi tessuti presentano normalmente una differenza nella velocità di crescita. La disparità maggiore durante lo sviluppo di questi sistemi avviene nella tarda infanzia. Intorno ai 7 anni, il sistema nervoso ha completato essenzialmente la sua crescita. Il cervello e la scatola cranica raggiungono le loro dimensioni definitive. Il sistema immunitario raggiunge in tutto il corpo uno sviluppo superiore a quello dell'adulto e la presenza di ipertrofia delle tonsille e delle adenoidi è del tutto normale. Al contrario lo sviluppo degli organi sessuali è appena iniziato, mentre la crescita complessiva del corpo è ancora modesta. Durante l'infanzia, la velocità di crescita generale del corpo diminuisce rispetto alla crescita tumultuosa del periodo neonatale, per poi stabilizzarsi a un livello ancora più basso durante l'infanzia avanzata.

## **DENTIZIONE PERMANENTE**

Nel periodo in cui la corona del dente si sta formando si verifica un movimento molto lento in senso vestibolare del follicolo dentale all'interno dell'osso. Tale movimento non è attribuibile in realtà al meccanismo di eruzione. I movimenti eruttivi cominciano non appena le radici iniziano a formarsi. Ciò avvalorava l'ipotesi che l'attività metabolica del legamento parodontale sia alla base del meccanismo principale dell'eruzione. Tre

processi sono necessari per l'eruzione che precede l'emergenza in arcata: (1) il riassorbimento osseo e delle radici del dente deciduo sovrastanti il dente che sta erompendo; (2) l'acquisizione della giusta traiettoria eruttiva da parte del dente emergente; (3) una giusta attività del collagene a livello delle fibre parodontali. I tre meccanismi normalmente operano in sincronia, ma in talune circostanze questo non avviene. Studi sui difetti di riassorbimento osseo o, in alternativa, sul meccanismo eruttivo quando il riassorbimento osseo è normale, hanno fornito molte informazioni sul controllo dell'eruzione che precede l'emergenza. Qualsiasi fattore, meccanico, genetico, patologico ostacolante tali meccanismi crea inevitabilmente un difetto eruttivo. Pazienti con displasia cleidocranica, per esempio, presentano deficit di riassorbimento osseo, fibre parodontali dense ed elementi sovranumerari che sovvertono questi delicati meccanismi di sviluppo. Traumi meccanici subiti a livello di mandibola vicino a un dente in eruzione possono favorire anchilosi e quindi anche se l'osso sovrastante il dente in permuta si riassorbe correttamente, questo non riesce a seguire la giusta traiettoria eruttiva. Un'anchilosi di un dente deciduo sovrastante blocca meccanicamente la zona di emergenza del dente in eruzione. Altre volte ancora manca il meccanismo propulsivo che sposta il dente lungo il tragitto eruttivo. La causa di questa condizione è stata identificata in una mutazione del gene per il recettore dell'ormone paratiroideo PTHR1 ed è disponibile un test genetico per fare diagnosi. I denti coinvolti da questa condizione non rispondono alle forze ortodontiche e non possono essere spostati, segno di un'anomalia del legamento parodontale. (Rhoads SG 2013)

Quando un dente emerge nel cavo orale continua a erompere rapidamente fino a raggiungere il livello occlusale dove viene sottoposto alle forze masticatorie. A quel punto la sua eruzione rallenta; quando il dente raggiunge il livello occlusale ed è in completa funzione, la sua eruzione non si ferma completamente. Lo stadio di eruzione relativamente rapida, che va dal momento in cui un dente perfora la gengiva fino a quando arriva al livello occlusale, è chiamato *picco eruttivo post emergenza* ed è seguito da una fase di eruzione molto lenta, denominata *equilibrio occlusale giovanile*. Questo fenomeno si realizza soltanto durante il periodo critico tra le 20 e mezzanotte o l'una (Risinger RL 1996). È stato dimostrato che nella specie umana, l'eruzione dei premolari che fuoriescono dalla gengiva e vanno in occlusione è influenzata dal cambiamento di flusso

ematico all'apice. A questo punto ciò induce a pensare che il flusso sanguigno sia almeno uno dei fattori implicati nel meccanismo di eruzione (Cheek CC 2002).

Quando un dente è soggetto a forze masticatorie mostra un rallentamento della velocità di eruzione, e infatti è ciò che si verifica. Nell'uomo, dopo che il dente ha raggiunto il piano oclusale, l'eruzione diviene quasi impercettibile sebbene continui nel tempo. Durante l'equilibrio oclusale giovanile, i denti che sono in funzione erompono a una velocità equivalente a quella della crescita verticale del ramo mandibolare. Mentre la mandibola cresce, si allontana dal mascellare superiore creando uno spazio nel quale erompono i denti. L'entità di eruzione necessaria a compensare la crescita mandibolare può essere meglio apprezzata osservando ciò che succede a un dente che va in contro ad anchilosi. Un dente anchilosato sembra affondare rispetto agli altri nel periodo in cui questi continuano ad erompere; in realtà il primo non si muove e rimane al medesimo livello verticale. Dato che la velocità di eruzione giovanile è correlata alla velocità della crescita mandibolare, non sorprende che il picco puberale dell'eruzione dei denti avvenga di pari passo con la crescita mandibolare avvalorando l'ipotesi che la velocità di eruzione sia controllata dalle forze che la ostacolano e non da quelle che la facilitano. Quando un dente emerge nel cavo orale, le forze che si oppongono alla sua completa eruzione sono quelle masticatorie, oltre a quelle della pressione esercitata dai tessuti molli delle labbra, delle guance e della lingua, se l'eruzione si verifica solo durante i periodi di riposo, la pressione dei tessuti molli risulta probabilmente più importante nel controllo dell'eruzione rispetto a forze pesanti esercitate durante la masticazione. Forze leggere di lunga durata sono le più importanti nel determinare movimenti ortodontici; perciò, appare logico che lievi ma prolungate pressioni possano ostacolare l'eruzione. Quando il picco di crescita puberale arriva al termine, si raggiunge la fase finale dell'eruzione dentale, che è chiamata *equilibrio oclusale adulto*. Durante la vita adulta, i denti continuano a erompere con una velocità estremamente lenta. Se un dente viene perso, a qualsiasi età, il suo antagonista può nuovamente erompere in modo rapido; ciò dimostra che il meccanismo eruttivo rimane sempre attivo ed è in grado di produrre movimenti dentali significativi anche in tarda età.

La transizione dalla dentatura decidua a quella permanente comincia a circa 6 anni con l'eruzione dei primi molari permanenti, seguita ben presto da quella degli incisivi permanenti. I denti permanenti tendono a erompere a gruppi ed è più importante

conoscere i tempi in cui gli stadi eruttivi sono previsti piuttosto che le sequenze più comuni di eruzione. Gli stadi di eruzione sono utili per calcolare l'età dentale, fatto che risulta particolarmente utile durante il periodo della dentizione mista. L'età dentale è determinata da tre elementi. Il primo è quali denti sono erotti. Il secondo e il terzo, strettamente correlati, sono costituiti dall'entità del riassorbimento delle radici dei decidui e dal grado di sviluppo dei denti permanenti. La più comune sequenza eruttiva è rappresentata dalla comparsa dell'incisivo centrale inferiore, subito seguito dal primo molare permanente inferiore e dal primo molare permanente superiore. Questi denti, tuttavia, erompono quasi contemporaneamente, per cui è abbastanza frequente che i molari permanenti possano comparire poco prima degli incisivi inferiori permanenti o viceversa. Generalmente i molari inferiori precedono quelli superiori. L'inizio dell'eruzione di questo gruppo di denti permanenti avviene all'età dentale di 6 anni. All'età di circa 7 anni compaiono gli incisivi centrali superiori e quelli laterali inferiori. L'eruzione dell'incisivo centrale superiore avviene pertanto a circa 1 anno di distanza da quella del corrispondente inferiore ed è contemporanea a quella del laterale inferiore. A questa età dentale la formazione della radice del laterale superiore è avanzata, ma occorre ancora 1 anno per l'eruzione di questo dente, mentre i canini e i premolari sono ancora nello stadio di completamento della corona o in quello di inizio della formazione della radice. L'età dentale di 8 anni è caratterizzata dall'eruzione degli incisivi laterali superiori. Dopo la comparsa in arcata di questi denti, vi è un periodo di 2 o 3 anni prima che gli altri elementi permanenti erompano.

All'età di 9-10 anni non compare alcun dente permanente; si verificano invece un graduale riassorbimento dei canini e dei premolari decidui, e il progressivo completamento della radice dei corrispondenti permanenti. All'età dentale di 9 anni sono presenti i canini e i primi e secondi molari decidui. Approssimativamente un terzo della radice dei canini e dei primi premolari inferiori è completo. Lo sviluppo della radice del secondo premolare è appena iniziato. Nell'arcata superiore è già iniziata la formazione della radice dei primi premolari e, qualora siano già presenti, le radici dei canini e dei secondi premolari sono appena abbozzate. All'età dentale di 10 anni si verifica un intenso riassorbimento radicolare a livello dei canini e dei molari decidui, mentre si sviluppano rapidamente le radici dei denti permanenti che li sostituiranno. A questa età, infatti, le radici dei canini e dei primi premolari inferiori hanno raggiunto metà del loro sviluppo;

la radice del primo premolare superiore è quasi a metà della sua formazione , mentre quelle dei secondi premolari inferiori, dei canini e dei secondi premolari superiori sono discretamente sviluppate. Un dente solitamente emerge in arcata quando circa i tre quarti della sua radice sono formati. Questo può essere considerato come un segnale che un dente sta per erompere. Dopo l'eruzione e il raggiungimento dell'occlusione, occorrono circa 2-3 anni perché la radice di questi denti sia completata. Altri elementi tipici di un'età dentale di 10 anni sono il completamento delle radici degli incisivi inferiori e la formazione quasi completa delle radici degli incisivi laterali superiori. Dall'età dentale di 11 anni le radici di tutti gli incisivi e dei primi molari permanenti dovrebbero essere complete. Questa età dentale è caratterizzata dall'eruzione di un nuovo gruppo di denti: i canini inferiori, i primi premolari inferiori e i primi premolari superiori, che erompono pressoché in contemporanea. Nell'arcata inferiore il canino erompe poco prima del primo premolare; tuttavia, non è tanto importante la sequenza dettagliata dell'eruzione, quanto piuttosto la concomitanza dell'eruzione di questi due denti. Nell'arcata superiore, invece, il primo premolare compare nettamente prima del canino. All'età dentale di 11 generalmente gli unici denti decidui rimasti sono il canino superiore, il secondo molare superiore e il secondo molare inferiore.

All'età dentale di 12 anni erompono i rimanenti denti succedanei permanenti. Normalmente, in quasi tutti i bambini i denti succedanei completano la loro eruzione prima che compaiano i secondi molari. All'età di 12 anni è spesso possibile vedere i follicoli dei terzi molari, dato che è abbastanza frequente che la mineralizzazione delle loro corone inizi anche prima. Le età dentali di 13,14, e 15 anni sono caratterizzate dal completamento delle radici dei denti permanenti. All'età di 15 anni, se il terzo molare non è agenesico, la sua formazione dovrebbe essere evidente nelle radiografie, mentre le radici di tutti i denti permanenti dovrebbero essere completamente formate.

## **RAPPORTI DI SPAZIO DURANTE LA PERMUTA DENTALE**

Se si esamina un cranio sezionato, è possibile vedere che in entrambe le arcate i germi degli incisivi permanenti giacciono in posizione linguale e apicale rispetto ai corrispondenti decidui. Ne risulta una tendenza degli incisivi permanenti a emergere in posizione leggermente linguale e un po' irregolare, anche in bambini che hanno arcate

normali e spazio sufficiente. Nell'arcata superiore, l'incisivo laterale tende a emergere in posizione linguale e rimane in tale posizione qualora ci sia una condizione di affollamento nell'arcata. I canini permanenti invece sono posizionati più vicini ai canini decidui. Se si verificano problemi nell'eruzione di questi denti, essi si posizionano più vestibolarmente o più lingualmente, ma generalmente se vi è un deficit di spazio in arcata assumono una posizione vestibolare. Gli incisivi permanenti sono considerevolmente più larghi dei corrispondenti decidui. Ad esempio, l'incisivo centrale inferiore permanente è largo mediamente 5.5 mm, mentre il suo corrispondente deciduo è largo mediamente 3mm. Visto che gli altri incisivi e i canini succedanei sono 2-3mm più ampi dei corrispondenti decidui, gli spazi tra gli incisivi decidui non sono soltanto normali, ma fondamentali. Non ci sarebbe, altrimenti, spazio sufficiente per gli incisivi permanenti in arcata. Un adulto con il sorriso tipico della dentatura decidua non ha una situazione dentale normale poiché le spaziature rappresentano il fattore determinante per un corretto posizionamento dei denti permanenti. Generalmente, i bambini attraversano un periodo di affollamento transitorio a livello degli incisivi inferiori all'età di 8-9 anni, anche se in arcata esiste spazio sufficiente per l'allineamento di tutti i denti permanenti. Gli incisivi centrali inferiori permanenti sono quasi sempre in contatto interprossimale al momento della loro eruzione. Superiormente invece, tra gli incisivi centrali permanenti può rimanere uno spazio, chiamato diastema, dopo l'eruzione dei denti permanenti. Un diastema centrale superiore tende a chiudersi spontaneamente quando erompono gli incisivi laterali, ma può persistere anche dopo l'eruzione di questi ultimi, soprattutto se sono già stati persi i canini decidui o se gli incisivi sono protrusi vestibolarmente. Questa è una di quelle varianti che rientrano nel modello di sviluppo dentale normale e si verifica con una frequenza tale da considerarsi quasi normale. Dal momento che gli incisivi così diastemati non sono piacevoli a vedersi, questa situazione è anche detta *stadio di sviluppo "del brutto anatroccolo"*.

I Denti permanenti del gruppo anteriore e i canini sono più larghi dei corrispondenti decidui, mentre i premolari sono più piccoli dei molari decidui che vanno a sostituire. Il secondo molare deciduo è mediamente 2 mm più largo del secondo premolare, mentre nell'arcata superiore il secondo molare deciduo è mediamente 1,5 mm più largo del secondo premolare. Questo spazio supplementare per l'elemento permanente è conosciuto come Spazio E. il primo molare deciduo è solo leggermente più largo del

primo premolare, ma contribuisce comunque a fornire 0.5 mm extra all'arcata mandibolare. Nell'arcata inferiore il risultato complessivo è mediamente la presenza di 2.5 mm di spazio disponibile per ogni lato, che costituisce il cosiddetto leeway space, mentre nell'arcata superiore è presente uno spazio di circa 1,5 mm. Bisogna però sempre tenere a mente che si parla di valori medi, che non sono quindi riscontrabili in tutti i pazienti. Quando si valuta la disponibilità degli spazi, le dimensioni relative dei molari decidui e permanenti dovrebbero perciò essere valutate mediante osservazione di una ortopantomografia. Quando vengono persi i secondi molari decidui, i primi molari permanenti si muovono in avanti mesialmente in modo relativamente rapido, utilizzando il leeway space. Questo diminuisce sia la lunghezza dell'arcata sia la sua circonferenza, che sono in relazione tra loro, ma non sono la stessa cosa, anche se spesso vengono confuse. Anche se è presente un affollamento a livello degli incisivi, il leeway space è normalmente occupato dal movimento mesiale dei primi molari permanenti. In questa fase esiste l'opportunità, con un trattamento ortodontico, di utilizzare il leeway space per risolvere l'affollamento. Il rapporto occlusali in dentizione mista sono simili a quelli in fase di dentatura permanente, ma i termini per descrivere tali relazioni sono un po' differenti. Il normale rapporto occlusale tra i primi molari decidui è il rapporto di testa a testa (flush terminal Plane). L'equivalente in dentizione decidua della Classe II di Angle è il rapporto di disto-occlusione (distal step). Il rapporto di mesio-occlusione (mesial step) corrisponde alla classe I di Angle. In Dentatura decidua non si osserva quasi mai un rapporto equivalente alla classe III di Angle, poiché nel normale modello di crescita craniofacciale il mascellare superiore rimane sempre davanti alla mandibola. Nei casi in cui invece accada è quasi sempre presente un'abbondante discrepanza tra le dimensioni della mandibola e della mascella. Nel momento in cui i secondi molari decidui vengono persi, sia i molari superiori sia quelli inferiori tendono a scivolare mesialmente occupando il leeway space; in questo movimento il molare inferiore si sposta più mesialmente rispetto all'antagonista. Questa differenza di movimento determina la transizione da un rapporto di testa a testa in dentizione mista verso un rapporto di classe I in dentatura permanente. La crescita differenziale della mandibola rispetto al mascellare superiore rappresenta un altro importante fattore nella transizione del rapporto molare. In questa fase, il modello di crescita è caratterizzato da una maggior crescita della mandibola rispetto al mascellare superiore, cosicché una mandibola relativamente deficitaria può

raggiungere gradualmente il mascellare superiore. So può immaginare che i denti superiori e inferiori siano posizionati su due piattaforme che si muovono nella medesima direzione, con la differenza che quella inferiore si muove un po' più velocemente rispetto a quella superiore. In fase di dentizione mista questo movimento differenziale porta la mandibola leggermente più avanti rispetto a quanto avviene per il mascellare superiore. Se un bambino raggiunge precocemente in dentizione mista il rapporto di testa a testa, sarà necessario un movimento di circa 3.5 mm da parte del molare inferiore perché questo raggiunge in modo agevole un rapporto di Classe I in dentatura permanente. Circa metà di questa distanza può essere fornita dalla crescita differenziale della mandibola che porta con sé il molare inferiore. Dalla combinazione di questi due fattori, la crescita differenziale della mandibola e la più accentuata mesializzazione del molare inferiore, si possono produrre solo piccoli cambiamenti del rapporto molare. Si tenga presente, comunque, che i fenomeni appena descritti sono caratteristici di un bambino con un modello di crescita normale.

## **CAPITOLO 2: EZIOPATOGENESI DELLA MALOCCLUSIONE, DIAGNOSI E TIMING DI TRATTAMENTO**

### **ULTIMI STADI DELLA CRESCITA: ADOLESCENZA E MATURAZIONE**

Come accennato nel capitolo 1, tra i concetti importanti nella crescita fisica e nello sviluppo è il timing. Le variazioni del timing nella crescita e nello sviluppo sono particolarmente evidenti nell'adolescenza. Alcuni bambini crescono rapidamente e maturano presto, completando la crescita velocemente. Altri bambini crescono e si sviluppano lentamente e, pur sembrando in ritardo nella crescita, col tempo possono raggiungere e addirittura superare chi prima si trovava più avanti di loro nella crescita.

Tutti i ragazzi presentano un picco di crescita adolescenziale e gli eventi più importanti dello sviluppo dentofacciale durante questa fase sono il passaggio dalla dentizione mista a quella permanente, l'accelerazione della crescita facciale complessiva e la crescita differenziale dei mascellari. Esiste una grande quantità di variazioni individuali, ma la pubertà e il picco di crescita adolescenziale avvengono in media quasi 2 anni prima nelle ragazze che nei ragazzi. Non è chiaro perché ciò avvenga, ma l'inizio della pubertà è un tratto altamente importante sul timing del trattamento ortodontico, che deve essere fatto prima nelle ragazze che nei ragazzi per sfruttare il picco di crescita. Nelle ragazze l'inizio delle mestruazioni (menarca) costituisce un eccellente indice di raggiungimento della maturità sessuale. Questa si accompagna, in generale, a un picco di crescita. A 11 anni, le ragazze precoci hanno già superato il picco di crescita adolescenziale, mentre quelle in ritardo non hanno ancora cominciato la crescita rapida tipica di questa fase. Questo tipo di variabilità temporale, che ha molte altre possibili manifestazioni, contribuisce in modo determinante alla variabilità complessiva.

Nella pianificazione di un trattamento ortodontico, può essere importante sapere quanta crescita scheletrica residua rimane a una data età cronologica, cosicché spesso si rende necessaria una determinazione dell'età scheletrica. Questo è particolarmente importante per la tempistica di trattamento in paziente di Classe II, perché questa terapia risulta più efficace se eseguita durante il picco di crescita adolescenziale. Una valutazione dell'età scheletrica deve basarsi sul grado di maturazione di marker presenti nel sistema scheletrico. Lo stadio di ossificazione delle ossa della mano e del polso è stato considerato per molti anni uno standard per l'individuazione dello sviluppo scheletrico. La radiografia della mano e del polso mostra un totale di circa 30 piccole ossa, ciascuna delle quali ha una sequenza nota di ossificazione. Mentre la valutazione di un singolo osso non è significativa, l'analisi complessiva del livello di maturazione delle ossa della mano, del polso e delle dita può fornire una descrizione abbastanza attendibile del grado di sviluppo di un bambino. Per fare ciò, la radiografia mano-polso del paziente è semplicemente paragonata con delle immagini radiografiche standard presente in un atlante (Tanner JM. 2001).

È stato dimostrato che certe fasi dello sviluppo di mano e polso coincidono al momento di rapida crescita adolescenziale della mandibola. Un simile metodo per stabilire l'età scheletrica si basa sull'osservazione delle vertebre cervicali, riprodotte in una radiografia

laterolaterale (metodo della maturazione vertebrale cervicale) (F. L. Baccetti T 2005). Dato che le radiografie laterolaterali sono eseguite di routine sui pazienti ortodontici, questo metodo ha il vantaggio di non necessitare di un'ulteriore esposizione a raggi X per identificare il picco di crescita adolescenziale. Sebbene alcuni studi abbiano messo in dubbio l'affidabilità e la validità della valutazione dell'età ossea dedotta dalle vertebre cervicali (Gabriel DB. 2009) con uno studio in particolare che afferma che questa ha la stessa precisione predittiva dell'età anagrafica (Gray S. Bennani H 2016), una serie di altre ricerche dichiara che la precisione intraosservatore e interosservatore è piuttosto buona, simile a quella garantita dalle radiografie del polso, e un recente studio prospettico ha fornito una revisione della letteratura e confermato questo risultato. (Rainey BJ 2016)

L'eventuale maggiore affidabilità della radiografia mano-polso per la valutazione dello stato di crescita rispetto al picco adolescenziale non giustifica la dose supplementare di radiazioni. Il metodo della maturazione vertebrale cervicale è più affidabile dell'età anagrafica per individuare il picco di crescita adolescenziale.

Durante la pubertà il mascellare superiore continua a spostarsi in avanti e in basso. Le strutture nasali subiscono lo stesso spostamento passivo del resto del mascellare. Tuttavia, il naso cresce più rapidamente rispetto al resto del volto. La crescita nasale è in parte dovuta a un aumento delle dimensioni della cartilagine del setto. Inoltre lo sviluppo delle cartilagini laterali modifica la forma del naso e contribuisce all'aumento delle dimensioni totali. Ma la crescita del naso è estremamente variabile tra i gruppi etnici o razziali e piuttosto variabile all'interno di tali gruppi. Non esistono dimensioni rigide per il naso, ma si può dire che più il naso è prominente più devono essere prominenti i mascellari perché sia presente un certo equilibrio.

Per quello che invece riguarda la mandibola, una delle caratteristiche è rappresentata dall'accentuarsi della prominenza del mento. In passato si riteneva erroneamente che ciò fosse dovuto principalmente all'apposizione di osso nella regione mentoniera. Sebbene piccole quantità di osso siano effettivamente apposte in questa sede, la variazione del contorno del mento interviene soprattutto perché l'area appena sopra il mento, situata tra quest'ultimo e la base del processo alveolare, è un'area di riassorbimento. L'aumento della prominenza del mento con la maturità deriva dalla combinazione della traslazione in avanti del mento, che segue la mandibola nel suo accrescimento, e dal riassorbimento

nella zona sovrastante con modifica del profilo stesso. Un'importante fattore che influenza l'entità della crescita in avanti della sinfisi è il grado di crescita che si verifica a livello della fossa glenoidea. Se l'area dell'osso temporale con cui la mandibola si articola si muove in avanti rispetto alla base cranica durante la crescita, si avrà un avanzamento della mandibola simile a quello che avviene per il mascellare superiore quando la base cranica cresce in avanti. Questo tipo di movimento si verifica comunque raramente. Di solito, la zona articolare si muove direttamente in basso o posteriormente, per cui la proiezione in avanti del mento si riduce, piuttosto che aumentare. (Agronin KJ 1987). Sia nel mascellare superiore che inferiore esiste una sequenza definita di completamento della crescita nei tre piani dello spazio (intendendo che la crescita è "completa" quando raggiunge i ritmi lenti caratteristici dell'età adulta). Prima la crescita si completa in ampiezza, poi in lunghezza e, infine in altezza.

La crescita in ampiezza di entrambi i mascellari, includendo l'ampiezza delle arcate dentali, tende a completarsi prima del picco di crescita ed è scarsamente influenzata dalle variazioni di crescita durante l'adolescenza. È opportuno ricordare che esiste un'eccezione a questa regola. I mascellari, crescendo in lunghezza posteriormente, allo stesso tempo aumentano in ampiezza. Per il mascellare superiore questo avviene principalmente a livello dei secondi molari e, laddove erompano, anche a livello dei terzi molari. Nella mandibola l'ampiezza intermolare e quella intercondilare presentano solo lievi incrementi durante la loro crescita in lunghezza. L'ampiezza anteriore della mandibola si stabilizza invece molto prima. La crescita in lunghezza e altezza dei mascellari continua nel periodo della pubertà. Nella ragazze il mascellare superiore cresce in basso e in avanti, mediamente fino ai 14-15 anni (più precisamente circa 2 o 3 anni dopo il menarca), poi tende a crescere principalmente in avanti (Solow B 1996)

In entrambi i sessi, la crescita in altezza del viso prosegue più a lungo rispetto a quella in lunghezza e termina più tardi, in particolare a livello mandibolare. Incrementi dell'altezza facciale, accompagnati dalla concomitante eruzione dei denti, si protraggono per tutta la vita, ma la riduzione della crescita tipica dell'età adulta (che per la crescita verticale è un intervallo sorprendentemente lungo, spesso non si verifica prima dei 20 anni nei maschi e talvolta prima nelle femmine

## **EZIOPATOGENESI DELLA MALOCCLUSIONE**

La malocclusione è una condizione clinica legata allo sviluppo. Nella maggior parte dei casi le malocclusioni e le alterazioni dentofacciali non sono causate da particolari processi patologici, bensì da lievi, o più raramente gravi, alterazioni del normale sviluppo. Per quanto riguarda i vari tipi di anomalie, gli specialisti in dismorfologia utilizzano il termine *deformazione* per descrivere l'interruzione del normale sviluppo di un tessuto originariamente sano. Il termine *malformazione* è invece riferito a tessuti che fin dall'inizio presentano uno sviluppo anomalo. Le malocclusioni possono essere causate da una singola causa specifica, quali una deformazione( come, ad esempio, un deficit della mandibola secondario a una frattura della stessa in età infantile) o una malformazione( correlata ad esempio ad una determinata sindrome genetica). Generalmente, però, le malocclusioni sono il risultato di una complessa interazione tra molteplici fattori che influenzano la crescita e lo sviluppo e risulta impossibile individuare uno specifico fattore eziologico. Sebbene sia difficile riconoscere le cause delle malocclusioni, conosciamo i fattori eziologici generali, che pertanto devono essere presi in considerazione quando decidiamo un piano di trattamento ortodontico. I fattori eziologici delle malocclusioni possono essere distinti in tre gruppi principali: cause specifiche, fattori ereditari e fattori ambientali.

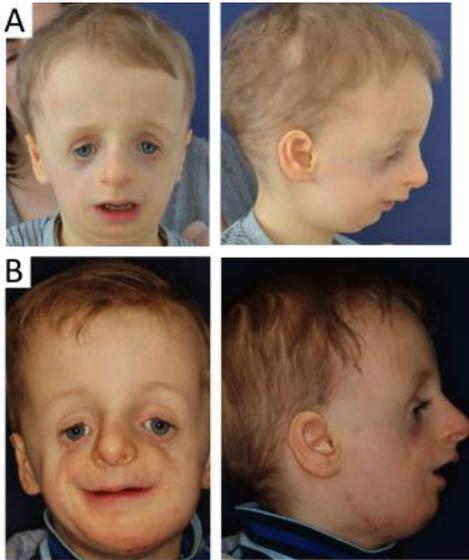
### **FATTORI FARMACO-RELATI E GENETICI**

I difetti di sviluppo embrionale generalmente provocano l'aborto dell'embrione. Ben il 20% delle interruzioni precoci di gravidanza è conseguente a difetti embrionali incompatibili con la vita e spesso ciò avviene tanto precocemente che la madre non si accorge neppure dell'avvenuto concepimento. Nonostante la maggior parte dei difetti di sviluppo embrionale sia di origine genetica, anche le influenze ambientali sono importanti. Gli agenti chimici e di altra natura in grado di produrre difetti embrionali sono definiti teratogeni se intervengono in un momento critico dello sviluppo. I farmaci che non interferiscono con il normale sviluppo, ma che a dosi elevate provocano l'aborto dell'embrione, non possono essere definiti teratogeni. Gli agenti teratogeni generalmente provocano difetti specifici se presenti a bassi livelli, ma se somministrati a dosi più elevate

hanno effetti letali. Gli agenti teratogeni noti che determinano problemi ortodontici sono: aminopterina, aspirina, fumo di sigaretta, citomegalovirus, dilantin, alcol etilico, 6-mercaptopurina, 13-cis acido retinoico, Rubella virus, Talidomide, Toxoplasma, Raggi X, Valium, Eccesso di Vitamina D.

Tra questi agenti, il più recentemente aggiunto è il Virus Zika che provoca microcefalia, quadro clinico molto diffuso nel panorama delle anomalie cranio-facciali. Questi agenti provocano danni soprattutto sulla cresta neurale e le possibilità di interferenze da parte dei farmaci in questo processo sono state dimostrate chiaramente da esperienze negative. Negli anni Sessante e Settante, l'esposizione alla talidomide causò gravi difetti congeniti provocando anomalie facciali in migliaia di bambini. È importante sottolineare che l'insulto che provoca questi difetti avviene ancora prima che la madre sappia di essere incinta. Dal 2010 ad oggi il virus Zika ha provocato migliaia di casi di microcefalia causati da un impedimento al regolare sviluppo del cervello. L'esposizione a questo virus può compromettere lo sviluppo cerebrale in qualsiasi fase della gravidanza, non esclusivamente durante l'embriogenesi. In aggiunta ai deficit della cresta neurale provocati da farmaci, anche le alterazioni genetiche possono influire negativamente su queste cellule e determinare anomalie craniofacciali. Un esempio è rappresentato dalla sindrome Di Treacher-Collins, caratterizzata da una riduzione dei livelli di tessuto mesenchimale, soprattutto a livello laterale del viso. Anche la microsomia craniofacciale (o microsomia emifacciale) è contraddistinta dall'arresto di sviluppo nelle aree laterali del volto. Tipicamente l'orecchio esterno risulta deformato, così come sono deficitari o mancanti il ramo mandibolare e i tessuti molli a esso connessi (muscoli, fasce). Nonostante l'asimmetria della faccia sia la più evidente, sono coinvolte anche le strutture craniali così come quelle facciali. L'eziopatogenesi della macrosomia craniofacciale è stata ampiamente indagata e i sistemi modello suggeriscono che la causa principale è l'insulto alle popolazioni cellulari necessarie per il corretto sviluppo del primo arco faringeo(mandibolare) e non esclusivamente le cellule della cresta neurale (Brandstretter KA 2016). Oltre alla loro importanza per lo sviluppo del volto le cellule della cresta neurale migrano attraverso gli archi inferiori(faringei) e svolgono un ruolo decisivo nella formazione del cuore e dei grandi vasi. Questo è il motivo per la concomitante presenza di anomalie craniofacciali e difetti cardiaci, come nel caso della tetralogia di Fallot.

Tra i difetti congeniti più comuni che coinvolgono il viso e le ossa mascellari, secondi per frequenza tra tutte le malformazioni congenite solamente al piede torto, vi sono le schisi del labbro e/o del palato. Per gli odontoiatri e gli ortodontisti è importante capire la causa di queste condizioni poiché i bambini che presentano una labioschisi e spesso pazienti con palatoschisi necessiteranno di un trattamento ortodontico particolarmente esteso



*Figura 15 paziente di 4 anni prima e dopo la distrazione mandibolare ( (Marszalek-Kruk 2021)*

Tra le malformazioni congenite che coinvolgono il distretto cranio facciale e che colpiscono primo e secondo arco branchiale, oltre a Treacher Collins e cheilo-gnato-palato-schisi si ricordano anche la Sindrome di Goldenhar, Sindrome di Pierre Robin, Sindrome di Waardenburg,

Nella sequenza di Pierre Robin si manifesta la seguente triade: microgenia con retrognazia, glossoptosi e frequente (ma non obbligatoria, palatoschisi). A causa dell'iposviluppo della lingua e della posizione arretrata della mandibola, la lingua perde la sua naturale posizione per una insufficienza funzionale del muscolo genioglosso e degli altri muscoli agonisti, cade in basso e indietro occupando il meso e ipofaringe. Questo comporta fin dai primi giorni di vita l'insorgenza di gravi attacchi di dispnea e cianosi con retrusione sternale e l'insorgenza di polmonite ab ingestis, causa di morte in un buon numero di casi.

Nelle schisi si ha una mancata fusione di determinate strutture biologiche in fase embrionale. In particolare la porzione di processo mediale che si trova in prossimità della cavità orale in fase di sviluppo (stomodeo) è detta segmento premascellare. Nella formazione dei margini dello stomodeo intervengono altre due strutture: la porzione più mediale del processo mascellare e il processo mandibolare, che costituisce la maggior parte del primo arco faringeo. L'unione dei processi laterali nasali e mascellari con il segmento premascellare è una condizione necessaria affinché avvenga una normale formazione di labbro e palato. Il filtro del labbro superiore e la cresta alveolare che contiene gli incisivi centrali originano dal segmento premascellare invece gli incisivi laterali originano dal tessuto mascellare (Sulik KK. 2017) (Hovorokova M 2006). Le schisi labiali possono essere monolaterali o bilaterali, complete o incomplete. Una schisi completa si estende fra gli incisivi laterali superiori ed è possibile che siano presenti assenze di porzioni degli incisivi stessi in uno o entrambi i lati della schisi. Per quanto riguarda il labbro, la chiusura solitamente avviene entro la settima settimana di gestazione, mentre il palato secondario si chiude all'inizio del periodo di sviluppo fetale (nella nona e decima settimana). Circa il 60% dei soggetti con labioschisi presenta anche una palatoschisi dovuta alla mancata unione dei processi mascellari, derivati dai processi palatali secondari. Questa può essere il risultato di una concomitante anomalia del tessuto del labbro o del palato primario e del tessuto del palato secondario, oppure può dipendere da un'eccessiva larghezza della faccia, causata dalla labioschisi, che tiene le creste palatine troppo lontane l'una dall'altra affinché possano unirsi nel rafe mediano. I processi del palato secondario inizialmente sono molto lontani tra loro. Per potersi unire a livello del rafe, è necessario il posizionamento dei processi al di sopra della lingua. Le cause conosciute della schisi sono molteplici, inclusa l'esposizione ad alcuni agenti teratogeni. Tra i fattori di rischio bisogna annoverare il vizio del fumo da parte materna (Li Z 2010)

Oltre alle schisi di labbro e palato, si possono verificare altri casi di mancata formazione o unione dei processi facciali (Tessier P 1976). Esempi sono la macrostomia, dovuta a un difetto a livello della giunzione tra le propaggini laterali dei processi mascellari e mandibolari, che possono essere dovuti a uno sviluppo insufficiente di uno o entrambi questi centri di crescita; e le schisi facciali oblique dovute a difetti di fusione tra i centri di crescita del mascellare e del nasale laterale o del mascellare. Le sindromi

craniosinostosiche sono un altro gruppo principale di malformazioni craniofacciali che diventano evidenti durante il periodo fetale (Utria AF 2015). Sono il risultato di una chiusura precoce delle suture tra specifiche ossa della regione craniofacciale e possono essere causate da diverse mutazioni che coinvolgono i geni del recettore del fattore di crescita dei fibroblasti. La chiusura precoce di una sutura, detta sinostosi, conduce a deformazioni particolari, correlate con la zona in cui avviene questa chiusura. In questi casi è necessario un intervento chirurgico per separare le aree prematuramente fuse e mantenere le normali caratteristiche della testa e le corrette proporzioni tra i diversi settori del viso (Helman SN 2014).

Il momento ideale per intervenire chirurgicamente a livello delle suture fuse è tra i 6 e 9 mesi dalla nascita. La precoce fusione delle suture tra le ossa dello splancnocranio e del neurocranio solitamente, ma non sempre, coincide con la fusione delle suture craniche e , in questi casi, è anche richiesto un avanzamento delle orbite oltre alla riapertura delle suture. In questo gruppo di anomalie, la sindrome di Crouzon è la più frequente. È dovuta a una mutazione del recettore 2 del fattore di crescita dei fibroblasti sul cromosoma 1 ed è caratterizzata da un iposviluppo del terzo medio della faccia e da una notevole sporgenza degli occhi dalle orbite. La sindrome origina in seguito a una fusione prematura delle suture superiori e posteriori del mascellare superiore attorno alle pareti delle cavità orbitarie. Le fusioni premature spesso si estendono posteriormente nel cranio, producendo facilmente deformità della volta cranica. La fusione nell'area orbitale impedisce la traslazione del mascellare superiore verso il basso e in avanti, ed esita in un grave iposviluppo del terzo medio della faccia.

## **FATTORI AMBIENTALI**

Le lesioni che si manifestano alla nascita possono essere distinte in due gruppi principali: deformazioni per compressione intrauterina e traumi mandibolari durante il parto.

**Nella compressione intrauterina** le strutture facciali in via di sviluppo in fase prenatale possono essere soggette ad alterazioni. Raramente nell'utero un braccio del feto può essere schiacciato contro la faccia e determinare alla nascita un grave deficit mascellare. Può succedere che la testa del feto si fletta eccessivamente sul torace, impedendo così un normale sviluppo in avanti della mandibola. Ciò può avvenire per varie ragioni come la

riduzione del volume del liquido amniotico. La conseguenza di tale situazione generalmente accompagnata da una palatoschisi, poiché la limitazione dell'avanzamento mandibolare posiziona la lingua in alto, impedendo la normale chiusura dei processi palatini. Questo deficit mandibolare così grave alla nascita viene definito anomalia o sindrome di Pierre Robin. Non è una sindrome ben definita, infatti esistono molteplici cause che possono portare alla stessa sequenza di eventi che determinano tale sindrome. Il ridotto volume della cavità orale potrebbe portare a difficoltà respiratorie alla nascita con la necessità di effettuare una tracheostomia per permettere al neonato di respirare. Recentemente in bambini appena nati gravemente compromessi è stato utilizzato l'avanzamento mandibolare precoce attraverso la distrazione osteogenica, per fornire più spazio alle vie respiratorie in modo da poter chiudere la tracheostomia. Poiché la pressione contro il viso che ha causato il problema di sviluppo cessa dopo la nascita, in seguito può avvenire uno sviluppo normale e talvolta persino un completo recupero. Alcuni bambini con sindrome di Pierre Robin alla nascita hanno una crescita mandibolare favorevole durante l'infanzia, ma tipicamente persiste una mandibola più piccola della norma.

**I traumi mandibolari alla nascita** invece sono stati spesso associati a molti pattern di anomalie facciali, oggi riconosciuti come secondari ad altre cause. In alcuni parti complicati il ricorso al forcipe può provocare danni a una o a entrambe le articolazioni temporomandibolari (ATM). In teoria, una forte pressione nell'area delle articolazioni potrebbe causare un'emorragia interna, una perdita di tessuto e un conseguente iposviluppo mandibolare. Questa spiegazione un tempo era piuttosto comune per il deficit mandibolare. Se la cartilagine del condilo mandibolare fosse un importante centro di accrescimento, naturalmente il rischio derivante dai danni in un'area così critica sarebbe molto maggiore. Tuttavia, alla luce delle recenti scoperte secondo cui la cartilagine condilare non sempre essere di importanza critica per lo sviluppo corretto della mandibola, non è così facile attribuire l'iposviluppo mandibolare a eventuali lesioni da parto. I bambini con alterazioni che coinvolgono la mandibola sono verosimilmente affetti da una sindrome congenita.

In età infantile, le **cadute e i traumi** sono frequenti, il collo del condilo mandibolare è particolarmente vulnerabile e la frattura di quest'area a questa età è relativamente comune. Fortunatamente il processo condilare tende a rigenerarsi bene dopo le fratture in età precoce. La frattura del condilo unilaterale è molto più frequente di quella bilaterale. Sembra essere relativamente comune per un bambino cadere dalla bicicletta, scheggiarsi un dente e fratturarsi un condilo, ma la crescita in genere continua normalmente, con una totale rigenerazione del condilo. Spesso la diagnosi di frattura condilare non viene fatta. Il problema che si riscontra solitamente in seguito alla frattura condilare è una crescita asimmetrica, con il lato colpito che cresce deficitario. Dopo un trauma, se intorno all'ATM persiste una cicatrice tale da ridurre la traslazione del condilo, impedendo quindi alla mandibola di avanzare quanto il resto della faccia in crescita, lo sviluppo successivo sarà limitato.

È suggerito che il vantaggio della riduzione chirurgica di una frattura del condilo in un bambino sarebbe limitato o nullo. Inoltre gli esiti cicatriziali derivanti dall'intervento chirurgico potrebbero ulteriormente peggiorare la situazione. Il miglior trattamento consiste quindi in una terapia conservativa al momento della lesione e in una precoce mobilizzazione della mandibola per minimizzare ogni limitazione di movimento. tuttavia, se si osserva un deficit di crescita, è necessario il trattamento precoce. Una pregressa frattura condilare in età pediatrica è probabilmente la causa principale di una crescita mandibolare asimmetrica, ma altri processi degenerativi che coinvolgono le ATM, come artrite reumatoide o l'assenza congenita di tessuto come nella microsomia emifacciale, possono determinare tale problema.

**Le disfunzioni muscolari** possono influenzare la crescita mandibolare in due modi. In primo luogo, la formazione di osso nei punti di inserzione del muscolo dipende dall'attività del muscolo stesso; in secondo luogo, la muscolatura è una componente importante della matrice di tessuto osseo, la cui crescita normalmente guida i mascellari in basso e in avanti. L'assenza di una parte della muscolatura è spesso il risultato di un danno al nervo motorio. L'effetto potrebbe essere lo sviluppo insufficiente di quella parte del volto, con un deficit dei tessuti molli e duri. Il risultato di tali disfunzioni muscolari è un'asimmetria facciale causata dalla limitazione della crescita del lato interessato, che può essere molto grave se non si interviene chirurgicamente in età precoce sui muscoli contratti (Yu CC 2004). Al contrario, una maggiore diminuzione dell'attività muscolare

tonica permette un eccessivo spostamento dei mascellari. Ne conseguono generalmente un accrescimento verticale eccessivo, una distorsione delle proporzioni facciali e della forma della mandibola, una sovraeruzione dei denti posteriori, un restringimento dell'arco mascellare e un grave open bite anteriore. (Kiliaridis S 1998)

## **AGENESIE CONGENITE**

Sono dovute ad alterazioni che si verificano durante gli stadi iniziali di sviluppo del dente: formazione del germe e proliferazione. L'anodonzia, rappresenta la forma estrema. Il termine oligodonzia invece indica l'assenza congenita di molti ma non di tutti i denti, mentre il termine ipodonzia indica l'assenza di pochi denti. Poiché i denti decidui danno origine ai germi dei permanenti, l'assenza dei denti decidui indicherà la mancanza anche dei permanenti corrispondenti. In altri casi invece i decidui sono in arcata e solo i permanenti sono agenesici

## **DENTI MALFORMATI E SOVRANNUMERARI**

. Le anomalie di dimensione e di forma dentale sono il risultato di alterazioni che si verificano durante lo stadio di differenziazione morfologica, forse con qualche influenza derivante già dallo stadio di differenziazione istologica. L'anomalia più frequente è rappresentata da una modificazione delle dimensioni, soprattutto degli incisivi laterali superiori e dei secondi premolari superiori. Circa il 5% di tutta la popolazione presenta una significativa "discrepanza della dimensione dentale, con la presenza di una sproporzione tra i denti superiori e inferiori. Se i denti non sono proporzionati tra di loro, l'occlusione ideale è impossibile. Come ci si potrebbe aspettare, gli incisivi laterali superiori sono i denti con una più alta variabilità e, quindi, i più colpiti. Anche i denti sovranumerari derivano da alterazioni dello sviluppo dentale durante gli stadi di inizio e proliferazione e possono essere parte di un più ampio processo o sindrome patologica, oppure essere un caso isolato, allo stesso modo delle agenesie. Il dente sovranumerario più frequente compare a livello della zona mediana del mascellare e viene definito mesiodens. Ovviamente la presenza di un sovranumerario può disturbare notevolmente il normale sviluppo oclusale e generalmente è necessario un intervento precoce per rimuoverlo, al fine di ottenere un allineamento accettabile e rapporti oclusali ideali.

Nella sindrome congenita della displasia cleidocranica, la presenza di sovranumerari è molto frequentemente descritta.

## **DISLOCAMENTO TRAUMATICO**

Le cadute sono un'evenienza frequente nei bambini e spesso gli elementi dentari subiscono un trauma durante il periodo di formazione degli stessi. Quando un trauma a un dente deciduo disloca la gemma di un dente permanente sottostante, vi sono due possibili conseguenze. In primo luogo, se il trauma si verifica durante la formazione della corona del permanente, si avrà un'alterazione della formazione dello smalto e ne risulterà un difetto nella corona del dente permanente. In secondo luogo, se il trauma avviene quando la corona si è già formata, questa potrebbe dislocarsi rispetto alla radice. La formazione della radice potrebbe arrestarsi e la radice potrebbe rimanere permanentemente corta. Tuttavia più frequentemente la formazione radicolare continua ma la restante porzione della radice forma un angolo rispetto alla corona dislocata dal trauma. Tutto questo genera spesso una distorsione della forma della radice definita dilacerazione. Se la distorsione della radice è sufficientemente grave, è impossibile che la corona possa assumere la sua posizione corretta. In questi casi potrebbe essere necessario estrarre un dente gravemente dilacerato. Nei bambini i denti permanenti dislocati a causa di un trauma dovrebbero essere riposizionati il più presto possibile. Immediatamente dopo l'incidente, un dente intatto può generalmente essere reimpiantato nella sua posizione originaria rapidamente e facilmente. Dopo la guarigione che varia da 2 a 3 settimane risulta difficile riposizionare il dente e l'anchilosi che può svilupparsi rende impossibile il riposizionamento.

## **FATTORI EZIOLOGICI AMBIENTALI E COMPORTAMENTALI DELLA MALOCCLUSIONE**

Le influenze ambientali durante la crescita e lo sviluppo facciali, mascellari e dentali consistono prevalentemente nelle pressioni e nelle forze connesse all'attività fisiologica. Una correlazione tra la forma anatomica e la funzione fisiologica è evidente in tutte le specie animali. Come testimoniano i reperti fossili, nel corso dell'evoluzione si rilevano notevoli adattamenti dei mascellari e dell'apparato dentale. Le relazioni tra la forma e la

funzione tipiche dell'evoluzione sono controllate geneticamente e, sebbene siano importanti per una comprensione generale delle caratteristiche umane, non sono riconducibili alle variazioni individuali dalla norma, che avvengono attualmente. D'altro canto vi sono molte ragioni per sospettare che le relazioni forma-funzione durante la vita di un individuo possano avere un ruolo significativo nel processo eziologico di una malocclusione o di malformazioni dentofacciali. Sebbene i cambiamenti nella struttura corporea siano minimi, un soggetto che pratica un'attività fisica intensa durante l'adolescenza possiede una muscolatura più forte un sistema scheletrico più possente rispetto a un soggetto sedentario. Se la funzione fosse in grado di alterare la crescita mandibolare, allora una funzionalità alterata sarebbe la causa principale delle malocclusioni, e logicamente esercizi masticatori e altre forme di terapia fisica sarebbero determinanti nel trattamento ortodontico. Se tuttavia la stimolazione funzionale non genera alcuna differenza sul modello di sviluppo di un individuo, alterare la funzione mandibolare del paziente gioverebbe poco, non essendoci alcuna relazione da un punto di vista sia eziologico sia terapeutico. Vista l'importanza che assume questo elemento nell'ortodonzia moderna, una particolare attenzione viene quindi dedicata ai potenziali contributi della funzione al processo eziologico di una malocclusione e alla possibile recidiva dopo il trattamento.

Le leggi della fisica indicano che un oggetto sottoposto a una forza non equilibrata sarà accelerato e mosso in una posizione differente nello spazio. Da ciò deriva che se un qualsiasi oggetto è sottoposto a un insieme di forze ma rimane nella stessa posizione, queste forze devono essere in equilibrio. Data la premessa è ovvio che la dentizione è in equilibrio dal momento che i denti, in circostanze normali sono soggetti a forze di diverso tipo che non provocano il loro spostamento. L'efficacia stessa del trattamento ortodontico è una dimostrazione che le forze che si esercitano normalmente sulla dentizione sono in equilibrio. I denti normalmente sono sottoposti a continue forze quando si mastica, si deglutisce e si parla, ma non si muovono. Un dente, se è sottoposto a una forza continua mediante l'applicazione di un'apparecchiatura ortodontica, si muove, e quindi la forza applicata dall'ortodontista ha alterato l'equilibrio. Una considerazione fondamentale è che le strutture di supporto della dentatura ( legamento parodontale e osso alveolare) sono in grado di sopportare forze pesanti di breve durata come quelle esercitate durante la masticazione. Durante la masticazione, il fluido nello spazio del Legamento agisce come

ammortizzatore, in modo da evitare che i tessuti molli siano compressi, nonostante la flessione dell'osso alveolare. Solo se la pressione+ mantenuta per un periodo sufficientemente lungo da far fuoriuscire il fluido, vi è un impatto sui tessuti molli. Quando si avverte dolore, la pressione viene rilasciata e il fluido fluisce prima del successivo carico masticatorio. Il risultato è che solo forze leggere di lunga durata(6 ore circa al giorno) sono necessarie per determinare uno squilibrio delle forze sufficiente per il movimento ortodontico. Questo significa che si dovrebbe aspettare uno spostamento dentale se l'equilibrio tra la pressione della lingua e la pressione delle labbra/guance è modificato. È facile dimostrare che ciò si verifica realmente. Se, ad esempio, il tessuto molle del labbro subisce una cicatrizzazione in grado di provocare uno stato di contrazione del labbro stesso, gli incisivi vicini vengono 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 che non trova alcuna opposizione. L'ipertrofia della lingua conseguente a un tumore o a un'altra causa avrà come risultato uno spostamento vestibolare dei denti, anche se le labbra e 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 avere un impatto significativo sulla posizione dentale. Infatti, come già osservato per le forze masticatorie, l'entità della pressione sarebbe sufficiente a spostare un dente, ma la durata è insufficiente. Le considerazioni sull'equilibrio valgono anche per le strutture scheletriche, comprese quelle facciali. Alcune modificazioni scheletriche si verificano in circostanze normali a seguito di una richiesta funzionale e sono amplificate da situazioni sperimentali insolite. 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 + svolto un lavoro intenso e diminuisce in sua assenza.

La pressione generata dalla funzione masticatoria è un fattore potenzialmente significativo nella determinazione dello sviluppo facciale per due motivi: un utilizzo maggiore dei mascellari con forze occlusali più pesanti e più prolungate potrebbe causare un aumento delle dimensioni dei mascellari e delle arcate dentali oppure un utilizzo minore dei mascellari potrebbe portare a un deficit di sviluppo delle arcate dentali, affollamento e anomalie dentali. La conseguente diminuzione delle forze masticatorie potrebbe influenzare l'entità di eruzione dentale e di conseguenza l'altezza facciale inferiore e i rapporti di overbite/openbite. La dimensione e la forma dei processi muscolari dei mascellari corrispondono alle dimensioni e all'attività dei muscoli stessi. Ad esempio si può osservare un aumento degli angoli goniaci mandibolari in persone con ipertrofia dei muscoli elevatori della mandibola e cambiamenti nella forma dei processi coronoidi nei bambini quando la funzione dei muscoli temporali viene alterata in seguito a traumi. Al contrario le forze pesanti intermittenti prodotte durante la masticazione dovrebbero avere un minimo effetto direttamente sulla posizione dei denti e di conseguenza la dimensione delle arcate dentali potrebbe essere influenzata dalla funzione solo se le basi ossee sono state ampliate. L'attività masticatoria è in grado di influenzare l'ampiezza delle basi ossee delle arcate dentali entro certi limiti. Sembra probabile che le differenze tra i diversi gruppi razziali riflettano le differenze nella dieta e la conseguente attività masticatoria. Le modificazioni delle dimensioni craniofacciali avvenute con l'aumento della civilizzazione sono state spiegate con l'evoluzione della dieta alimentare (Larsen CS. 1997). A tal proposito anche Corruccini definisce la malocclusione un "disturbo della civilizzazione" (Corruccini RS. 1991). Esperimenti condotti su animali confrontando l'alimentazione a base di cibi molli e duri mostrano che i cambiamenti morfologici possono verificarsi all'interno di una singola generazione quando la dieta è modificata in modo sostanziale. Ad esempio, quando un maiale viene nutrito con cibi soffici piuttosto che con una dieta normale, si modifica la morfologia dei mascellari nell'orientamento delle basi ossee rispetto al resto del cranio e nelle dimensioni delle arcate dentali (Ciochon RI 1997)

**Suzione e altri abitudini viziate.** Quasi tutti i bambini per procurarsi piacere assumono l'abitudine di succhiare il dito e, come regola generale, l'abitudine alla suzione durante

gli anni della dentatura decidua ha pochi se non nessun effetto a lungo termine. Se tuttavia queste abitudini persistono fino all'eruzione della dentatura permanente è probabile che si sviluppi una malocclusione caratterizzata da incisivi superiori vestibolarizzati e un'arcata superiore stretta. La malocclusione tipicamente associata alla suzione deriva da una combinazione della pressione diretta sui denti con un'alterazione della pressione delle guance e delle labbra durante il riposo (Dogrammaci EJ 2016). Quando un bambino inserisce il pollice o un altro dito tra i denti, solitamente questo è inclinato secondo un angolo e spinge lingualmente gli incisivi inferiori e vestibolarmente i superiori. Ci può essere una grande variabilità su quanto e quali denti sono interessati. Secondo la teoria dell'equilibrio, ci si potrebbe aspettare che l'entità del dislocamento dei denti sia correlata soprattutto con il numero di ore di suzione al giorno, piuttosto che con l'entità della pressione. I bambini che succhiano con forza, ma in maniera intermittente, potrebbero non avere incisivi malposizionati, mentre altri, in particolar modo quelli che dormono tutta la notte con il pollice o un dito tra i denti, possono riportare una grave malocclusione.

L'openbite anteriore associato alla suzione del pollice deriva dalla combinazione di un'interferenza nella normale eruzione degli incisivi con un'eccessiva eruzione dei denti posteriori. Per consentire al pollice o 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 in una maggiore eruzione dei denti posteriori. 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'openbite anteriore. Sebbene durante la suzione si crei all'interno della bocca una pressione negativa, questa non può essere considerata responsabile del restringimento dell'arcata superiore che solitamente si accompagna all'abitudine della suzione. 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 lingua contro la zona linguale dei denti superiori posteriori. Allo stesso tempo la pressione delle guance contro questi denti è incrementata dalla contrazione del buccinatore durante la suzione. La pressione delle guance è maggiore agli angoli della bocca e questo probabilmente spiega perché l'arcata mascellare tende ad assumere una forma a V, con una maggiore

costrizione a livello dei canini piuttosto che dei molari. Un bambino che succhia il dito con energia avrà più probabilità di avere un'arcata superiore stretta rispetto a un altro che appoggia semplicemente il pollice tra i denti. Un dislocamento medio degli incisivi decidui si può riscontrare spesso in un bambino di 3-4 anni che succhia il pollice ma, se la suzione cessa in questa fase, si ricostituisce l'equilibrio tra la pressione del labbro e quella delle guance, per cui i denti tornano presto nella loro normale posizione. Se l'abitudine persiste dopo l'eruzione degli incisivi permanenti, può essere necessario un trattamento ortodontico per risolvere il malposizionamento dentale. La contrazione dell'arcata superiore è probabilmente l'aspetto della malocclusione che ha meno probabilità di correggersi spontaneamente. In molti bambini, se si effettua un'espansione trasversale dell'arcata superiore, sia la protrusione degli incisivi sia l'openbite anteriore migliorano spontaneamente. Naturalmente non vi è motivo di iniziare il trattamento ortodontico prima che l'abitudine sia stata interrotta. All'epoca di Angle, si pensava che una delle principali cause di malocclusione di Classe II fosse una "posizione abituale durante il sonno" in cui il peso della testa preme sul mento. Inoltre si riteneva che le asimmetrie facciali potessero essere attribuite all'abitudine di dormire sempre su un lato o ad "abitudini posturali", come quando un bambino disattento a scuola appoggia un lato della faccia sulla mano per sonnecchiare senza cadere dalla sedia. Non è facile deformare la struttura scheletrica facciale di base nei modi appena descritti. L'abitudine alla suzione spesso supera in durata la soglia minima necessaria a produrre effetti sui denti ma, anche quando la suzione è prolungata, essa non può modificare se non minimamente la struttura di base dei mascellari. Con un'attenta analisi si è potuto concludere che la maggior parte delle altre abitudini viziate ha una durata tanto breve che è improbabile che provochi effetti sui denti, né tanto meno effetti scheletrici significativi.

**Interposizione linguale.** La deglutizione con interposizione della lingua, detta anche deglutizione atipica, è caratterizzata dal posizionamento della punta della lingua tra gli incisivi durante la deglutizione. Gli effetti deleteri che questa può causare spesso vengono considerati come causa di malocclusione, malgrado diversi studi abbiano dimostrato l'inesistenza di tale relazione. Studi di laboratorio indicano che gli individui che interpongono la lingua tra i denti durante la deglutizione non producono una pressione sui denti maggiore rispetto a quelli che hanno una deglutizione normale, anzi forse la pressione è addirittura minore (WR 1972). Il termine *interposizione della lingua* è

pertanto impreciso, poiché implica che vi sia una pressione forzata della lingua in avanti. La deglutizione non è un atteggiamento appreso ma è definito e controllato fisiologicamente a livello inconscio, cosicché, qualunque sia il modello di deglutizione, esso non può essere considerato propriamente un'abitudine. È pur vero che gli individui caratterizzati da open bite anteriore evidenziano una deglutizione atipica, a differenza di coloro che hanno una normale relazione interincisale e taluni imputano la causa della malocclusione alla presenza di questo modello di deglutizione. Il modello di deglutizione matura o adulta compare in alcuni bambini più precocemente all'età di 3 anni ma, nella maggior parte di questi, non è presente fino all'età di 6 anni e non è raggiunto nel 10-15% della popolazione. Poiché i movimenti coordinati della lingua posteriore e l'elevazione della mandibola tendono a svilupparsi prima che scompaia l'abitudine a protrudere la lingua tra gli incisivi, l'interposizione della lingua nei bambini rappresenta spesso uno stadio di transizione del modello di deglutizione. Durante la transizione della deglutizione dal modello infantile a quello adulto, è probabile che un bambino attraversi uno stadio in cui la deglutizione è caratterizzata da un'attività muscolare che porta a contatto le labbra, separa i denti posteriori e interpone la lingua tra i denti. Nei bambini che hanno l'abitudine della suzione, ci si può aspettare un ritardo nel passaggio a una deglutizione di tipo adulto. Se è presente un open bite anteriore e/o una protrusione degli incisivi superiori, come si verifica facilmente quando esiste l'abitudine alla suzione, 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 e interporre la lingua tra i denti rappresentano una manovra efficace per creare un sigillo anteriore della bocca. In altre parole l'interposizione della lingua durante la deglutizione è un adattamento fisiologico all'openbite ed è anche il motivo per il quale un soggetto con morso aperto presenta l'interposizione linguale. Questo atteggiamento è però spesso attuato anche da bambini con una buona occlusione anteriore. Quando si interrompe l'abitudine alla suzione, l'open bite tende a chiudersi spontaneamente, ma la predisposizione a protrudere la lingua durante la deglutizione persiste per un po' di tempo durante la correzione dell'open bite. Finché l'open bite non è scomparso completamente, rimane necessario un sigillo anteriore da parte della punta della lingua. La deglutizione atipica, dunque, si evidenzia soprattutto in due situazioni: 1) nei bambini più piccoli con occlusione normale in cui è presente solo uno stadio di transizione nello sviluppo fisiologico; 2) nei soggetti di qualunque età con malposizione

degli incisivi in risposta allo spazio tra i denti. La presenza di un overjet aumentato e di un openbite anteriore condiziona spesso un bambino o un adulto a posizionare la lingua tra e arcate. L'interposizione linguale sembra essere il risultato della malposizione degli incisivi e non la causa. Ne consegue che la correzione della posizione dei denti dovrebbe modificare anche il modello di deglutizione e ciò è quello che in effetti avviene. Inoltre non è necessario né consigliabile cercare di insegnare al paziente una diversa modalità di deglutizione prima di iniziare il trattamento ortodontico. La deglutizione atipica di per sé non è perciò causa ma effetto di un openbite anteriore in quanto, se sommati i secondi in cui si deglutisce al giorno, e considerando che si deglutisce in media 1000 volte al giorno, si arriverebbe a un'azione pressione della lingua contro i denti di qualche minuto, insufficienti a provocare un effetto significativo. Diverso il discorso se si considera una posizione alterata della lingua a riposo perennemente contro i denti. In questi casi, anche se la pressione esercitata è lieve, essendo molto costante nel tempo, può provocare effetti deleteri come, per esempio, nei frenuli linguali corti che, impedendo alla punta della lingua di salire fino alle rughe palatine nell'atto della deglutizione, spinge già a riposo contro i denti superiori.

**Respirazione Orale.** La necessità di respirare è il primo fattore che determina la postura dei mascellari e della lingua. Per questo motivo sembra assolutamente ragionevole che un pattern respiratorio alterato, come la respirazione orale al posto di quella nasale, possa cambiare la postura della testa, della mandibola e della lingua. Ciò, a sua volta, può alterare l'equilibrio delle pressioni che si sviluppano sui mascellari e sui denti, e influenzare la posizione dei denti e la crescita delle basi ossee. 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, ne deriverebbero tre conseguenze: 1) altezza facciale aumentata e denti posteriori eccessivamente erotti; 2) postero-rotazione mandibolare che creerebbe un openbite anteriore e un overjet aumentato; 3) contrazione arcata superiore da aumentata pressione per stiramento delle guance. Il caso appena descritto è quello associato alla maggior parte dei casi caratterizzati da respirazione orale. Si parla in questi casi di *Facies adenoidea*. Sfortunatamente la relazione tra la respirazione orale, la postura alterata e lo sviluppo della malocclusione non è così chiara come può apparire a livello teorico. Gli studi sperimentali recenti hanno chiarito questa relazione solo in parte (Vig KW. 1998). Una

prolungata infiammazione della mucosa nasale, associata ad esempio a un'allergia o a un'infezione cronica, può provocare un'ostruzione cronica delle vie nasali. Tale situazione si può produrre anche in seguito a ostruzioni meccaniche nell'ambito delle vie nasali, dalle narici fino alle coane nasali posteriori. Nei bambini, generalmente, le tonsille faringee o le adenoidi sono molto sviluppate e un'eventuale ostruzione può favorire lo sviluppo di una respirazione orale. 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 come un'abitudine viziata. Se la respirazione è in grado di influenzare le basi ossee e i denti, questa dovrebbe causare un cambiamento posturale, che successivamente può essere alterato dalla continua pressione esercitata dai tessuti molli. Esperimenti sugli uomini hanno mostrato che un cambiamento della postura si accompagna a ostruzione nasale. Ad esempio quando il naso è completamente ostruito solitamente vi è un'immediata modifica di circa 5° dell'angolazione delle vertebre craniali. Le basi ossee si muovono in relazione al grado di innalzamento del mascellare superiore quando la testa viene retroinclinata e la mandibola abbassata. Quando la causa dell'ostruzione nasale è rimossa, l'individuo ritorna alla sua postura originaria. Tuttavia, la stessa risposta fisiologica si verifica anche in individui che hanno già una certa ostruzione nasale e ciò indica che tale postura può non essere determinata totalmente dalle esigenze respiratorie.

## **DIAGNOSI ORTODONTICA E PIANIFICAZIONE DEL TRATTAMENTO**

Quando si formula una diagnosi ortodontica, odontoiatrica e, più in generale, di carattere medico non si deve focalizzare l'attenzione su un solo aspetto della condizione del paziente, poiché si corre il rischio di sottovalutare altri problemi importanti eventualmente presenti. La formulazione di una diagnosi ortodontica richiede un'ampia valutazione della situazione generale del paziente e deve prendere in considerazione aspetti oggettivi e soggettivi. È importante non definire solo l'occlusione dentale correndo il rischio di trascurare una discrepanza mascellare, una sindrome di sviluppo, una

patologia sistemica, un problema parodontale, un problema psicosociale o l'ambiente culturale nel quale il paziente vive. Durante il colloquio col paziente è importante stabilire la principale preoccupazione del paziente, fare un'anamnesi medica remota e prossima generale e dentale, lo stato di crescita fisico, motivazione, aspettative e altri aspetti sociali e comportamentali. L'anamnesi medica e odontostomatologica serve per individuare eventuali cause della malocclusioni (sindromi genetiche, traumi, malattie sistemiche). La valutazione dello sviluppo fisico, specie nei bambini e adolescenti è fondamentale per stabilire eventuali ritardi di permuta dentaria e fondamentale per stabilire il timing di trattamento, criterio imprescindibile per intervenire propriamente nello sviluppo dentale ma soprattutto scheletrico delle basi ossee. Tale valutazione viene fatta osservando la maturazione sessuale (menarca nelle femmine e comparsa dei tratti sessuali secondari come barba e baffi nei maschi). Si può fare tale valutazione anche tramite analisi di teleradiografie latero laterali e radiografie della regione polso e dita della mano dove si vanno a vedere il grado di maturazione ossea nelle vertebre cervicali nel caso della teleradiografia e delle ossa del carpo e delle falangi nell'altro caso. Importante, infine, la valutazione socio-comportamentale per capire sostanzialmente la motivazione del paziente a sottoporsi al trattamento, il grado di compliance e le aspettative del paziente in quanto questi possono indirettamente influire sull'efficacia del trattamento.

Fatte queste valutazioni preliminari, si passa all'esame obiettivo vero e proprio che consiste in esami extra orali e intraorali. La salute orale dei tessuti duri e molli deve essere attentamente valutata in un potenziale paziente ortodontico come in ogni altro. La linea guida generale è che prima di iniziare un trattamento ortodontico, qualsiasi malattia o patologia deve essere sotto controllo. Ciò include i problemi di natura medica, ma anche lesioni cariose o patologie pulpari e le malattie parodontali. Importante è la conta dei denti per individuare potenzialmente agenesie o ritardi di permuta. Valutare problemi mucogengivali e igiene orale. Quest'ultima è fondamentale ci sia sempre e a maggior ragione se si prevede un trattamento ortodontico in quanto l'apparecchio rende ancor più difficoltoso il mantenimento di essa. Nella valutazione della funzione, è importante controllare fin da subito se il paziente ha una coordinazione e dei movimenti normali. Se questo non viene verificato, l'adattamento normale ai cambiamenti della posizione dentale prodotti dall'ortodonzia può non avvenire e gli effetti di equilibrio possono portare alla recidiva post-trattamento. Quattro funzioni orali necessitano di valutazione:

la masticazione, il linguaggio, la possibilità di apnee notturne collegate a un deficit mandibolare e la presenza/assenza di disturbi dell'ATM.

Per quello che riguarda l'analisi extraorale, possiamo distinguere in macro, mini e micro-estetica. La prima riguarda l'analisi delle proporzioni facciali nei tre piani dello spazio; la seconda riguarda le proporzioni dentali rispetto al volto; e la terza riguarda la relazione dei denti tra di loro.

Nella macro-estetica si analizza il volto frontalmente e di profilo alla ricerca di eventuali asimmetrie gravi come deviazioni della mandibola a destra o a sinistra, ipertelorismo, deformazioni auricolari, deficit gravi del terzo inferiore del volto. A volte questi segni possono essere associati a sindromi genetiche per cui è importante valutare con attenzione la possibilità di trattamento ortodontico con o senza interventi di chirurgia ortognatica o maxillo facciale. Esistono dei piani di riferimento orizzontali e verticali in visione frontale in grado di guidarci nella valutazione di simmetria e proporzione dei terzi facciali che vengono usati anche nell'ambito della protesi e implantologia dentale. Per quello che invece riguarda il profilo si valutano la linea estetica che va dalla punta del naso alla punta del mento e la distanza di labbro inferiore e superiore da essa. Esistono dei valori lineari di riferimento che ci permettono di classificare i profili in concavo, convesso e piatto. Si controllano in più anche l'angolo nasolabiale e labio-mentale che spesso, anche se non sempre, ci danno già delle informazioni riguardo all'inclinazione degli incisivi sup e inf e la divergenza mandibolare (dolico e brachi facciale). Dal punto di vista profilometrico risulta però più preciso eseguire un esame radiografico chiamato cefalometria nel quale secondo diverse metodiche esistenti (per esempio Ricketts, MacNamara, Jarabak, Tweed) si misurano valori angolari e lineari specifici che guidano in modo più sicuro verso una diagnosi accurata. Altro parametro che va analizzato è la competenza labiale. È stata difatti dimostrata la correlazione tra incompetenza labiale e open bite scheletrico/dentale. La protrusione o retrusione labiali sono strettamente collegati all'inclinazione degli incisivi superiori e inferiori.

Nella mini-estetica si valutano l'entità dell'esposizione degli incisivi e della gengiva, le dimensioni trasverse del sorriso rispetto all'arcata superiori (corridoi buccali), l'arco del sorriso (parallelismo tra contorno dei margini incisali sup e labbro inferiore) e la centratura della linea mediana

Nella micro-estetica si valutano le proporzioni dentali ( rapporti sull'ampiezza e le proporzioni auree), rapporti altezza ampiezza, connettori e incisive, spazi interdentali(triangoli neri), altezze, forma e contorno delle gengive, ombre dentali e colori.

Infine per arrivare a una diagnosi definitiva si mettono insieme tutti gli esami sopracitati con foto intraorali (frontali, laterali occlusali), impronte (analogiche in alginato o digitali fatte con scanner intraorale) e OPT che è in grado di fornirmi una visione d'insieme dandoci una panoramica anche su eventuali problematiche ai condili dell'ATM o patologie orali quali lesioni cistiche, neoplastiche, agenesie e sovranumerari che senza una visione intraossea, non si vedrebbero ad occhio nudo. Ricordarsi infine di valutare la presenza di eventuali lesioni sospette intraorali come lichen, pemfigo e altre patologie orali che non vanno mai ignorate ed escluse anche se si vuole fare un trattamento ortodontico. In caso di presenza di tali lesioni, o lesioni cariose, endodontiche o parodontali, queste avranno sempre la precedenza sul trattamento ortodontico.

# **CAPITOLO 3: TRATTAMENTO DEL DEFICIT TRASVERSALE DEL MASCELLARE SUPERIORE**

## **DIAGNOSI DELLA CONTRAZIONE MASCELLARE**

### **INTRODUZIONE**

Nel capitolo precedente abbiamo parlato in generale dell'inquadramento ortodontico del paziente. Abbiamo parlato della diagnosi generale, dell'anamnesi del paziente, dell'esame obiettivo intra ed extra orale e degli esami strumentali radiografici necessari. Ora spostiamo il focus del nostro trattato su un tema ricorrente nel trattamento ortodontico ovvero il trattamento e inquadramento della discrepanza trasversale del mascellare superiore. È opportuno parlare di questo tema perché si tratta della prima dimensione dentofacciale a completare la crescita. Come tutte le suture craniofacciali, la sutura palatina mediana diviene più tortuosa e interdigitata con il passare degli anni, pertanto è necessario intervenire tempestivamente. Il trattamento della discrepanza trasversale ha l'obiettivo di evitare e impedire potenziali problemi parodontali e recessioni gengivali. La diagnosi della discrepanza trasversale della mascella può risultare difficile e spesso include l'uso di più di uno dei seguenti metodi: valutazione clinica, analisi della forma dei denti, radiografie craniofacciali. La teleradiografia anteroposteriore è stata considerata in passato come metodo più efficace e affidabile per la valutazione della discrepanza trasversale scheletrica. Ciononostante, è risaputo che le convenzionali radiografie in 2 dimensioni (2D) presentano delle limitazioni tecniche che compromettono l'individuazione accurata dei punti di riferimento che unite a un'inesperienza dell'operatore portano ad errori di valutazione grossolani. A complicare la situazione, c'è da dire che non esiste tutt'oggi un gold standard per la diagnosi delle discrepanze trasversali mascellari per cui ad oggi si preferisce mettere insieme valutazioni cliniche e radiografiche. La radiografia anteroposteriore è considerata ad oggi la metodica

più accurata per la valutazione. Più comunemente, i clinici usano un metodo che si basa sulla combinazione di valutazione della situazione clinica e dentale che valuta la presenza di crossbite, grado di affollamento, misurazione dell'ampiezza dell'arcata, inclinazione buccolinguale percepita dei denti, e forma e altezza della volta palatina (Sawchuk D. 2016). Ad oggi una metodica che risulta più accurata e ripetibile per la misurazione delle proporzioni mascellari è la tac Cone Beam (CBCT) che permette un'individuazione dei punti di riferimento più facile rispetto alla tradizionale antero-posteriore.

Per correggere efficacemente qualsiasi deformazione dentofacciale che coinvolge la discrepanza sagittale, una diagnosi e un trattamento precoci e accurati sono imperativi per avere la stabilità. (Dakhil NB. 2021). Determinare se e che tipo di discrepanza è presente nella mascella rappresenta il primo passo. La discrepanza trasversale è più difficile da diagnosticare rispetto alle discrepanze sagittali e verticali, in quanto ci sono meno cambiamenti dei tessuti molli nell'ipoplasia della mascella in direzione trasversale. I cambiamenti dei tessuti molli sono molto più rilevanti nelle discrepanze sagittali e verticali. Esiste molta letteratura riguardo all'approccio e i criteri diagnostici per la discrepanza mascellare. Esistono accurate valutazioni di successo che utilizzano l'analisi dei modelli, valutazioni cliniche, misurazione radiografiche e oclusogrammi.

Nella valutazione clinica sono incluse nella valutazione la forma e la simmetria dell'arco mascellare, la forma della volta palatina, l'occlusione, la modalità di respirazione predominante( nasale o orale) e l'ampiezza dei corridori buccali durante il sorriso. Manifestazioni che indicano la presenza di discrepanza trasversale nella mascella includono lo svuotamento nella regione paranasale, eccessiva ampiezza dei corridoi buccali, marcatura della piega nasolabiale o restringimento delle basi alari. I cambiamenti dei tessuti molli associati a discrepanza trasversale sono minimi, il che può complicare la diagnosi. Però affollamenti gravi, rotazioni, dislocamenti buccali/palatali dei denti, crossbite uni o bilaterali, volte palatine alte e occlusioni a forma di "V" o "a clessidra" sono considerate le manifestazioni principali. La respirazione orale è uno dei fattori eziologici della discrepanza mascellare per cui i quadri poco fa menzionati vengono occasionalmente osservati anche nella pratica otorinolaringoiatrica. Deformazioni dentofacciali che si possono associare alla discrepanza trasversale possono essere un eccesso mascellare verticale, un relativo prognatismo mandibolare, iperdivergenza e palatoschisi riparate. Questi sono indicativi visivi che permettono al clinico di fare una

prima determinazione della discrepanza trasversale. Dovrebbe anche essere valutato un eventuale shift mandibolare durante la chiusura. Durante un esame extraorale frontale può essere notata una deviazione laterale della mandibola e, se così fosse, la radice del problema va identificata. Questo potrebbe dipendere da uno spostamento funzionale dalla relazione centrica, o essere un'asimmetria vera e propria. Per alleviare ogni tipo di dubbio, si dovrebbe disarticolare l'occlusione per uno o due settimane, seguita da una rivalutazione. Questa disarticolazione può essere fatta usando un bite il che però necessita di una grande compliance del paziente, il che non è sempre garantita specie nei giovani pazienti. In questo caso un espansore rapido (tipo Hyrax) può essere inserito e leggermente attivato in modo da disarticolare l'occlusione e permettere il verificarsi dello shift mandibolare. È importante informare le parti coinvolte, che siano i pazienti o i genitori, che il trattamento definitivo potrebbe non essere possibile finché non viene risolto lo shift mandibolare. Se lo shift laterale è assente, allora un crossbite unilaterale e un mento asimmetrico indicano un'asimmetria scheletrica unilaterale vera e propria.

La forma dell'arcata dovrebbe essere valutata attraverso i modelli di studio. Questo permetterà misurazioni specifiche per la valutazione della discrepanza trasversale mascellare. (Transversal Discrepancy of Maxilla, TDM). Un numero di autori ha avanzato degli indici per tali misurazioni trasversali. Pont, Linder-Harth e Korkhaus sono tra i principali. Questi indici possono aiutare a fare diagnosi ma non ci si può affidare totalmente in quanto sono indici popolazione-specifici. La simmetria e l'inclinazione trasversale dei denti vanno analizzate tramite i modelli di studio. È possibile vedere crossbite bilaterali senza asimmetrie del mento o shift laterali. In questi casi a permettere la classificazione di tale discrepanza trasversale sono i modelli studio del paziente e la conoscenza dei rapporti sagittali. Le relazioni inter-arcata sagittali e trasversali cambiano rispetto l'un l'altro. Lo studio dei modelli in gesso diventa ancora una volta fondamentale per capire se la discrepanza trasversale è assoluta o relativa. Se non si manifesta la corretta relazione trasversa cuspid-fossa in relazione centrica nei denti posteriori, allora si dice che la discrepanza trasversale è relativa quando i denti posteriori chiuderanno correttamente( se l'allineamento dentale fosse corretto) quando i canini sono messi in prima classe. Alcune malocclusioni di terza Classe, per esempio, includeranno crossbite posteriore che però si elimina quando i due modelli in gesso delle due arcate vengono articolare in una relazione canina di prima classe. In questo caso di nuovo si parlerà di

discrepanza trasversale relativa. Se, invece, anche dopo aver messo i canini in prima classe, il crossbite è ancora presente, allora si parlerà di TDM assoluta. In questi casi l'entità della discrepanza è determinata tramite studio dei modelli. Le compensazioni dentali posteriori nei modelli dovrebbero essere investigate prima. Queste si presenteranno come variazioni dell'inclinazione assiale trasversa dei primi molari permanenti, più frequentemente torque eccessivo buccale dei denti superiori e torque eccessivamente linguale dei denti inferiori rispetto al piano frontale.

Per valutare l'ossificazione della sutura palatina media, **Lehman et al** (Lehman JA Jr 1984) raccomandò come strumento essenziale di diagnosi una radiografia occlusale o palatale. Tuttavia questo metodo non andava bene in quanto vi era una sovrapposizione di troppe strutture anatomiche che impedivano una visualizzazione chiara della sutura.

Betts et al (Betts N 1995) suggerirono invece l'utilizzo di una teleradiografia posteroanteriore come metodo più efficace. Ricketts descrisse una serie di punti di riferimento da prendere in questo tipo di esame radiografico che permisero a Bett et al di definire due quantificazioni della TDM: la differenza di ampiezza maxillo-mandibolare e l'indice differenziale trasversale maxillo-mandibolare. Questa metodo di diagnosi, tuttavia, non era privo di critiche. Per esempio, i punti di repere ossei usati per fare tali misurazioni hanno un alto grado di separazione dalle basi apicali dei denti. L'analisi Rocky Mountain sviluppata da Ricketts (RM 1981) aveva l'intenzione di stabilire norme relative tra punti di repere radiografici specifici e ulteriori misurazioni richieste per l'analisi della discrepanza trasversale maxillo-mandibolare. Le linee facciali fronto-laterali e le effettive ampiezze mandibolari e mascellari possono essere determinate usando i suddetti punti di repere. Queste ampiezze possono essere definite come segue: l'ampiezza mascellare è l'ampiezza tra i punti giugali sinistro (Jougal Left JL) e destro (Jougal Right JR), mentre l'ampiezza mandibolare è l'ampiezza tra il tubercolo antegoniale sinistro (GA) e destro (AG). Le linee facciali fronto-laterali sono linee laterali costruite dall'orbitale destro (OR) e orbitale sinistro (OL) fino ai punti AG e GA rispettivamente. Per quantificare la TDM, questi punti di repere cefalometrici possono essere usati per calcolare l'indice di differenza trasversale maxillo-mandibolare in un primo momento e anche la differenza di ampiezza maxillo-mandibolare in sé. L'ultimo di questi è semplicemente il dislocamento in millimetri misurato dalla linea facciale frontolaterale fino a JL e JR rispettivamente, lungo una linea dalle linee facciali fronto-

lateralmente attraverso JR e JL. Questa è una misurazione indipendente fatta su ogni lato e confrontata con un valore normale di  $10 \pm 15$  mm. Un valore maggiore di 10 mm indica l'esistenza di una discrepanza tra mandibola e mascella. La quantità totale di discrepanza trasversale è data sommando le quantità misurate su ciascun lato maggiore di 10 mm. Questo è un metodo utile per illustrare il grado di discrepanza totale e identificare quale lato dà maggiore discrepanza. Quando è presente un'asimmetria mandibolare però, questa tecnica può essere mal interpretata in quanto non è in grado effettivamente di determinare in quale mascellare è presente la discrepanza.

L'indice di differenza trasversale maxillo-mandibolare, dall'altro lato, prende l'attuale distanza maxillo-mandibolare misurata e la sottrae dalla differenza aspettata per l'età del paziente. La differenza che ci si aspetta è la distanza AG-GA aspettata età-specifica meno la distanza JR-JL aspettata età-appropriata. Una differenza trasversale maxillo-mandibolare maggiore di 5 mm in un paziente adulto indica la necessità di un'espansione chirurgica. Questo metodo non solo quantifica la discrepanza totale, ma permette anche di determinare quale mascellare è in eccesso o in difetto. Questo avviene perché i valori attuali possono essere comparati con valori normali, nonostante sia importante notare che i "valori normali" sono stati suggeriti per la popolazione caucasica; per cui non dovrebbero essere considerati per pazienti appartenenti ad altre razze.

## **METODO DI BETTS/VANARSDALL / RICKETTS**

L'analisi fatta tramite RX antero-posteriore fu un metodo inventato nel 1999 da Betts e Vanarsdall basandosi su studi fatti in precedenza da Ricketts. La larghezza scheletrica

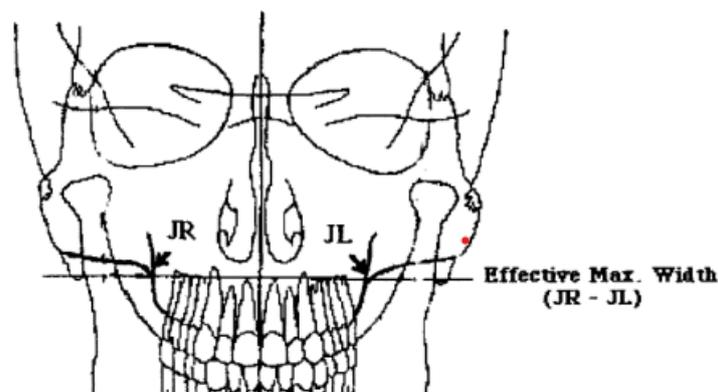


Figura 16 punti di riferimento su teleradiografia antero posteriore per analisi delle proporzioni mascellari secondo Vanarsdall

mascellare ( J-J punti giugali) e larghezza scheletrica mandibolare (Ag- Ga punti antegoniali) del paziente sono misurati e la loro differenza viene confrontata con le norme di Ricketts.

La differenza tra mandibola e mascella dovrebbe essere entro 5 mm rispetto la norma di Ricketts. Se è maggiore di 5 mm, esiste un problema scheletrico trasversale. Se il paziente è adulto e la discrepanza è maggiore di 20 mm, l'unica soluzione è l'espansione chirurgica.

**Two Methods for Determination of the Existence of a Transverse Maxillomandibular Width Differential**

**1. Maxillomandibular Width Differential**

	Normal	Patient	Difference Norm v Pt
Max-Mand Width Differential (R)	10 ± 1.5 mm	_____	_____
Max-Mand Width Differential (L)	10 ± 1.5 mm	_____	_____
Total Transverse Discrepancy			_____

**2. Maxillomandibular Transverse Differential Index**

	9 Year Old	Change/Yr. to age 16	Norms (Expected)	Patient (Actual)
Effect. Mandibular Width	GA to AG	76 ± 3 mm	+1.4 mm	_____
Effective Maxillary Width	JR to JL	62 ± 3 mm	+0.6 mm	_____

**Normal Values**

Age	Max.	Mand.	Diff.
9	62.0	76.0	14.0
10	62.6	77.4	14.8
11	63.2	78.8	15.6
12	63.8	80.2	16.4
13	64.4	81.6	17.2
14	65.0	83.0	18.0
15	65.6	84.4	18.8
16 (Adult)	66.2	85.8	19.6

Expected Maxillomandibular Diff. = Expected Mand. Width - Expected Max. Width \_\_\_\_\_ mm

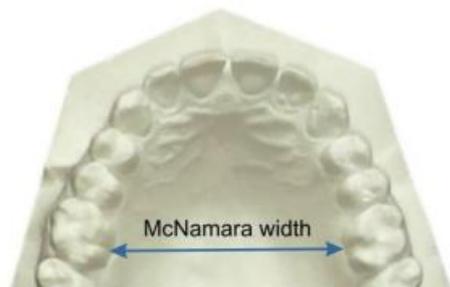
Actual Maxillomandibular Differential = Actual Mand. Width - Actual Max. Width \_\_\_\_\_ mm

**Expected-Actual Maxillomandibular Differential = \_\_\_\_\_ mm**

Figura 17 modulo per misurazione dei valori lineari secondo Betts e Vanarsdall e valori

## METODO DI MC NAMARA

Questo metodo si basa anziché sullo studio della teleradiografia anteroposteriore, sullo studio dei modelli studio, digitali o analogici che siano. In particolare si va a misurare la larghezza transpalatale determinata dai margini gengivali del solco linguale del primo molare. McNamara riporta i valori normali medi dai 7 ai 15 anni. Questo metodo, tuttavia,



<i>Age</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>S.D.</i>
7	119	32.7	1.4
8	171	33.2	1.5
9	181	33.2	1.4
10	179	33.7	1.5
11	159	34.5	1.4
12	128	35.2	1.4
13	116	35.4	1.5
14	93	35.2	1.4
15	74	35.3	1.4

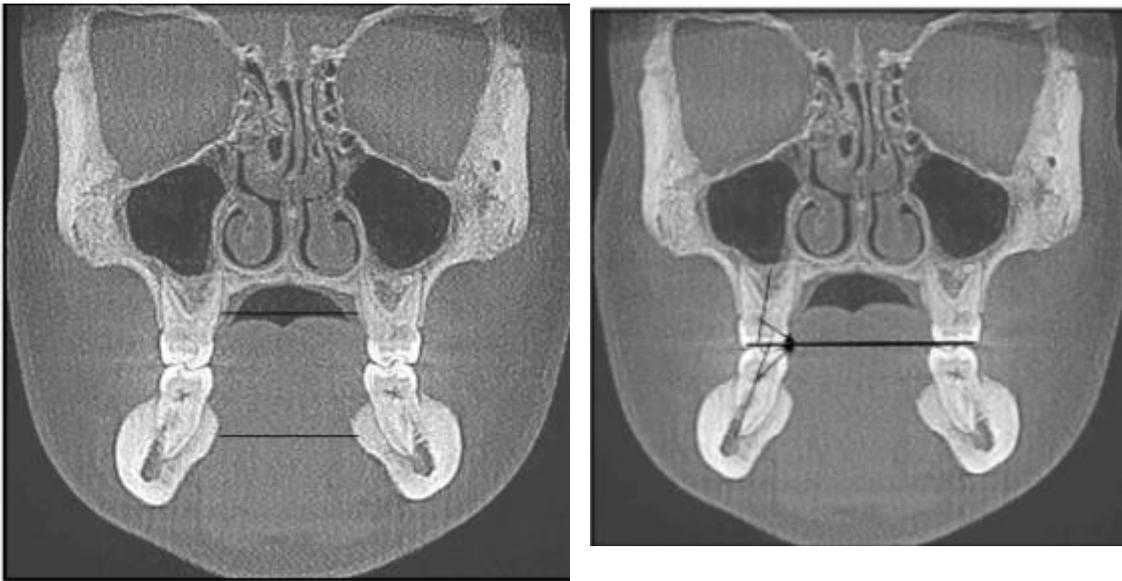
Figura 18 misurazione dell'ampiezza transpalatale secondo McNamara e tabella coi valori lineari di riferimento in base all'età

dipende in gran scala dall'inclinazione dei molari e non rappresenta fedelmente la dimensione scheletrica mascellare

## VALUTAZIONE CBCT

È risaputo che le tradizionali radiografie in due dimensioni soffrono di limitazioni tecniche che compromettono l'accuratezza nell'individuazione dei punti di repere. Questo, in aggiunta all'inesperienza tra gli operatori nell'individuare, risulta in errori grossolani nell'identificazione dei punti di riferimento. Solo le asimmetrie possono essere diagnosticate tramite teleradiografia antero-posteriore (PA) ma non altri problemi trasversali. Approcci più recenti includono l'imaging tridimensionale che ha permesso una rappresentazione accurata delle regioni craniofacciali per poterle esaminare e permettere una valutazione in visione diretta delle relazioni spaziali tra elementi dei mascellari. Con la tomografia computerizzata Cone Beam (CBCT) è ad oggi possibile fare valutazioni cross sezionali della rappresentazione 3D delle basi apicali. Un clinico può usare tali immagini per fare una valutazione più accurata e più dettagliata delle

asimmetrie e della natura e collocazione delle discrepanze. Prima di sostenere un uso maggiore della CBCT per la diagnosi di TDM, dovrebbe essere ottenuta una validazione della sua significativa affidabilità e accuratezza data comunque la quantità di radiazione ionizzante associata a tale strumento di diagnosi strumentale. (A. Q. Miner RM. 2012)



*Figura 19 Punti di riferimento e misurazioni lineari su CBCT*

Nello studio di Matthew Miner et al del 2012 furono misurate sia le angolazioni dei molari sia le distanze intermascellare e inter-mandibolari. Questo permetteva anche di distinguere i crossbite relativi (solo dentali) dai crossbite assoluti (scheletrici). Il gruppo sottolineò l'importanza del saper riconoscere l'esistenza delle compensazioni dentali sia nelle discrepanze mascellari che mandibolari. (A. Q. Miner RM. 2015)

Lo studio di Miner del 2015 ha cercato di dimostrare l'accuratezza dell'analisi CBCT rispetto alla teleradiografia antero posteriore (PA) di Richetts e Bell e la misura dell'ampiezza transpalatale (Transpalatal Width Measurement, TWM) di McNamara. Il risultato fu che la CBCT era il più accurato e il TWM il peggiore.

## **CLASSIFICAZIONE DEI CROSSBITE**

Il crossbite posteriore è una malocclusione ricorrente nelle dentizioni decidue e miste e si presenta nel 1% al 23% della popolazione americana. L'etiologia del crossbite è multifattoriale, inclusi i fattori congeniti, di sviluppo, traumatici e iatrogeni. Un fattore comune è l'abitudine viziata del succhiamento del pollice dove l'arcata mascellare tende ad assumere una forma a V con una importante costrizione nell'area canina. Il crossbite posteriore può essere unilaterale o bilaterale e può svilupparsi in qualsiasi momento durante l'eruzione dei denti decidui o permanenti. Se lasciati non trattati, i crossbite possono avere un effetto a lungo termine sulla crescita e sviluppo di denti, mascellari e i tessuti molli della cavità orale. La maggior parte degli studi hanno sottolineato l'importanza di una diagnosi e di un trattamento precoci del crossbite in modo da permettere uno sviluppo ideale per una crescita e sviluppo normali che aiuti a prevenire ulteriori malocclusioni e minimizza la necessità di un trattamento ortodontico ulteriore.

Lo studio radiografico di CBCT e teleradiografia antero-posteriore ci aiutano a capire se la discrepanza trasversale del mascellare è scheletrico o solo dentale. Nel caso sia scheletrico, automaticamente è anche dentale in quanto i denti, avendo le radici inserite nell'osso, seguono l'andamento e lo sviluppo di quest'ultimo. In questi casi si dovrà intervenire con apparecchi ortopedici o chirurgia in base allo stadio maturativo della sutura palatina. Nel caso la discrepanza sia dovuta solo a un'eccessiva palato-versione dentale, l'utilizzo di apparecchi ortopedici non è previsto. Proprio per questa distinzione tra discrepanza scheletrico- dentale e dentale, possiamo classificare diversi tipi di morso inverso(crossbite). Ricordiamo che per crossbite si intende una situazione clinica nella quale le cuspidi vestibolari dei denti superiori ( o margini incisali se si parla degli incisivi) si collocano più palatini rispetto alle cuspidi vestibolari dei denti inferiori.

Possiamo distinguere in crossbite anteriore, crossbite posteriore monolaterale e crossbite posteriore bilaterale. Il cross può coinvolgere uno o più denti. In particolare il cross anteriore coinvolge il gruppo incisivo e/o canini e, a meno che non sia solo un problema dentale, può essere dovuto o a una retrusione scheletrica mascellare o a un'eccessiva protrusione mandibolare o una combinazione dei due. Per capire a cosa sia dovuto un cross anteriore, fondamentale sarà l'analisi cefalometrica e profilometrica dell'individuo.

Il cross anteriore di natura dento-scheletrica è considerata una discrepanza sul piano sagittale (o anteroposteriore).

Diversamente il crossbite posteriore può coinvolgere premolari e/o molari e a meno che non sia dovuto a un problema esclusivamente dentale, è da associare quasi sempre a un'iposviluppo in senso trasversale del mascellare superiore. Tale iposviluppo può essere monolaterale o bilaterale da cui quindi possiamo avere un cross monolaterale o bilaterale. Per quanto riguarda il grado di severità, il crossbite posteriore monolaterale è da considerare il più grave quadro esistente e che richiede un tempestivo intervento in età più possibile pediatrica in quanto, se non trattato, questo tipo di malocclusione guida la crescita ossea mandibolare in modo asimmetrico. In particolar modo porta a un'ipersviluppo del ramo mandibolare controlaterale che mancando della guida di stop dei denti superiori dal lato del cross, cresce più della quantità fisiologica. Un altro importante motivo per cui si deve intervenire a risolvere i crossbite, sia essi anteriori o posteriore, è lo stress e la dolorabilità sul lungo termine a carico dell'articolazione temporo-mandibolare. Ricordiamo infatti che una corretta posizione dei denti inter-arcata e intra-arcata non solo ha una importanza estetica ma soprattutto funzionale in quanto servono da guida nei corretti movimenti dinamici della mandibola in protrusione, retrusione e lateralità. Una corretta occlusione, si dice infatti, deve garantire un equilibrio neuromuscolare all'intero apparato stomatognatico. La presenza di un cross, costringerebbe la mandibola a compiere movimenti non fisiologici che sul lungo termine creano delle contrazioni e stiramenti muscolare, legamentoso e connettivale a livello capsulare del condilo articolare mandibolare non consoni e oltre alla crescente dolorabilità, si può provocare una lassità ligamentosa che ostacolerebbe la normale guida e gestione dei movimenti condilari all'interno della fossa glenoide e lungo l'eminanza articolare provocando potenzialmente click mandibolari fino addirittura a dei blocchi in apertura o chiusura della bocca. Capiamo dunque le implicazioni gnatologiche di questo tipo di malocclusione. Oltre ai problemi articolari e quindi neuromuscolari e legamentosi, dei crossbite non risolti possono sul lungo termine causare problemi di tipo parodontale e quindi lesioni a quelle che sono le strutture di supporto dei denti. Infatti, dati gli scorretti movimenti mandibolari si ha anche una scorretta distribuzione delle forze durante gli atti masticatori, causando stati infiammatori a livello di legamento parodontale ( responsabile dell'ammortizzamento delle forze esercitate sul dente) che sul lungo tempo possono

portare a riassorbimenti ossei, radicolari, quindi recessioni gengivali e potenzialmente anche alla perdita dell'elemento dentale.

Succede a volte di avere a che fare con pazienti adulti con terze classi scheletriche non trattate e possiamo non trovare crossbite. Questo non deve tranquillizzare più di tanto il clinico perché in questi casi avviene una compensazione dentale che porta però i denti ad assumere inclinazioni irreali talvolta, fuori dagli standard fisiologici. A volte le terze classi scheletriche e le compensazioni dentali sono di lieve entità e possono, anche se a fatica, essere tollerati. Terze classi scheletriche invece gravi invece necessitano di trattamento ortognatico il più celere possibile. (Starr NB. 1999).

## **TIMING**

Una volta fatta la diagnosi tramite sia esami radiografici che tramite raccolta foto e esame obiettivo intra ed extra-orali e misurazioni su modelli di studio digitale e/o analogica, è necessario capire quando intervenire col trattamento in quanto alcune procedure di modificazione della crescita devono essere eseguita prima dell'adolescenza, mentre altre sono molto più efficaci ed efficienti se effettuate durante il periodo adolescenziale. A prescindere dalla tipologia di apparecchiature usate o dagli effetti che si vogliono ottenere, se la crescita deve essere modificata è necessario che il paziente sia nella fase di sviluppo. Ciò significa che la modificazione della crescita deve essere fatta prima della fine del picco di crescita adolescenziale. In teoria, fino a quel momento si può sempre intervenire. La notevole velocità di accrescimento dei bambini durante gli anni della dentatura decidua può far pensare che il trattamento delle discrepanze mascellari attraverso una modificazione della crescita dia risultati migliori a un'età molto precoce. Il razionale per un trattamento precoce (dai 4 ai 6 anni) si basa sulla convinzione che discrepanze scheletriche gravi possano essere risolte in breve tempo per via della rapida velocità di crescita e per il fatto che le componenti scheletriche sono più piccole e malleabili. È stato dimostrato che questo è ciò che avviene. Inoltre, una volta corretta la discrepanza tra i rapporti mascellari, la funzione normale favorirà una crescita successiva

armoniosa, senza la necessità di un ulteriore trattamento. Se così fosse, sarebbe indicato ricorrere a trattamenti molto precoci in dentatura decidua per correggere numerose discrepanze scheletriche. Purtroppo, non è così. Sebbene la maggior parte dei problemi antero-posteriori e verticali possa essere trattata durante gli anni della dentatura decidua, in seguito si osserva una recidiva causata dal proseguimento della crescita secondo il disarmonico modello originale. Se i bambini sono trattati molto precocemente, di solito avranno bisogno di un ulteriore trattamento nel periodo della dentizione mista e, ancora, durante la dentatura permanente precoce per mantenere la correzione. Per tutti gli scopi pratici, oggi il trattamento ortodontico precoce dei problemi scheletrici è limitato al periodo della dentizione mista, con una seconda fase di trattamento durante l'adolescenza. Al contrario, poiché la terapia ortodontica risulta in ogni caso necessaria in dentatura permanente, non vi è alcun vantaggio nell'iniziare il trattamento prima di allora. Ritardare il trattamento così a lungo può essere fonte di due problemi potenziali: (1) aspettare l'eruzione dei canini, dei premolari e dei secondi molari, specialmente nelle femmine, può far sì che non vi sia più crescita residua sufficiente a effettuare cambiamenti efficaci; (2) ad alcuni bambini che trarrebbero beneficio da un trattamento precoce, sarebbero negati i vantaggi psicosociali del trattamento durante una fase così importante dello sviluppo. Questo vale in particolare per i bambini con un problema scheletrico di Classe II, che sarebbe meglio ritardare fino al picco di crescita adolescenziale. In generale, i vantaggi di un intervento precoce devono essere sempre confrontati in maniera individuale per ogni singolo paziente con i rischi e i costi di un prolungamento del periodo di trattamento complessivo. I tempi di maturazione così come la possibilità di effettuare un cambiamento nei diversi piani facciali dello spazio non sono uniformi. La crescita mascellare sul piano trasversale, la crescita che termina per prima, si arresta quando inizia la formazione del primo ponte della sutura palatina mediana, e non al raggiungimento della sua completa chiusura. Questo significa che normalmente, nella maggior parte dei bambini, l'aumento dell'ampiezza palatale si arresterà entro la prima adolescenza e che in un momento successivo saranno necessarie forze maggiori per aprire la sutura palatina mediana con un'apparecchiatura ortodontica. L'espansione trasversale mascellare è più fisiologica se effettuata prima dell'adolescenza. La collaborazione del paziente infine è influenzata sia dalla sua maturità relativa sia dalla sua percezione della difficoltà del trattamento. Il timing degli interventi terapeutici deve essere considerato sia rispetto alla

loro efficacia sia rispetto a una valutazione pratica della probabile tolleranza e collaborazione del paziente. Questa valutazione non include solo la possibilità di effettuare un cambiamento, ma riguarda la validità del cambiamento stesso in termini di tempo, impatto finanziario e comportamentale, valutando anche approcci alternativi come la chirurgia. Un'arcata superiore stretta è legata alla decisione di procedere o meno alle estrazioni, in quanto un bambino con affollamento dentale e deficit trasversale mascellare può essere sottoposto a espansione per fornire spazio per allineare i denti (Adkins MD 1990). Molti di questi pazienti presentano un certo grado di distorsione delle arcate, abrasione dentale da interferenze dei denti anteriori e spostamenti mandibolari anteriori o laterali che possono determinare una possibile asimmetria scheletrica mandibolare (Kilik N 2008). Di solito, il trattamento avviene aprendo la sutura palatina mediana, che allarga la volta palatale e il pavimento del naso. Il mascellare superiore si apre facendo perno superiormente alla base del naso e si apre inoltre di più anteriormente che posteriormente. Questa espansione trasversale corregge il crossbite posteriore quasi sempre presente. Talora l'espansione sposta il mascellare superiore un po' in avanti (ma è altrettanto probabile che porti a un movimento all'indietro) (H. S. Sandikcioglu M 1997), aumenta lo spazio in arcata e riposiziona le sottostanti gemme dei denti permanenti che si muovono insieme all'osso in cui sono inserite. Un'adeguata espansione che coordini le arcate eliminerà anche gli spostamenti mandibolari e le interferenze. L'espansione palatale può essere eseguita in qualsiasi momento prima della fine del picco di crescita adolescenziale ma la tecnica varia a seconda dell'età del paziente, con procedure diverse per la preadolescenza, adolescenza precoce e tardiva e l'età adulta. Partiamo dal trattamento dei bambini in dentatura decidua e in dentatura mista precoce.

## **STORIA E CLASSIFICAZIONE DEGLI ESPANSORI**

Fino ad ora abbiamo analizzato la teoria alla base dell'espansione mascellare e abbiamo ragionato sulla differenza tra espansione rapida e lenta a livello teorico. Ora ci concentreremo brevemente sulle varie tipologie di espansore esistenti e su alcuni protocolli esistenti e convalidati dalla letteratura scientifica.

L'espansione del mascellare superiore fu una terapia introdotta nel 1860 da Emerson C. Angell ma non fu protocollata in qualità di trattamento ortodontico vero e proprio fino al 1861 quando Haas reintrodusse questa tecnica usando apparecchi con componente palatale in resina acrilica per massimizzare il movimento laterale dei denti mascellari e dell'osso basale. Il primo apparecchio ad ancoraggio scheletrico fu introdotto nel 1999 e il suo compito era applicare forza direttamente sull'osso alveolare senza causare effetti collaterali di natura ortodontica e parodontale sui denti d'appoggio. Nell'ortodonzia moderna si possono distinguere gli espansori sostanzialmente in 3 gruppi: espansori ad ancoraggio puramente scheletrico, espansori ad ancoraggio puramente dentale e espansori ibridi ad appoggio sia scheletrico che dentale. Negli apparecchi ad ancoraggio dentale, lo stress è trasferito alle radici e ai legamenti parodontali e l'effetto diretto sull'osso mascellare è minimo. Gli effetti collaterali di questi movimenti si ripercuotono sui denti d'appoggio. L'espansione scheletrica negli apparecchi ad ancoraggio scheletrico avviene separando le due emi mascelle a livello della sutura palatina mediana; nel caso di adolescenti, questa sutura può ancora essere separata e allargata non chirurgicamente con espansori mentre negli adulti, dove la sutura è ormai del tutto calcificata, quella chirurgica risulta l'unica strada percorribile. Gli effetti scheletrici e dentali degli apparecchi ad ancoraggio scheletrico versus ancoraggio dentale sono stati comparati in parecchi studi ma i risultati sono quasi sempre contraddittori. C'è una significativa mancanza di consensi per quello che riguarda la metodologia più efficiente ed efficace per il trattamento della discrepanza trasversale mascellare per un'espansione stabile con i minori effetti collaterali possibili. Alcuni studi hanno affermato che gli espansori ad ancoraggio scheletrico producevano un'espansione scheletrica trasversale maggiore rispetto agli espansori ad ancoraggio dentale mentre altri studi non notavano una differenza significativa. (Mahdieh Khosravi 2019).

## **ESPANSORI RAPIDI AD APPOGGIO DENTALE**

Tra gli espansori ad ancoraggio dentale si annoverano:

- 1) **Espansore Hyrax:** introdotto da William Biederman nel 1968. Questo tipo di apparecchio fa uso di una vite speciale chiamata Hyrax (Hygenic Rapid Expander). Questo tipo di espansore presenta una struttura caricata senza molle e interamente composto da un frame a filo metallico. Le viti hanno delle estensioni di filo spesso che si adatta alla volta palatina e si saldano alle bande cementate su primo molare e primo premolare permanenti. Come suggerisce il nome stesso, il grande vantaggio di questo espansore è l'igiene, non irrita la mucosa palatale ed è facile da pulire. È in grado di dare fino a 11-13 mm di espansione. Ogni attivazione della vite produce circa 0.2mm ed è attivata dal davanti verso il dietro



Figura 20 Espansore Hyrax

- 2) **Espansore Issacson:** è un espansore ad appoggio dentale senza alcuna copertura palatale. Questo espansore fa uso di una vite caricata a molla chiamata Minnie Expander (sviluppata dall'università del Minnesota, dental school), che è saldata direttamente alle bande sui primi premolari e molari (Bishara SE, Maxillary expansion: clinical implications. 1987). L'espansore Minnie è una molla molto spessa che viene espansa avvitando un dado affinché comprima la molla. Due flange metalliche perpendicolari alla molla vengono saldate alle bande sui denti d'appoggio. L'espansore Minnie può continuare a dare forze espansive anche dopo il completamento della fase espansiva a meno che non vengano parzialmente deattivate.

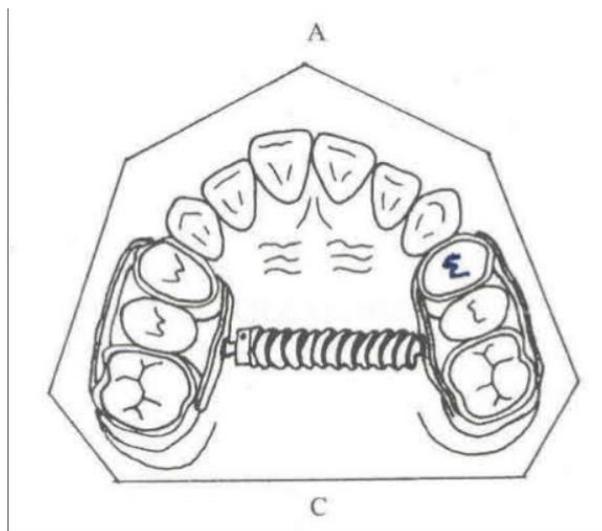


Figura 21 Espansore Isaccson

**Espansore tipo IPC** : è progettato per l'espansione ortopedica e l'allineamento labiale degli incisivi. Appena avviene l'espansione, l'IPC controlla la forza della molla aperta in NiTi applicata sulla superficie linguale dei denti anteriori. Il filo intorno all'estremità distale degli incisivi laterali limita la formazione del diastema centrale tipico dell'espansione



Figura 22 Espansore tipo IPC

## **ESPANSORI RAPIDI AD ANCORAGGIO DENTALE ED APPOGGIO MUCOSO**

Gli espansori ad appoggio mucoso-dentale presentano oltre la struttura in metallo, anche degli scudi in resina che si possono appoggiare sulla mucosa palatale e alveolare.

Haas, nel 1970, elenco tra i vantaggi di tali apparecchi la produzione di un'espansione più parallela, meno recidiva, maggiore guadagno di cavità nasale e maggiore mobilità dell'osso mascellare piuttosto che dei denti. Il grande svantaggio invece consiste nella maggiore irritazione dei tessuti molli in corrispondenza degli appoggi in resina.

Tra gli espansori con appoggio mucoso-dentale si ricordano:

- 1) **Espansore tipo Haas:** questa tipologia di REP è un apparecchio progettato per il massimo ancoraggio dentale che usa una vite per produrre espansione in 10 fino a 14 giorni (Haas, The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture 1965). Le forze prodotte da questo apparecchio vanno dai 1 ai 5 kg

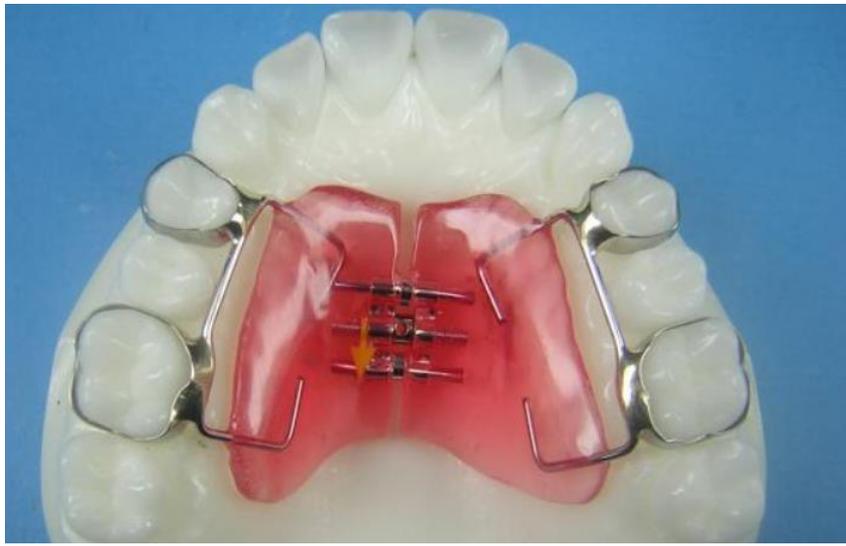


Figura 23 Espansore Haas

- 2) **Espansore tipo Derichsweiler:** il primo premolare i molare sono bandati. Delle anse metalliche vengono saldate a queste bande e successivamente inserite all'interno della placca di resina al centro del palato che contiene la vite

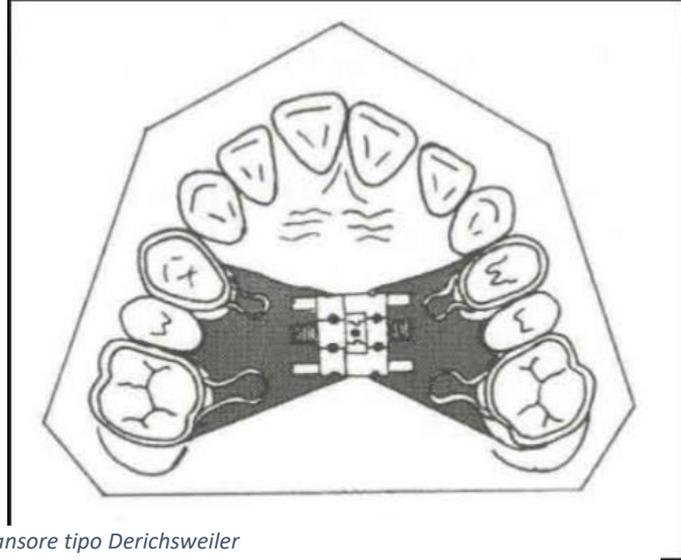


Figura 24 Espansore tipo Derichsweiler

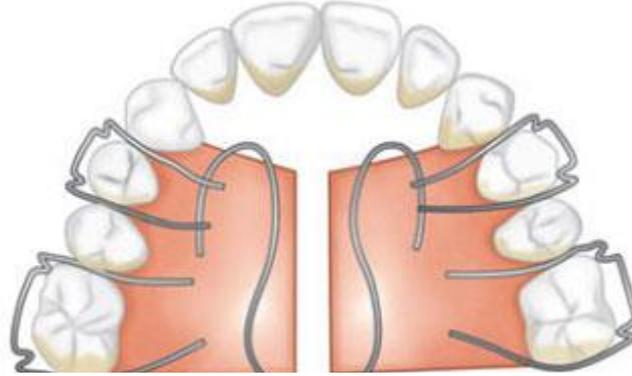
## **ESPANSORI PALATALI LENTI (Slow Maxillary Expansion, SME)**

Le espansioni lente danno una resistenza tissutale minore intorno alle strutture perimascellari e quindi migliorano la formazione di osso nella sutura palatina eliminando o riducendo, almeno teoricamente, le limitazioni del REP. L'espansione lenta è stato dimostrato garantire una maggiore stabilità osseo tissutale dopo l'espansione a patto che venga dato un adeguato periodo di ritenzione. Questa apporta una forza fisiologica costante finché non si ottiene l'espansione desiderata. L'apparecchio è leggero e abbastanza confortevole da essere tenuto in situ per il necessario periodo di ritenzione.

Per quello che riguarda i SME, questi producono solo dai 450 ai 900 grammi di forza che potrebbe essere insufficienti per separare una sutura che sta progressivamente maturando. L'ampiezza d'arcata può aumentare dai 3.8 ai 8.7 mm con circa 1 mm a settimana usando 900 grammi di forza.

Tra gli espansori lenti si possono ricordare:

- 1) **Apparecchio di Coffin:** inventato da Walter Coffin nel 1875, è un apparecchio rimovibile capace di dare una lenta espansione dento alveolare. L'apparecchio consiste in un filo a forma di omega spesso 1.25 mm, posizionato al centro del palato. Le estremità libere del filo sono incorporate nella resina acrilica. La molla è attivata allontanando tra di loro le due estremità dell'omega manualmente



*Figura 25 Coffin Spring*

- 2) **Y Plate:** è un apparecchio attivo di tipo rimovibile che con i ganci tipo Adams si ancora ai premolari e molari dando ritenzione e stabilità. L'arco labiale è inserito anteriormente e il braccio ritentivo è inglobato nella resina. Il piatto in resina è tagliato a forma di "Y" e ha due viti posizionate in mezzo alla metà posteriore e anteriore del piatto acrilico che esercita una forza distalizzante. Le viti in attivazione esercitano una forza distalizzante sul versante buccale dei denti e una forza reciproca è trasmessa sul bordo palatale anteriore e sugli incisivi mascellari. Per impedire un tipping degli incisivi in senso labiale, e il dislocamento dell'intero apparecchio, le viti vengono attivate in modo alternato. Questo tipo di apparecchio è indicato in pazienti con primi premolari erotti, dando ancoraggio maggiore, uprighting degli incisivi e dove non è richiesto alcun movimento corporeo eccessivo.



Figura 26 Y plate Expander

- 3) **Arco a "W"** : Questo apparecchio fu originariamente usato da Ricketts e i suoi colleghi (Ricketts RM. e Gungino 1979) per trattare pazienti con palatoschisi. Questo apparecchio è fisso e costituito da un filo d'acciaio di 36 mm saldato alle bande dei molari. Per evitare irritazione tissutale, l'arco linguale dovrebbe essere costruito in modo da essere staccato 1-1.5 mm dal tessuto molle palatale. È attivato semplicemente aprendo gli apici dell'arco a "W" ed è fatto appositamente per dare espansione più anteriore che posteriore, o viceversa se desiderato. L'apparecchio apporta livelli di forza appropriati quando viene aperto 3-4mm più



Figura 27 Arco a "W"

ampio della sua ampiezza passiva e dovrebbe essere riaggiustato a questa dimensione prima di essere inserito. L'espansione dovrebbe continuare a un ritmo di 2 mm al mese finché il cross bite non viene leggermente ipercorretto.

- 4) **Quadhelix**: questo apparecchio è la modificazione del Coffin W-spring e fu descritto da Ricketts. L'incorporazione di 4 eliche nel W-spring aiutò ad aumentare la flessibilità e il range di attivazione. La lunghezza dei bracci palatali dell'apparecchio può essere alterata in base a quali denti in arcata sono in crossbite. Una nuova generazione di apparecchi prefabbricati, fatti in Nichel Titanio, sono stati recentemente introdotti. Il grande vantaggio di usare il NiTi invece dell'acciaio è la migliore e più vantaggiosa distribuzione delle forze grazie alla sua straordinaria super elasticità. Questa proprietà può favorire un movimento dentale più fisiologico con una correzione del crossbite più rapida. Il quadhelix lavora combinando tipping buccale e espansione scheletrica con un rapporto di 6:1 in bambini in età prepuberale. Il livello di forza auspicabile di 400 grammi può essere apportato attivando l'apparecchio di 8 mm, che equivale approssimativamente alla larghezza di un molare. I pazienti dovrebbero essere visti ogni 6 settimane. A volte l'apparecchio può lasciare dei segni sulla lingua che però scompaiono rapidamente a fine trattamento. L'espansione dovrebbe essere continuata fin quando le cuspidi palatali dei molari superiori non toccano testa a testa le cuspidi vestibolari dei molari mandibolari. Un grado di ipercorrezione è sempre consigliato in quanto le recidive sono inevitabili. Una volta ottenuta l'espansione, tenere per 3 mesi l'apparecchio in situ per la ritenzione. Se la terapia successiva prevede l'apparecchiatura fissa, si può rimuovere il quadhelix una volta arrivati ai fili d'acciaio.



*Figura 28 Espansore lento tipo Quadhelix*

- 5) **Spring Jet:** le componenti attive dello spring jet sono saldati o attaccati alle bande sui molari. L'unità telescopica è inserita fino a 5 mm dal centro delle canule dei molari cosicché le forze passino vicino al centro di resistenza dei denti mascellari, ma deve distare 1.5 mm dai tessuti molli del palato. La forza applicata nella dentizione mista è 240 grammi e sono invece 400 nella dentizione permanente. L'attivazione è data spostando la vite di blocco orizzontalmente lungo il tubo telescopico. Uno stop sferico sul filo transpalatale permette alla molla di essere compressa.

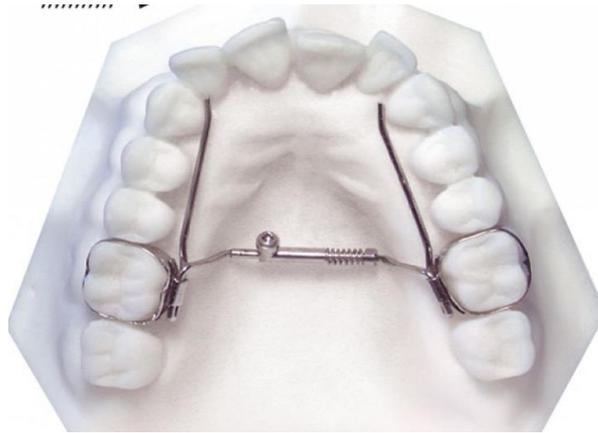


Figura 29 Spring Jet

- 6) **NiTi Expander:** Questo apparecchio fu introdotto da Wendell V (WV. 1993). Esso genera forze di espansione ottimali e costanti. La componente centrale è fatta di NiTi termicamente attivato mentre il resto dei componenti è fatto di acciaio. Questo espansore



Figura 30 NiTi Expander

può essere utilizzato contemporaneamente all'apparecchio fisso, necessitando solo un tubo aggiuntivo lingualmente alle bande sui molari. L'azione di questo apparecchio è la conseguenza della memoria di forma che possiede il Nichel Titanio e degli effetti della temperatura di transizione (Marzban R 1999). La componente in NiTi ha una temperatura di transizione di 94°F. A temperatura ambiente, l'espansore è troppo rigido per essere flesso e inserito in bocca. Riscaldare l'espansore ammorbidisce la componente centrale permettendo così una manipolazione più facile. Una volta inserito, si irrigidisce e inizia a tornare alla sua forma iniziale. Un incremento di 3mm di espansione richiede solo circa 350 mm di forza (Marzban R 1999) e la lega in NiTi garantisce livelli relativamente uniformi di forza man mano che l'espansore si disattiva.

## **ESPANSORI AD ANCORAGGIO SCHELETRICO**

Tradizionalmente, gli espansori mascellari erano ideali per i pazienti prepuberali e che avevano un'ampiezza transpalatale minore di 33-35mm, che è l'ampiezza media per i pazienti con dentizione mista (Spillane LM 1995). Appena i pazienti entrano nel picco di crescita puberale, le due estremità del palato si fondono. La fusione delle suture palatine rappresentano una sfida per i clinici che trattano pazienti andati oltre il picco di crescita e che presentano ancora discrepanza mascellare. Man mano che i pazienti maturano, se in trattamento con espansore, l'effetto di questi sarà sempre più dentale che scheletrico. Un'alternativa di trattamento nei pazienti postpuberali con discrepanza trasversale che non può essere corretta con solo movimento dentale, è il SARPE ( Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion). Nonostante l'indice di successo di tale procedura sia alta, è associata a con i rischi che normalmente si incontrano in ogni procedura chirurgica come dolore, emorragia, infezione, neuropatia, riassorbimento radicolare, discolorazione e devitalizzazione dentale. Molto più raramente si possono avere sinusite, svasamento della base alare, tinnito, lacrimazione, epistassi gravi e frattura della base cranica (Verquin M 2017).

Studi hanno mostrato che l'espansione ottenuta con MARPE è simile a quella ottenuta usando i tradizionali espansori come Hyrax, Haas e Quadhelix con un 40% di espansione scheletrica, 20% espansione alveolare e 40% tipping dentale. (Corbridge JK 2011) (Lim HM. 2017) (Parka JJ. 2017). In teoria quando il MARPE viene attivato, le forze dell'espansore vengono trasmesse dalle miniviti al palato risultando in un'espansione più scheletrica che dentale, una scoperta che suggerisce una migliore stabilità a lungo termine. Ad ogni modo, gli espansori tipo MARPE vengono considerati come un'opzione di trattamento non chirurgico clinicamente accettato per correggere discrepanze trasversali lievi e moderate in pazienti con maturità scheletrica raggiunta. Sembra che nei pazienti maturati l'effetto dei MARPE sui denti sia nettamente minore rispetto al loro utilizzo nei pazienti in crescita mentre l'effetto di espansione scheletrica sembra simile in pazienti in crescita e a fine crescita.

Esistono diversi apparecchi MARPE che possono essere o puramente ad ancoraggio scheletrico con 4 viti nel palato e nessun ancoraggio dentale tramite bande, oppure possono essere ibridi con 2 o 4 viti nel palato e un ancoraggio dentale con bande tipo

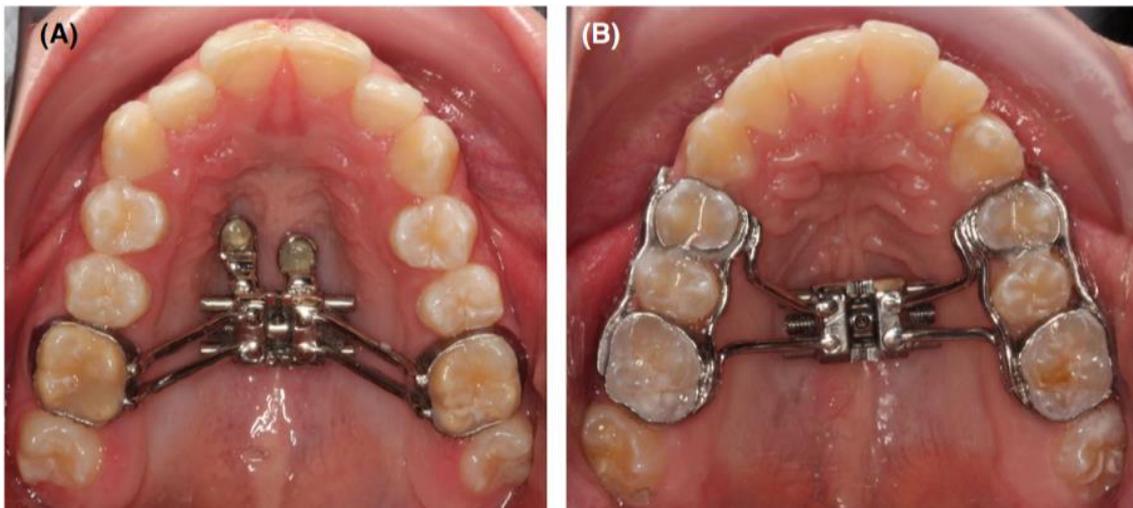


Figura 31 A. Hybrid Hyrax; B. Hyrax (De Paula Machado Pasqua R 2021)

“Hyrax Hybrid”

## LEAF EXPANDER

Come accennato agli inizi di questo capitolo, i REP presentano grandi vantaggi( minor tempo di trattamento, espansione scheletrica e alveolare efficienti), ma anche grandi svantaggi come dolore, discomfort per il paziente e possibili effetti collaterali come riassorbimenti radicolari, recessioni gengivali, eccessivo tipping molare. Per ridurre gli effetti negativi sulla componente dentale si è concepito il concetto di espansione lenta di cui abbiamo elencato una serie di apparecchi differenti che per molti anni sono stati tradizionalmente usati nella pratica clinica. Un problema che spesso si presentava nella risoluzione delle discrepanze mascellari era la necessita di compliance da parte di giovane paziente e genitori in quanto questi apparecchi richiedevano da protocollo un’attivazione domiciliare. Per cercare di risolvere sia gli effetti collaterali dentali che

il problema della compliance, è stato introdotto sul mercato dall’azienda italiana Leone, un nuovo tipo di espansore lento ad attivazione esclusivamente alla poltrona. Questo apparecchio è il Leaf Expander, ovvero un espansore in Nichel Titanio capace di generare una forza uniforme, lenta e continua. Il principale vantaggio di questo device è la sua facile attivazione e la non necessaria compliance da parte del paziente appunto (G. V.

Paoloni V. 2022). I dettagli di questo device verranno discussi a parte nel prossimo capitolo.

## **ALLINEATORI**

Al giorno d'oggi, col miglioramento dei software digitali di progettazione con tecnologia CAD/CAM e con l'avvento di nuovi materiali acrilici trasparenti, si è notato un aumento della richiesta di approcci estetici anche in pazienti giovani. (Roberta Lione 2021) (Galan-Lopez L 2019). L'estetica e la comodità sono ormai considerati fattori importanti nell'accettazione del trattamento in quanto i bambini sono diventati più consapevoli del loro aspetto con gli apparecchi ortodontici

## **ESPANSIONE PALATALE IN DENTATURA DECIDUA E IN DENTIZIONE MISTA PRECOCE**

L'Espansione scheletrica è più facile da realizzare quando la sutura palatina mediana non si è ancora chiusa completamente o quando presenta solo dei piccoli ponti iniziali di ossificazione, in quanto non è necessario esercitare una forza eccessiva ed eseguire delle microfratture estese per separare le metà palatali. qualsiasi dispositivo di espansione tenderà a separare la sutura palatina mediana e a spostare i molari in un bambino fino a 8 o 10 anni.

## **ESPANSIONE PALATALE IN DENTATURA MISTA TARDIVA**

Con l'aumentare dell'età, la sutura palatina mediana diventa sempre più strettamente interdigitata. Nel periodo della dentizione mista tardiva l'espansione suturale richiede spesso una forza relativamente intensa diretta contro la sutura, in modo tale da creare una microfrattura nelle spicole ossee interdigitate e separare le due metà del mascellare superiore. È necessario ricorrere a un'apparecchiatura fissa. L'unità di ancoraggio dovrebbe comprendere più denti possibili. In dentizione mista tardiva il riassorbimento radicolare dei molari decidui può essere talmente avanzato che questi non offrono una

resistenza sufficiente; conviene quindi essere più prudenti e aspettare l'eruzione dei primi premolari prima di iniziare a espandere.

## **ESPANSIONE PALATALE IN DENTATURA PERMANENTE PRECOCE**

Nella media adolescenza la possibilità di aprire la sutura palatina mediana con un dispositivo di espansione con bande o incollato è prossima al 100% ma, quando il picco di crescita adolescenziale termina, l'interdigitazione della sutura raggiunge un punto in cui l'apertura potrebbe non essere più possibile

## **ESPANSIONE LENTA O RAPIDA? DUE APPROCCI CLINICI DIFFERENTI**

Da quello che abbiamo detto fin ora nel capitolo 3, più si ritarda il trattamento della contrazione mascellare, più la sutura mediana palatina si ossifica e più è necessario applicare forza per separarla. È fondamentale dunque saper scegliere l'apparecchio più opportuno per il singolo caso ma la scelta va fatta anche in base al livello di compliance del paziente e della sopportazione del dolore oltre che in base allo stato di maturazione della sutura palatina ( che può essere più precisamente verificata attraverso l'analisi di una CBCT in visione cranio-caudale).

## **ESPANSIONE RAPIDA: PROTOCOLLO, VANTAGGI E SVANTAGGI**

Il primo clinico a introdurre gli apparecchi di espansione fu Angell nel 1960. In particolare concepì degli apparecchi ad espansione rapida (REP). Questi apparecchi, che verranno classificati successivamente nel capitolo, prevedono a grandi linee una placca metallica centrale contenente una vite in grado di essere ruotata, ovvero attivata. Questa attivazione si traduce in una forza che viene distribuita lungo la struttura mascellare in maniere differenti a seconda che gli ancoraggi siano dentali(tooth borne) o scheletrici(bone borne).

Il protocollo dell'espansione rapida prevede due attivazioni al giorno, una alla mattina e una alla sera, che corrispondono ciascuna a un quarto di giro della vite centrale in grado di dare un'espansione di 0.25mm, per un totale dunque di 0.50mm al giorno. In base ai millimetri di discrepanza da trattare si porta avanti l'espansione: ad esempio se devo espandere di 1 cm, che corrisponde a 10mm, dovrò espandere per 20 giorni. Il paziente deve essere monitorato settimanalmente e si continua l'attivazione fino a iper-correggere l'espansione: solitamente si aspetta che le cuspidi palatali dei molari superiori tocchino testa a testa le cuspidi vestibolari dei molari inferiori. Questa iper-correzione è necessaria in quanto questo tipo di espansione include sempre una certa entità di recidiva. Per evitare una recidiva totale, infatti, il protocollo prevede ad espansione avvenuta, un periodo di 3 mesi di contenzione che può, per esempio, essere garantita bloccando il REP con della resina in modo tale che la vite non vada a richiudersi. Questi 3 mesi sono necessari affinché nello spazio inter-suturale neofornato si formi nuovo osso strutturalmente stabile. L'obiettivo di questi apparecchi era di espandere la sutura palatina il più velocemente possibile, applicando forze ortopediche molto elevate (fino a 9-10 kg per emi-palato) e che dovevano avere più effetto espansivo sulla componente scheletrica rispetto che sulla componente dentale. Questo approccio clinico è ad oggi ancora bene accettato e utilizzato. Date le elevate forze applicate, questo approccio risulta molto efficace nella dentizione mista tardiva e permanente precoce dove la sutura è già a uno stato maturativo ben avviato. Un secolo dopo la descrizione del protocollo da parte di Angell, Haas pubblicò uno studio che provava che questa procedura clinica era in grado di aprire meccanicamente la sutura mediopalatina [Di Ventura et al., 2019]. C'è da dire tuttavia che tale procedura non era priva di rischi. Infatti i primi espansori rapidi presentavano un ancoraggio che poteva essere dentale e tessuto-dentale e le eccessive forze esercitate dall'apparecchio provocavano dopo le prime due settimane di attivazione previste, un effetto anche dentale potenzialmente deleterio. Infatti nelle prime due settimane (10-15gg), del 100% dell'espansione l'80% era scheletrico e solo 20% dentale, il che era positivo, ma successivamente a questo periodo l'effetto espansivo scheletrico scendeva a un 50% e quello dentale saliva fino al 50%. In questo scenario, alla grande sensazione di dolore (che già di base è prevista nel protocollo dell'espansione rapida per via delle grandi forze adoperate) si aggiungono eccessivo tipping buccale dei denti di ancoraggio (primi molari e primi premolari), recessioni gengivali a livello dei molari,

ulcerazioni o necrosi della mucosa palatale [ Bell, 1982; Kilic et al., 2008; Betts, 2016], riassorbimento radicolare [Langford et al., 1982], fenestrazione della corticale buccale, e instabilità dell'espansione [Wertz, 1970; Haas, 1980; Greenbaum et al., 1982; Nota et al., 2019].

Visto occlusalmente, Inoue notò che l'apertura della sutura palatina mediana era non parallela e triangolare, con apertura massima in corrispondenza della regione incisale e gradualmente diminuita man mano che ci si spostava nella regione posteriore del palato.

Nella visione frontale invece, la sutura mascellare si divide in maniera non parallela in direzione supero-inferiore. Risulta di forma piramidale con la base rivolta sul versante orale dell'osso. (Bishara SE, Maxillary expansion: Clinical implication. 1987).

Haas (Haas, Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. 1961) e Wertz (Wertz RA. 1970) hanno scoperto che la mascella tende a dislocarsi verso il basso e in avanti. Haas ha notato che il processo palatino del mascellare superiore si sposta in basso come risultato di un'inclinazione in fuori dell'emimascella. Dato che l'osso è elastico, la curvatura laterale dei processi alveolari avviene presto durante l'utilizzo del REP che ritornano nella loro posizione iniziale dopo qualche giorno (Isaacson RJ, Forces produced by rapid maxillary expansion. I. Design of the force measuring system 1964).

Anatomicamente, avviene un ampliamento delle cavità nasali che in media è di 1.9 mm ma può arrivare anche fino a 8-10 mm con risultato una migliore respirazione (Gray LP. 1975).

È importante per il clinico ricordare che la maggiore resistenza all'apertura della sutura palatina non è data dalla sutura stessa ma dalle strutture circostanti, in particolar modo l'osso sfenoide e zigomatico (Bishara SE, Maxillary expansion: Clinical implication. 1987).

L'espansione rapida è indicata nei casi con un discrepanza trasversale maggiore o uguale a 4 mm e laddove i molari mascellari siano già vestibolo inclinati per compensare la discrepanza trasversale scheletrica. L'espansione palatale rapida può essere infine anche utilizzata per guadagnare spazio in arcata per l'eruzione dei denti permanenti laddove lo

spazio sia insufficiente. L'utilizzo di tale procedura è invece controindicato in pazienti andati oltre il picco di crescita, pazienti con recessioni gengivali presenti sulla faccia vestibolare dei molari, pazienti con open bite, con piano mandibolare eccessivamente inclinato, profili convessi e pazienti poco collaboranti.

La quantità di cambiamento ortopedico versus ortodontico dipende in larga misura dall'età del paziente. La normale crescita del palato si completa solitamente intorno ai 6 anni e l'aumentare delle interdigitazioni della sutura rendono la sua apertura difficile da ottenere dopo la pubertà (Moyers RE 1976.) (Persson M 1977) (Hicks EP. 1978). I REP richiedono frequenti attivazione e generano forze pesanti come 2-5 kg per quarto di giro con carichi accumulati maggiori di 9 kg (Isaacson RJ, Forces produced by rapid maxillary expansion. Part II. Forces present during treatment 1964). Gli svantaggi nell'usare i REP includono discomfort dovuto alle forze pesanti impiegate, separazione traumatica della sutura palatina, incapacità di correggere le rotazioni dei molari, dipendenza dalla cooperazione di paziente e/o parente nell'attivazione dell'apparecchio, tendenza ad aprire il morso, recidiva, microtrauma dell'ATM e della sutura palatina, riassorbimento radicolare, collasso dei tessuti, dolore e procedura impegnativa nella fabbricazione dell'apparecchio.

È giusto informare in anticipo il paziente riguarda all'apertura del diastema durante l'espansione. Questo verosimilmente si richiude durante la fase di ritenzione. Il paziente deve essere istruito nell'avvitamento della vite dell'espansione (un quarto di giro 2 volte al giorno, una alla mattina, una alla sera). I pazienti devono essere rivisti ogni settimana e possibilmente va richiesta una radiografia per verificare che la sutura si sia effettivamente separata. Se tale separazione non è evidente, è importante smettere di attivare l'apparecchio per evitare il rischio di frattura del processo alveolare o lesione parodontale. Il trattamento attivo dura circa 2-3 settimane, finite le quali sono necessari 3 mesi di ritenzione e mantenimento per permettere la deposizione di nuovo osso maturo nello spazio inter-suturale. (Gill D 2004).

I REP possono essere classificati ad ancoraggio dentale, mucoso-dentale, osseo (come accennato nei paragrafi precedenti). Gli apparecchi ad ancoraggio tessuto-dentale e dentale si servono di bande inserite sui primi molari permanenti preferibilmente e ai primi premolari

## **ESPANSIONE LENTA: PROTOCOLLO, VANTAGGI E SVANTAGGI**

Per cercare di ridurre gli effetti dentali e parodontali dei REP tradizionali (ovvero quelli ad ancoraggio dentale e tessuto-dentale) una via percorribile è l'utilizzo di espansori ad attivazione lenta. Questi, a differenza dei precedenti, esercitano forze nettamente minori, intorno ai 450 fino a 900 grammi per lato. Nel lungo termine, l'entità di espansione dentale e scheletrica è simile a quella del REP, tuttavia le attivazioni avvengono una volta al giorno o addirittura a giorni alterni, per una velocità di espansione minore di 2mm per settimana. Si raggiunge la fine delle attivazioni intorno alla 10°-12° settimana. Anche qui avremo bisogno di un periodo di contenzione come per il REP ma il dolore percepito è minore, è sopportato meglio dal paziente, è meno ingombrante e la sutura non è più di tanto deformata. Infatti in questo tipo di espansione, la velocità di espansione e di deposizione ossea intrasuturale si avvicinano molto. Date le basse forze esercitate ovviamente, questo tipo di protocollo è applicabile solo in età prepuberale con dentizione decidua completa e dentizione mista precoce, quando la sutura palatina è ancora estremamente malleabile.

I grandi svantaggi di tale protocollo sono un aumento dei tempi di trattamento, una forte dipendenza dalla compliance del paziente( ancor più che nell'espansione rapida), effetti espansivi sul processo alveolo dentale maggiore rispetto al REP sul breve termine.

## **ESPANSIONE RAPIDA CON MARPE E SARPE**

Un metodo assolutamente più efficace per ottenere una buona espansione mascellare, con maggiore effetto scheletrico ortopedico e minore effetto dentale è stato proposto nel 2008 dal team di Suri et al. il SARPE (Surgically assisted Rapid Palatal Expansion) (A. M. González Moreno & A Zhou Wu 1, 2022). Nel 2010 Lee et al. hanno dimostrato come fosse possibile aprire una sutura con un alto grado di fusione utilizzando delle miniviti inserite nel palato ( Miniscrew Assisted Rapid Palatal Expansion, MARPE). Questo

nuovo approccio, dunque, permise non solo di avere più effetto scheletrico che dentale (laddove non necessario) ma anche di trattare pazienti con sutura pienamente, se non quasi, ossificata. Rispetto ai REP tooth borne tradizionali, i Bone borne danno più stabilità a lungo termine e gli ampliamenti scheletrici complessivi sono maggiori rispetto ai tooth borne. Alla fine del trattamento di espansione, tuttavia, l'efficacia dei due trattamenti nella separazione della sutura palatina sono paragonabili( (Chun JH. 2022)

Le scoperte fatte durante studi istologici hanno indicato ad ogni modo come l'inizio e lo sviluppo della fusione suturale dipenda in gran parte dall'età e dal sesso del singolo individuo ( Persson et al., 1977). Alcuni autori hanno invece sottolineato una ridotta correlazione tra età cronologica e grado di fusione, specialmente in giovani adulti (Angelieri et al.,2013). Per cui ad oggi è difficile per il clinico decidere quando applicare i protocolli SARPE ( Melsen, 1975; Persson et al., 1977; Angelieri et al., 2013; Di Ventura et al., 2019).

In uno studio del 2013, Angelieri et al. hanno descritto cinque stadi maturativa della sutura palatina mediana da A alla E ( Fig.19)

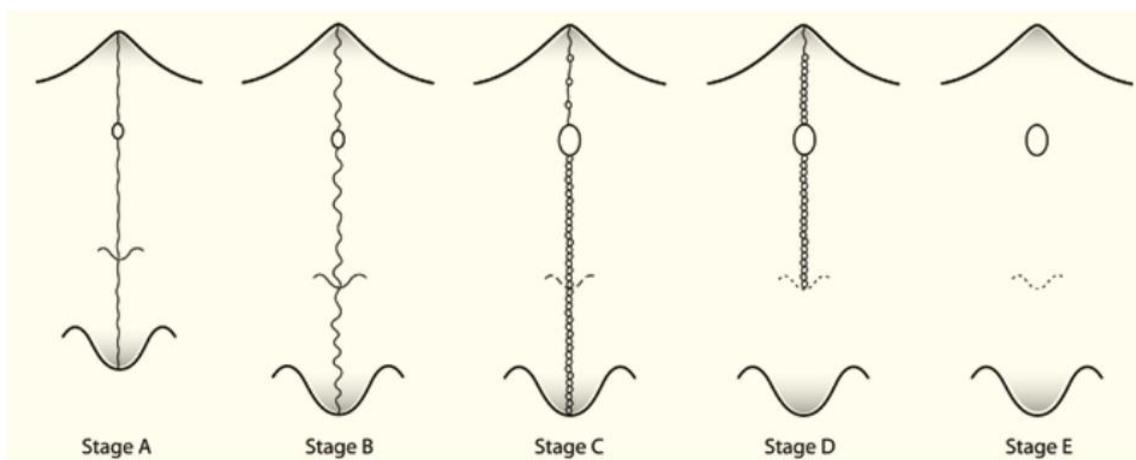


Figura 32 Stadi di maturazione della sutura palatina secondo Angelieri et al. 2013

Secondo Angelieri, pazienti con una maturazione A o B possono essere trattati con successo con le terapie REP tradizionali e anche il C, anche se con effetti scheletrici

minori. Pazienti invece in stadio D o E hanno risultati soddisfacenti se trattati con SARPE. Il protocollo MARPE rappresenta una valida alternativa di trattamento negli stadi C, permettendo un risultato scheletrico migliore.

## **APPROCCIO ALL'ESPANSIONE MASCELLARE: ALT RAMEC**

Come già accennato esistono diversi tipi di espansori che possono essere applicati secondo protocolli di rapida espansione o lenta. Ciascuno con determinate caratteristiche che verranno approfondite nei paragrafi successivi. Esistono espansori ad appoggio puramente dentale tramite bande cementate o incollate con spit in resina, espansori ad appoggio tessuto-dentale con delle componenti in resina acrilica, espansori a puro appoggio scheletrico tramite ausilio di miniviti (TADs = temporary anchorage devices); espansori ibridi ad appoggio sia dentale che scheletrico. Esistono anche tecniche ancora più moderne che prevedono un'espansione lenta ad attivazione puramente alla poltrona che prende il nome di Leaf Expander e grazie all'avvento di software altamente sempre più tecnologici e performanti, allo sviluppo di nuovi materiali acrilici trasparenti e alla richiesta crescente di apparecchi estetici, anche le mascherine sequenziali hanno iniziato a fare il loro ingresso nella terapia delle contrazioni mascellari.

Leaf Expander e Mascherine sequenziali verranno citate in questo capitolo ma ampiamente discusse nel dettaglio nel capitolo 4°.

Un altro protocollo di espansione che alterna espansione rapida e contrazione mascellare è stato inizialmente ideato da Liou per il trattamento dei pazienti con palatoschisi di classe III con deficit mascellare trasversale antero-posteriore. Questo protocollo prende il nome di Alt-Ramec e prevede che il paziente espanda e contraiga il mascellare alternativamente su base settimanale di 1 mm al giorno (due giri al mattino e due giri alla sera per un totale settimanale di 7 mm) utilizzando un espansore a doppia cerniera. Il trattamento viene eseguito per 7-9 settimane (Liou EJ 2005), poi il paziente indossa una maschera facciale

per la protrusione mascellare. L'obiettivo è quello di alterare non solo la sutura palatina mediana, ma anche le suture laterali e posteriori. L'approccio Alt-Ramec per la protrusione non può essere raccomandato al momento, ma ciò che lo rende interessante è se questo protocollo trovi o meno applicazione nell'espansione senza protrusione. Dai dati ottenuti utilizzando il protocollo Alt-RAMEC nei bambini senza schisi per un periodo di 9 settimane, risulta che ci sia stata una variazione trasversale statisticamente significativa del mascellare superiore, delle suture adiacenti e dei tessuti molli, oltre a un movimento in avanti e verso il basso di circa 1 mm in un punto A, ma non cambiamenti trasversali clinicamente diversi da quelli che si otterrebbero con la normale espansione mascellare. Quindi, come approccio singolo al solo trattamento di espansione mascellare, è un approccio molto più aggressivo del necessario e porta con sé dei rischi.

## **ESPANSIONE MASCELLARE E DISTURBI RESPIRATORI**

Non vi è dubbio che le vie respiratorie nasali e il volume del rinofaringe vengano aumentati dalla REP (a volte anche del doppio se misurati mediante CBCT nei bambini e negli adolescenti (Smith T 2012) (Hakan E 2014). Non sono disponibili dati relativi agli effetti sulle vie aeree in seguito a espansione lenta, ma non c'è motivo di ritenere che non siano gli stessi. Il problema è se l'espansione fornisce una migliore respirazione, specialmente per coloro che soffrono di apnea notturna. Vi sono prove che la resistenza nasale di solito diminuisce quando l'area trasversale minima e il volume nasale risultano migliorati in seguito ad espansione (Compadretti GC 2006). Per i pazienti con disturbi respiratori del sonno e senza ipertrofia adeno-tonsillare, il REP sembra ridurre i punteggi dell'indice di apnea-ipopnea (AHI) e dell'indice di arousal (breve risveglio) (Pirelli P 2004). Anche i bambini con lieve o grave ipertrofia tonsillare che mostravano sintomi di disturbi respiratori del sonno (M. C. Villa MP 2007), la REP ha prodotto una diminuzione dell'indice AHI che si è protratta per 36 mesi (R. A. Villa MP 2011).

A questo punto, utilizzando vere e proprie misure di respirazione, il REP sembra avere un effetto terapeutico per i bambini e gli adolescenti con apnea notturna. Questa considerazione giustifica forse l'espansione di routine nei soggetti con dimensioni del palato nella norma in crossbite vestibolare? Per quelli con resistenza al flusso d'aria nasale accertata, la risposta è sì. In caso contrario, non è chiaro come la REP possa migliorare la respirazione e l'espansione eseguita di routine è discutibile.

In alcuni pazienti, la costrizione mascellare può causare problemi rinofaringei con l'innalzamento del pavimento nasale in combinazione con un palato profondo e stretto (Gokce G. 2022). I problemi rinofaringei sono: ostruzione nasale, respirazione orale e diminuzione delle dimensioni delle vie aeree nasali dovuta all'aumentata espansione dei turbinati nasali. Dopo l'espansione mascellare, si ottiene un aumento dell'ampiezza delle cavità nasali, in particolare della base nasale adiacente alla sutura palatina media. Quando la mascella è separata trasversalmente in 2 metà, le pareti laterali delle cavità nasali si spostano anch'esse lateralmente. Un esame obiettivo delle dimensioni delle cavità nasali e della loro funzionalità è importante sia per la diagnosi che per il trattamento. Sono stati sviluppati molti metodi per questo scopo. Agli inizi furono usati rinostereometria, tecniche radiografiche e metodi di documentazione videoendoscopica. Dopodiché furono usati la rinomanometria e la rinometria acustica per misurare il flusso e la pressione d'aria nasale. La Rinomanometria, il metodo sviluppato più vecchio, dà una misura funzionale del flusso d'aria nasale e la resistenza delle vie aeree nasali. Il metodo introdotto più recentemente della rinometria acustica è usata per misurare le dimensioni del passaggio nasale attraverso un suono riflesso durante una breve interruzione della respirazione nasale. L'area transezionale minima che ne deriva e la sua collocazione denotano un sito anatomico di resistenza maggiore, mentre la misurazione del volume nasale teoricamente dona una forma delle dimensioni nasali più estesa. Questo metodo permette una valutazione oggettiva della patologia in base ai normali valori standardizzati e consente anche di determinare se l'ostruzione è strutturale, mucosa o entrambe.

Esistono in letteratura diversi articoli che tramite analisi in CBCT pre e post espansione con MARPE e REP dimostrano l'effettiva efficacia nell'ampliamento delle cavità nasali e dunque un effettivo miglioramento della respirazione sia sul breve che lungo termine (Shivam Mehtaa 2022) (Iwasaki T. 2021) l'utilizzo di ulteriori strumenti di valutazione

come la Rinomanometria e la rinometria acustica confermano tale efficacia (Arqub SA. 2021)

Secondo McNamara, l'ampiezza delle vie aeree superiori va misurata tra due punti di repere sui tessuti molli, ovvero la distanza minima che va dal malato molle fino al punto più vicino sulla parete posteriore della faringe. Ci sono stati studi che hanno calcolato l'effetto sulle vie aeree confrontando un trattamento con MPA (maxillary protrusion Appliances) e un trattamento MPA+ REP e non vi è dubbio che ci siano degli ampliamenti significativi delle vie aeree superiori, mentre è in dubbio l'efficacia sull'ampliamento delle vie aeree inferiori (M. Adobes Martin 2020). Altri studi hanno anche misurato e confermato l'effetto di apertura sul processo piriforme sia tegumentale che scheletrico (De Marco V. 2022). È stato anche dimostrata l'efficacia dell'espansione palatale chirurgicamente assistita (SARPE) e MARPE nei paziente adulti con OSA nonostante la CPAP (Continuous Positive Airway Pressure) sia ad oggi ancora la prima scelta di trattamento OSA. (Brunetto DP 2022)

# **CAPITOLO 4: LEAF EXPANDER E ALLINEATORI A CONFRONTO**

## **INTRODUZIONE**

Come detto nel capitolo precedente il REP è la procedura clinica ortopedica più comunemente usata per trattare la discrepanza trasversale mascellare (TMD). La costrizione mascellare può essere associata a diversi problemi che includono disarmonia oclusale, estetica e difficoltà funzionali come il restringimento delle vie aeree faringee, resistenza nasale aumentata, alterazioni della postura linguale e respirazione orale (G. V. Paoloni V. 2022). Per cui, il trattamento precoce di questa malocclusione attraverso l'espansione del palato è fortemente raccomandata.

Il REP genera delle forze pesanti a livello della sutura palatina mediana in un breve intervallo di tempo e produce una separazione immediata tramite lacerazione del tessuto connettivale suturale. Le forze prodotte da questo apparecchio possono arrivare fino a 16-20 chili..( (Lione R. 2013) (U. A.-B. Agostino P 2014) (Cannavale R 2018) (McNamara J.A Jr 2015). Secondo Cannavale, il REP induce un miglioramento sul lungo termine dell'ampiezza intercanina e intermolare con un guadagno complessivo di 2.9 mm anteriormente e 4.4mm posteriormente. Nonostante il REP sia una procedura efficace, alcuni autori si sono focalizzati sulle conseguenze indesiderate di queste forze pesanti sulla sutura, l'osso alveolare parodontale e i denti.

Ecco perché recentemente , oltre al concepimento dei protocolli MARPE e dunque degli ancoraggi scheletrici, la comunità scientifica si è interessata maggiormente rispetto al passato ai protocolli di espansione lenta SME (slow maxillary expansion).

Nel capitolo precedente abbiamo già fatto una classifica dei vari device creati per ogni tipo di protocollo. In particolare ora approfondiremo un device di nuova concezione solo brevemente accennato nel capitolo precedente: il Leaf Expander. Dopo aver inquadrato al meglio tale device, approfondiremo il trattamento della TMD con allineatori. Nel capitolo 5° infine verrà presentato un trial clinico volto a confrontare i due device con

l'obiettivo di stillare nuovi protocolli operativi per il trattamento delle discrepanze trasversali mascellari.

## LEAF EXPANDER

### CARATTERISTICHE TECNICHE E PROTOCOLLI

Negli ultimi tempi la nostra attenzione si è focalizzata sulle modalità di azione e sull'efficacia clinica dell'espansore riattivabile con molle a balestra in NiTi MEMORIA, denominato Leaf Expander, nato nel 2013, da una evoluzione del concetto su cui si basava il suo predecessore, l'E.L.A (Espansore Lento Ammortizzato), dotato di una molla compressa riattivabile in acciaio (C.Lanteri, F. Francolini 2005). Il Leaf Expander è un dispositivo ortodontico progettato e costruito su misura individuale, che permette di realizzare l'espansione del mascellare prevalentemente mediante rimodellamento dento-alveolare, con forze leggere e continue, predeterminate per intensità, direzione, con ammontare dello spostamento predicibile (Lantieri C. 2016). Il Leaf Expander(LE), è costituito da una struttura metallica in acciaio Cr-Co, dotato di una vite centrale la cui attivazione genera la compressione di due o più molle a balestra in Nichel-Titanio. La struttura del LE ha l'apparenza del tutto simile a quella di un comune espansore rapido o lento, ma ne differisce sostanzialmente per le caratteristiche della componente attiva e per la modalità d'azione. La vite, infatti, non agisce direttamente sui denti di appoggio, bensì comprimendo una molla a balestra in Nichel Titanio che, in fase di disattivazione recupera le sue dimensioni, determinando un'espansione calibrata dell'arcata superiore.

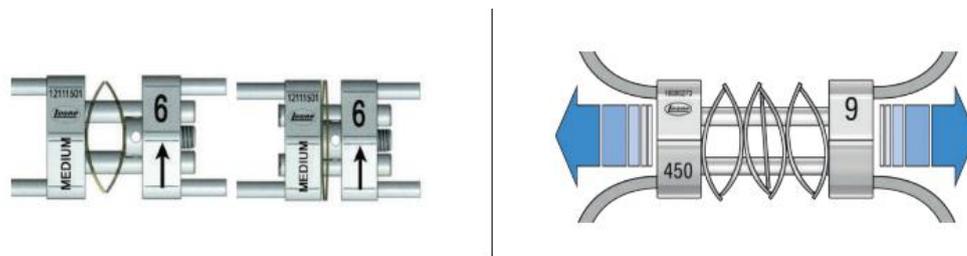


Figura 33 Schema di attivazione Leaf da 6mm (a sinistra) e da 9 mm (a destra)

Dal punto di vista biomeccanico il L.E si differenzia nettamente da tutti i vari dispositivi in ortodonzia fissa attualmente in uso, in grado di determinare espansione mascellare lenta, quali ad esempio la barra di Gosgharian, il Quad-Helix di Ricketts o Ni-Ti Expander. Il nuovo dispositivo infatti riunisce alcune caratteristiche che possiamo considerare ottimali per un apparecchio ortodontico di espansione fisso quali ad esempio: numero di sedute di riattivazione intraorale estremamente ridotto; attivazioni di facile esecuzione; assenza di dolore anche nelle prime fasi dell'espansione; controllo dell'inclinazione vestibolare con realizzazione di un movimento in direzione vestibolare, tendenzialmente corporeo a condizione che l'apparecchio sia accuratamente modellato a livello del colletto del maggior numero possibile di denti e che rechi delle estensioni per i canini permanenti, se presenti in arcata; elevato controllo della progressione del movimento; impossibilità di disattivazione del dispositivo per azione delle forze occlusali; sviluppo di forze leggere, predeterminate e continue; possibilità di graduare con precisione l'entità del movimento, assenza di rischio di iper espansione.

Le caratteristiche strutturali più comuni del L.E. prevedono l'impiego di due bande posizionate abitualmente sui molari decidui o sui primi molari permanenti, con possibili variazioni e adattamenti richiesti da specifiche situazioni cliniche. Per assicurare stabilità ed efficacia ottimali la struttura metallica laterale deve risultare ben modellata e aderente al colletto linguale degli elementi diatorici mentre i bracci di coniugazione tra la vite centrale e le componenti laterali devono rimanere ben scostati dalla mucosa palatina (2.5 mm circa), per evitare il rischio di decubiti. Quando sono presenti in arcata i canini superiori, si eseguono due estensioni ben modellate, aderenti alla loro superficie linguale, per aumentare l'effetto espansivo nel settore anteriore ed incrementare la stabilità dell'apparecchio. La cementazione si effettua con un cemento di tipo vetro ionomerico a rilascio di fluoro. Numerosi studi hanno dimostrato che, in caso di deficit trasversale del mascellare, nella maggior parte dei casi la discrepanza media è inferiore a 5 mm; pertanto, la vite da 6 mm può risultare sufficiente nella quasi totalità dei casi clinici. Per deficit maggiori si può fare ricorso alla vite da 9 mm. Sia nella vite da 6 mm che in quella da 9 mm, ogni attivazione determina un'espansione della vite di 0,1 mm ovvero 1 mm ogni 10

attivazioni. Generalmente il Leaf expander da 450 g viene utilizzato su pazienti in dentizione decidua/mista, mentre la versione da 900 g è preferibile quando il paziente è in dentizione permanente. La scelta tra vite da 6 mm o da 9 mm si basa sulla discrepanza da risolvere: in caso di crossbite monolaterale è sufficiente la vite da 6 mm, mentre nel crossbite bilaterale si raccomanda la vite da 9 mm. Nel tipo da 6 mm le molle a balestra sono due. Normalmente si eseguono 10 attivazioni/4 settimane, in un'unica seduta, raggiungendo in 12 settimane il numero massimo di attivazioni effettuabili, pari a 30.

Il tipo da 9 mm è caratterizzato dalla presenza di tre molle a balestra che permettono di ottenere l'espansione massima con 45 attivazioni, al ritmo di 15 attivazioni/6 settimane, eseguite nel corso della stessa seduta, raggiungendo in 18 settimane il numero massimo di attivazioni effettuabili, pari a 45.

ATTUALMENTE SONO DISPONIBILI 4 TIPI DI LEAF EXPANDER®	
1.	6 mm - 450 gr
2.	6 mm - 900 gr
3.	9 mm - 450 gr
4.	9 mm - 900 gr

Figura 34 Tabella tipi di L.E (ditta Leone)

<p><b>PROTOCOLLO 1</b> Il Protocollo 1 propone la gestione dell'attivazione della vite in 3 sedute durante l'intero ciclo di trattamento, pertanto è utile fare una distinzione tra la vite da 6 mm (450 gr e 900 gr) e 9 mm (450 gr e 900 gr). In tabella sono riportate le descrizioni delle sedute di attivazione.</p> <p><b>PROTOCOLLO 2</b> prevede la riattivazione completa della vite in una sola seduta ed è suggerito nei casi con pazienti non collaboranti, con necessità di sedazione o quando esigenze logistiche e organizzative del paziente e/o dell'ambulatorio ortodontico richiedono di programmare appuntamenti distanziati nel tempo. Le condizioni per la riattivazione completa si verificheranno in media dopo 18 settimane per la vite 6 mm e 26 settimane per la vite da 9 mm. In questi casi, per rendere la procedura più confortevole per il paziente, si può suddividere la riattivazione in 3 step, di 10 o di 15 fori a seconda della dimensione della vite, intervallati da 2-3 minuti di pausa.</p> <p><small>NB: il Protocollo 1 (n°3 riattivazioni mensili a decorrere dal secondo mese) rappresenta la scelta di elezione. In entrambi i Protocolli, 1 e 2, è necessario eseguire esclusivamente il numero di attivazioni richieste per la ricompressione delle molle a balestra, verificando che tra queste persista uno piccolo spazio; ulteriori attivazioni, infatti, produrrebbero forze pesanti, simili a quelle richieste per l'espansione rapida.</small></p>
---

Figura 35 Protocolli di attivazione che possono essere utilizzati clinicamente (ditta Leone)

Modello	Cementazione leaf	I seduta	II seduta	III seduta
6 mm		dopo 6 settimane	dopo 4 settimane	dopo 4 settimane
A2703-06	Sblocco molle	10 attivazioni	10 attivazioni	10 attivazioni
A2704-06	0 attivazioni			
9 mm		dopo 8 settimane	dopo 6 settimane	dopo 6 settimane
A2703-10	Sblocco molle	15 attivazioni	15 attivazioni	15 attivazioni
A2704-10	0 attivazioni			

Figura 36 Differenza tra protocollo Leaf expander da 6 e 9 mm ( Lanteri C.)

## CASO CLINICO

Paziente femmina di 6 anni con deviazione della linea mediana, crossbite posteriore monolaterale sinistro, mancanza di spazio per eruzione di 1.2 e 2.2 e discrepanza trasversale mascellare. Trattata con Leaf expander 6mm da 450 grammi.





*Figura 37 Foto intra-orali pretrattamento*



*Figura 38 Teleradiografia latero-laterale (a sinistra) e Ortopantomografia (a destra): pretrattamento*

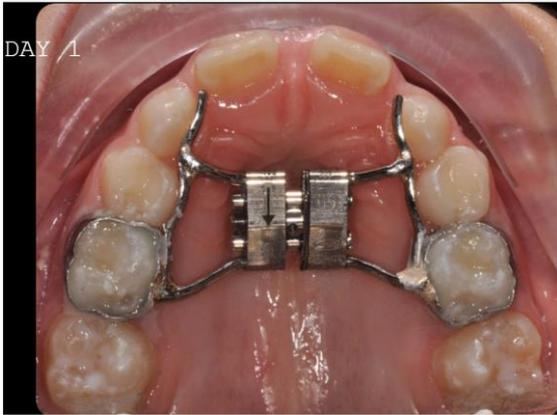


Figura 39 foto oclusale superiore con Leaf appena montato con ancoraggio dentale sugli E (secondi molari decidui)



Figura 40 foto oclusali pre-espansione (a sinistra) e post-espansione (a destra)



Figura 41 foto frontali pre-espansione (sopra) e post-espansione (sotto)

## **PROTOCOLLO DI ESPANSIONE RAPIDA CON LEAF EXPANDER: TWO IN ONE**

Secondo recenti studi in corso di pubblicazione, dal confronto tra espansione rapida ed espansione con Leaf Expander emerge la maggior efficacia della prima riguardo all'aumento della pervietà delle vie aeree nasali. Da questa osservazione, per migliorare la performance correttiva nei soggetti respiratori orali con deficit mascellare, nasce il protocollo "TWO IN ONE". In altri termini il Leaf Expander può essere adoperato anche per ottenere l'espansione rapida del palato, semplicemente modificando la gestione delle attivazioni; in questa ipotesi, naturalmente si renderà necessaria la collaborazione da parte del paziente. L'apparecchio viene consegnato al clinico con le molle a balestra completamente compresse, analogamente ai protocolli precedenti. Ulteriori attivazioni (3 mm per la vite da 6 mm per complessive 30 attivazioni e 4.5 mm per la vite da 9 mm per complessive 45 attivazioni) comporteranno l'azione diretta della vite sui denti d'appoggio, con produzione di forze ortopediche. Per il corretto utilizzo della modalità "TWO IN ONE" è bene ricordare che con 10 attivazioni si ottiene 1 mm di espansione della vite, ciò significa che per ottenere un'espansione di 0.2mm/die, come suggerito dalla maggioranza degli autori, si dovranno eseguire 2 attivazioni al giorno, sia con la vite da 6 mm che con quella da 9 mm. Una volta esaurita la fase ortopedica, l'espansione proseguirà spontaneamente con forze leggere (450 o 900 grammi), per effetto della disattivazione delle molle a balestra. Qualora si cercasse di ottenere un'espansione ortopedica in un soggetto border line per età, in caso di mancata diastasi della sutura, si potrà eseguire la disattivazione della vite, riportando le balestre, nel range di azione delle forze leggere, ripristinando così la funzione di espansore lento

# **ALLINEATORI**

## **INTRODUZIONE**

Gli allineatori ( in inglese “Clear Aligners, CA) hanno iniziato ad essere usati nell’ortodonzia a partire dal 1946 quando il Dottor Harold Kesling introdusse l’utilizzo di una serie di “tooth positioners” termoplastici per raddrizzare l’allineamento dentale.

Il trattamento con CA si è evoluto soprattutto durante gli ultimi 15 anni attraverso lo sviluppo di nuove tecnologie e materiali che ampliarono sempre di più il range di movimenti dentali possibili.

## **CARATTERISTICHE TECNICHE, VANTAGGI E SVANTAGGI**

I principali vantaggi del trattamento con allineatori sono una migliore estetica, una migliore accettazione da parte del paziente e miglioramento generale della qualità di vita. In oltre gli allineatori causano meno dolore se paragonati agli apparecchi ortodontici fissi tradizionali e si sono riscontrati anche un miglioramento degli indici di salute gengivale e parodontale. Il trattamento con allineatori è solitamente attuato in combinazione con altri ausili e procedure ortodontici come per esempio attachments, elastici inter-arcata e riduzioni interprossimali. Ad ogni modo, ci sono limiti significativi per quello che riguarda il trattamento di malocclusioni complesse dove, per esempio, si hanno grandi discrepanze intermascellari. Inoltre si è visto che la compliance del paziente è un’importante variabile per un buon risultato finale del trattamento. Il clinico che decide di usare gli allineatori deve affidarsi alla propria esperienza clinica, opinione di esperti e pubblicazioni evidence-based molto limitate. Gli allineatori possono essere usati come device di trattamento sia dall’ortodontista che dal dentista generico e il grado di esperienza del clinico con tale device è rilevante per la buona riuscita del trattamento. (d'Apuzzo F. 2019).

Un crescente numero di pazienti sta esprimendo il desiderio di aumentare le alternative estetiche agli apparecchi ortodontici fissi tradizionali oggi giorno. L’introduzione di

allineatori ha aumentato la richiesta per l'utilizzo di tale apparecchio grazie alla sua grande trasparenza. È interessante vedere quanto le tecnologie per il trattamento abbiano fatto un grande progresso in termini di pianificazione del trattamento tale che, ad oggi, gli allineatori sono considerati una parte essenziali per ogni pratica ortodontica.

Visto che il clinico, per il processo decisionale dei piani di trattamento, deve prendere come punto di riferimento la letteratura scientifica evidence-based, sono stati condotti molti studi volti a valutare l'efficacia degli allineatori per quello che riguarda il raggiungimento di obiettivi di trattamento previsti. Robertson et al dichiarano che la maggior parte dei movimenti dentali generati dagli allineatori non siano abbastanza predicibili nonostante le recenti tecnologie avanzate. Una revisione sistematica recente ha affermato che la predicibilità dei movimenti di rotazione dentale, specie per i canini, con gli allineatori non è accurata. Un altro studio ha rivelato che i modelli previsti non rispecchiano accuratamente l'occlusione finale del paziente alla fine del trattamento (Wesam Mhd Mounir Bakdach 2022). Il fallimento degli allineatori nel raggiungimento preciso degli obiettivi preposti potrebbe essere attribuito all'instabilità chimica/fisica durante l'applicazione clinica. La maggior parte di questi manufatti è fabbricato con poliuretano, polietilene tereftalato modificato con glicole, polipropilene e policarbonato. Per garantire forze costanti e uniformi sui denti durante un trattamento ortodontico con allineatori, un materiale ideale dovrebbe presentare proprietà ideali che rimangano statiche durante tutta la durata del trattamento. Diversi studi in vitro sui materiali degli allineatori hanno mostrato che il rilascio di forze durante un uso precoce di allineatori può produrre cambiamenti significativi sul comportamento dei polimeri, il che comprometterebbe il movimento dentale programmato. In più è stato anche sottolineato il fatto che, nel tempo, i materiali di cui è fatto l'allineatore si degradano. Cambiamenti della temperatura e assorbimento di acqua possono diminuire il modulo di elasticità di Young del materiale, riducendo così le forze ortodontiche. Al momento non esistono studi in grado di descrivere gli effetti di umidità e temperatura sugli allineatori mentre in bocca al paziente; tuttavia, cercare di analizzare il comportamento di tali materiali in test in vitro può aiutare a comprendere il motivo della bassa accuratezza di tale device. Si è visto infatti che il movimento più predicibile è il tipping bucco-linguale delle corone mentre il movimento con meno accuratezza è la rotazione, soprattutto di canini, premolari e molari.

Gli allineatori furono inizialmente indicati per casi con malocclusione lieve. Successivamente, con lo sviluppo sempre più massivo delle tecnologie CAD/CAM, dei software di programmazione digitale e dei materiali, si è stato in grado di estendere l'utilizzo di allineatori in casi di malocclusione man mano più complessi. Tra altri ulteriori vantaggi vi è una riduzione dei tempi alla poltrona, una maggiore comodità nel mangiare e un'igiene migliore se comparato con gli apparecchi tradizionali. Come accennato nei paragrafi precedenti però, continuano a esserci problemi nella gestione di malocclusioni particolarmente complesse come la chiusura degli spazi post estrazioni, il raggiungimento di un adeguato contatto occlusale e espansione d'arcata, controllo sulla correzione dell'overjet. Ci Sono studi pubblicati che, comparando le apparecchiature fisse con gli allineatori, hanno mostrato una carenza di metodologia in questi ultimi (il 63% degli studi infatti aveva un alto rischio di bias). Inoltre presentano un'assenza di gruppi controllo, di corretti test in cieco o procedure di randomizzazione dei campioni e le dimensioni del campione degli studi su allineatori erano generalmente piccole. (Weir 2017). Nel 2012, Robert Kleim, l'editore del Journal of Clinical Orthodontics nominò due maggiori vantaggi dei precedenti 15 anni dell'ortodonzia, quelli degli apparecchi di ancoraggio temporaneo e Invisalign. Fu successivamente detto: “ Invisalign ha offerto ai pazienti una valida alternativa agli apparecchi fissi” e che “ oggi, praticamente ogni malocclusione può essere trattata con successo usando queste tecnologie o simili (Kleim 2012). Gli Allineatori sono una naturale estensione dell'utilizzo dei tooth positioners, l'apparecchio introdotto dal TP Orthodontics nel 1945, e anche gli Spring Aligners per l'allineamento dentale furono impiegati dagli ortodontisti per molte decadi. Queste idee furono successivamente sviluppate da Nahoum, Ponitz, McNamara, Sheridan e Truax, prima di essere combinati recentemente con gli avanzati materiali trasparenti termoplastici e la tecnologia CAD/CAM. Questo portò all'utilizzo degli allineatori sempre più massivo e efficiente per l'allineamento dentale in una varietà di malocclusioni. (Kesling 1945) (H 1959) (Ponitz 1971) (McNamara JA. 1985) (Sheridan JJ. 1993).

Facendo una ricerca nel 2015 su internet, digitando “Clear Aligners” sono usciti più di 27 tipologie differenti di allineatori che possono essere categorizzate in: MTM (minor tooth movement), alternative dirette al consumatore, “Make your Own Aligners” e i “Sistemi Complex, Comprehensive”.

Gli MTM sono classificati come una alternativa più economica dei trattamenti Comprehensive e questa categoria comprende Originator, Simpli 5, MTM clear Aligner e Clearguide System.

Le alternative dirette al consumatore sono da considerare come dei trattamenti “fatti in casa” dove il paziente si applica gli apparecchi da casa con assistenza in remoto di un professionista ed è un’alternativa economica e poco affidabile. Di questa categoria fanno parte Crystal Braces e Smile Care Club.

I “Make Your Own Aligners”, grazie ai software di progettazione di trattamento 3D, integrati con scanners e stampanti 3D, permettono la fabbricazione totale in casa o in laboratorio. Prodotti di questa categoria sono Orchestra, 3Shape e Suresmile

I sistemi invece Comprehensive permettono un controllo migliore della posizione del dente in tutti e tre i piani dello spazio grazie non solo ai sistemi CAD CAM, progettazione su software e scannerizzazioni intra-orali, ma anche all’utilizzo di attachments in resina composita incollati sul dente e la possibilità di aggiungere ulteriori funzionalità. Fanno parte di questa categoria Invisalign, ClearCorrect, ClearPath, eClinger, K Line e Orthocaps. L’allineatore ad oggi più complesso e disponibile è Invisalign che offre l’utilizzo sia di impronte digitali che analogiche, aggiustamenti da parte del dentista con un alto grado di precisione tramite progettazione computer guidata .sia della posizione dei denti finali sia della forma e posizione degli attachments in composito su ciascuno di essi. Data la possibilità di avere una migliore igiene e avere meno stress a livello parodontale, si è riscontrato un successo migliore nel trattamento ortodontico dei pazienti parodontopatici. Certezze minori esistono riguardo ai vantaggi degli allineatori rispetto alle apparecchiature fisse per quello che riguarda l’efficienza. Uno studio di Bushang et al del 2015 sull’efficienza ha confermato che nonostante ci siano tempi ridotti alla poltrone, il tempo risparmiato vengo però controbilanciato dal tempo che il clinico impiega per progettare il trattamento sul software ( il ClinCheck) (PH Bushang 2014).

Una revisione sistematica della letteratura di Buschang et al del 2014 ha mostrato che gli allineatori sono raccomandati per il trattamento di malocclusioni semplici.

Si è visto che gli allineatori hanno anche meno casi di urgenze. Nei casi in cui una mascherina si danneggia, si ha la possibilità di averne una nuova entro 2 settimane durante le quali si chiede al paziente di rimettere la mascherina precedente.

Bushang et al hanno notato che , come regola generale, gli allineatori allineano e livellano le arcate. L'intrusione dei denti anteriori e il controllo dell'inclinazione buccolinguale dei posteriori è relativamente predicibile. L'estrusione dei denti anteriori, le rotazioni dei molari e l'inclinazione buccolinguale degli anteriori invece sono più problematici.

Uno studio preliminare di Castroflorio et al. riguardo alla predicibilità di piccoli cambiamenti dell'inclinazione buccolinguale dei denti anteriori usando gli apparecchi Invisalign ha riportato un alto grado di accuratezza (Castroflorio T. 2013), anche se lo studio ha avuto diversi errori nella selezione del campione e nella metodologia. Ad ogni modo, il numero, la qualità e l'eterogeneità degli studi rende difficile l'interpretazione dei risultati (Buschang PH. 2014)

TOOTH MOVEMENT	PREDICTABILITY WITH ALIGNERS ALONE		
	Predictable	Moderate	Difficult
Crowding or spacing per arch	Up to 6mm	6-8mm	>8mm
Midline discrepancy	Up to 2mm	2-3mm	>3mm
Central incisor rotation	Up to 40°	40-50°	>50°
Lateral incisor rotation	Up to 30°	30-40°	>40°
Canine and premolar rotation	Up to 45°	45-55°	>55°
Molar rotation	Up to 20°	20-30°	>30°
Anterior extrusion per arch	Up to 2.5mm	2.5-3mm	>3mm
Anterior intrusion per arch	Up to 0.5mm	0.5-1mm	>1mm
Posterior intrusion per arch	Up to 0.5mm	0.5-1mm	>1mm
Posterior extrusion per arch	0mm	0.5mm	>0.5mm
Expansion per quadrant	Up to 2mm	2-3mm	>3mm
Anteroposterior correction	Up to 2mm	2-4mm	>4mm
Incisor lingual root torque	0-10°	10-15°	>15°
Posterior tooth lingual root torque	0-5°	5-10°	>10°
Posterior tooth distal movement (maxilla)	0-2mm	2-4mm	>4mm
Posterior tooth mesial movement	0-1mm	1-2mm	>2mm

Figura 42 tabella riassuntiva sulla predicibilità dei vari movimenti dentali secondo le aziende più grandi produttrici di allineatori: Align Technology e ClearCorrect ( Weir 2017)

I parametri che influenzano le caratteristiche biomeccaniche degli allineatori includono le proprietà del materiale, lo spessore del materiale e l'accuratezza del fitting dell'allineatore al dente e ad ogni singolo attachment (Simon M 2014).

Gli allineatori possono essere fabbricati in serie e sono basati su una progressiva alterazione della loro forma.

## **METODI DI CREAZIONE DEGLI ALLINEATORI**

Alcuni allineatori sono creati sottovuoto e altri sono creati sotto pressione. Nahoum (Nahoum 2014) fa una distinzione tra questi due tipi di lavorazione. Entrambe le metodiche utilizzano aria compressa ma nel metodo sottovuoto viene applicata una pressione di 3-14 psi mentre nel metodo sotto pressione si arriva fino a 100 psi. Fino a un certo limite, il dettaglio della superficie interna dell'allineatore e la sua adesione alla superficie dentale necessaria a ottenere un grip e generare forze su un dente o su attachment dipende proprio dalla pressione dell'aria. Pressioni più alte, dunque, tendono a migliorare le forze generate e quindi la precisione del movimento.

## **GLI ALLINEATORI E L'USO DEGLI ATTACHMENT, E GEOMETRIE MODIFICATE.**

Gli attachments sono una caratteristica di alcuni sistemi di allineatori. Sono stati introdotti per funzione ritentiva degli apparecchi sui denti e per estendere le abilità di questi di attuare movimenti che altrimenti non avverrebbero in modo predicibile (Djeu G 2005).

Nel 2014 Simon et al., in uno studio retrospettivo, hanno analizzato la rotazione dei premolari e hanno concluso che l'utilizzo di attachment e la quantità di movimenti per allineatore influenzava significativamente la predicibilità del trattamento (Simon M 2014). Dal 2010 Align Technology ha prodotto una serie di attachment con design



estetici anche in soggetti in età di sviluppo e di crescita. L'estetica e la convenienza sono già emersi come fattori importanti nell'accettazione del trattamento in quanto i bambini sono diventati ad oggi sempre più consci del loro aspetto con gli apparecchi ortodontici. Tra le ultime innovazioni, l'Align Technology ha introdotto il sistema FIRST che consiste nell'utilizzo di allineatori nella fase I del trattamento di pazienti con età compresa tra i 6 e i 10 anni con crossbite, deepbite, affollamento e diastemi.

Il problema principale di questo sistema è il mantenimento del fitting della mascherina ai 00denti mentre questi esfoliano ed erompono (Lione 2021) (Blevins R., Phase I orthodontic treatment using Invisalign first 2019) (M. S. Staderini E 2019). Gli allineatori del sistema FIRST sono progettati appositamente per semplificare la gestione delle malocclusioni dei giovani pazienti, includendo corone cliniche più corte, denti in eruzione e discrepanze trasversali.

Molti autori hanno riportato che ad oggi, gli allineatori sono capaci di trattare quasi tutti i tipi di malocclusione nei pazienti adulti, dal lieve al severo. (Harris K 2020) (Frongia G 2012), ma pochi autori hanno riportato studi sull'utilizzo degli allineatori in dentizione mista (P. R. Staderini E 2020). Nel 2019 Blevins ha descritto 3 casi trattati con Invisalign First System con l'obiettivo di risolvere un affollamento, una malocclusione di classe II, un deepbite e un crossbite anteriore.

Staderini et al nel 2020 hanno pubblicato un altro studio. In questo caso vennero presentati casi di bambini di 8 anni con crossbite anteriore corretto usando il protocollo First. Gli autori conclusero affermando che l'utilizzo di allineatori trasparenti per la correzione del crossbite anteriore in dentatura mista dovrebbe essere considerato come una modalità di trattamento confortevole e ben tollerato dai giovani pazienti.

Uno degli obiettivi della terapia ortodontica nella dentizione mista è espandere la forma d'arcata mascellare per permettere un corretto allineamento dentale e una correzione della malocclusione in senso sagittale e verticale. Come riportato da McNamara et al., la discrepanza trasversale mascellare è uno dei problemi scheletrici in ortodonzia più pervasivi. La coordinazione trasversale tra arcata superiore e inferiore è uno step necessario al raggiungimento di un buon rapporto inter-arcata (McNamara 2000).

Ad ogni modo, i protocolli di trattamento ad oggi esistenti non permettono una standardizzazione della fase I del trattamento ortodontico e un miglioramento del successo. Questa mancanza di informazioni rende difficile ai clinici caratterizzare i movimenti dentali, inclusa l'efficacia dell'espansione trasversale con Invisalign nei bambini.

### CASO CLINICO

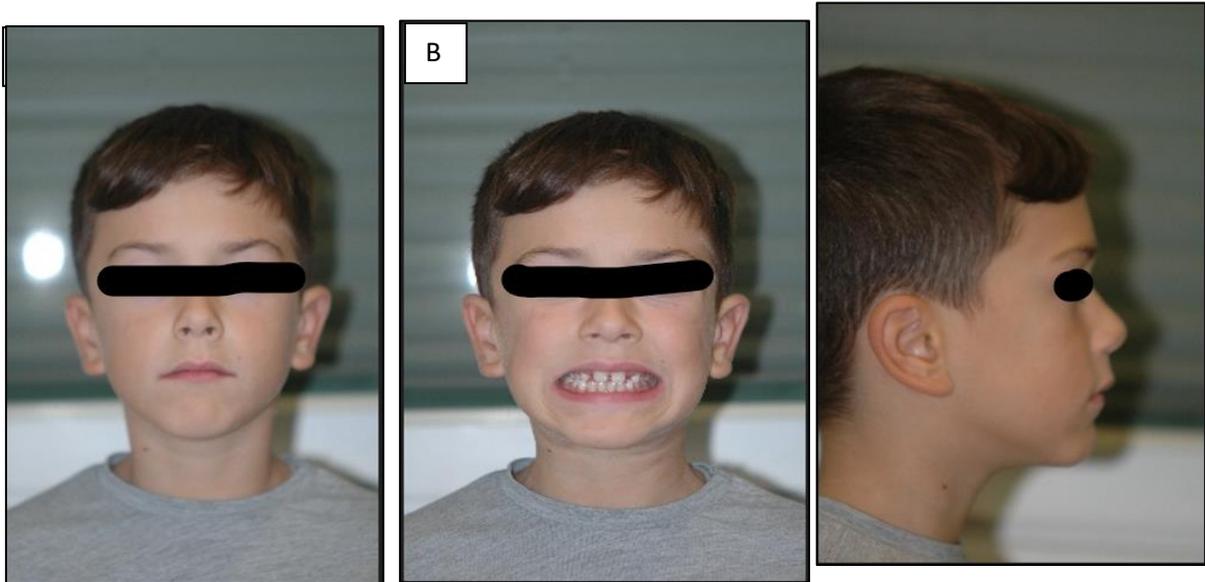


Figura 45 foto extra-orali frontale (A), frontale con sorriso(B) e di profilo (C)

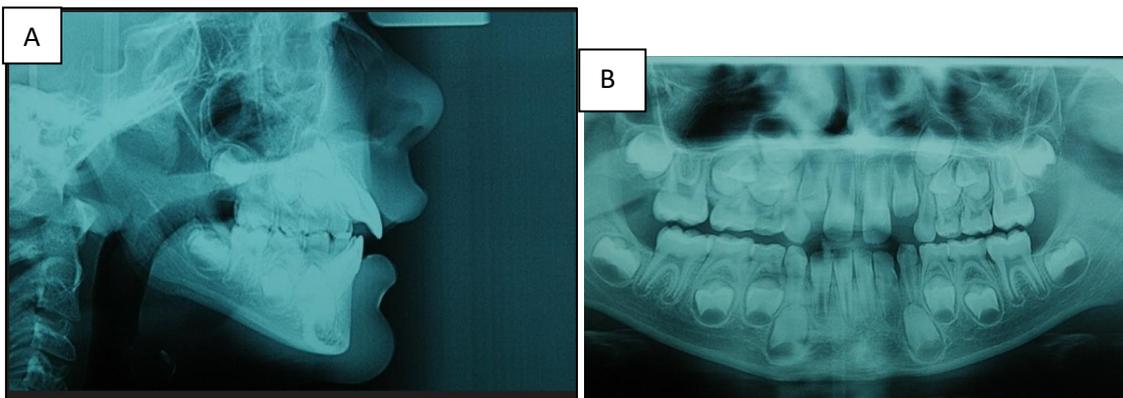


Figura 46 profilo scheletrico e cutaneo in teleradiografia latero-laterale prima dell'espansione(A) e ortopantomografia iniziali (B)

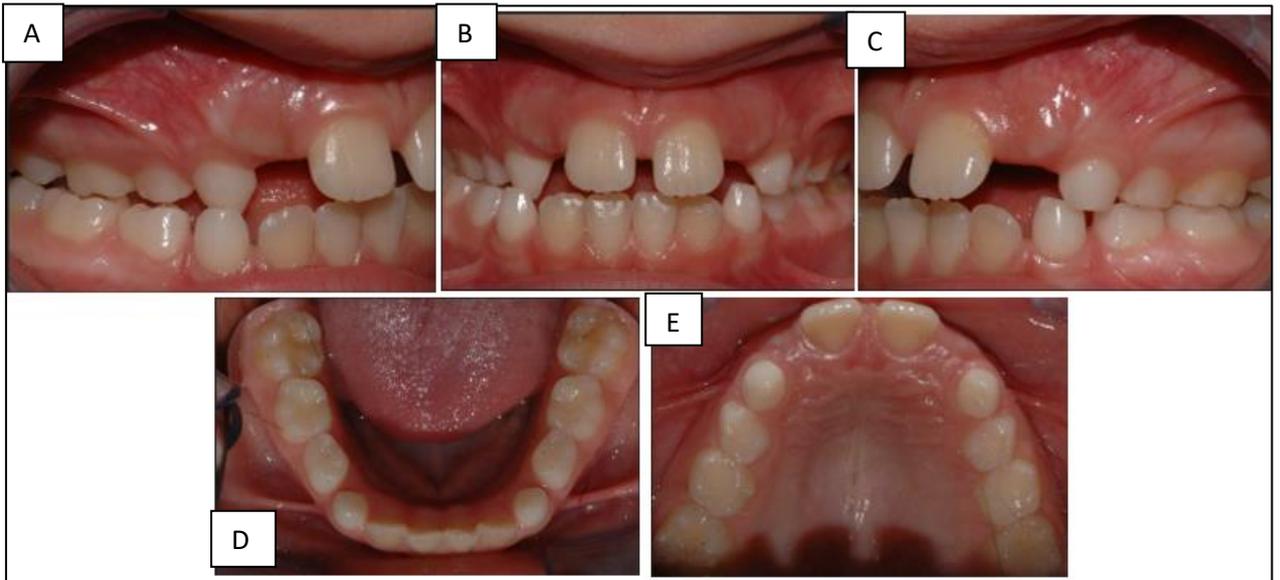


Figura 47 foto intra-orali iniziali; laterale destra (A), frontale (B), laterale sinistra(C), oclusale inferiore(D), oclusale superiore(E)

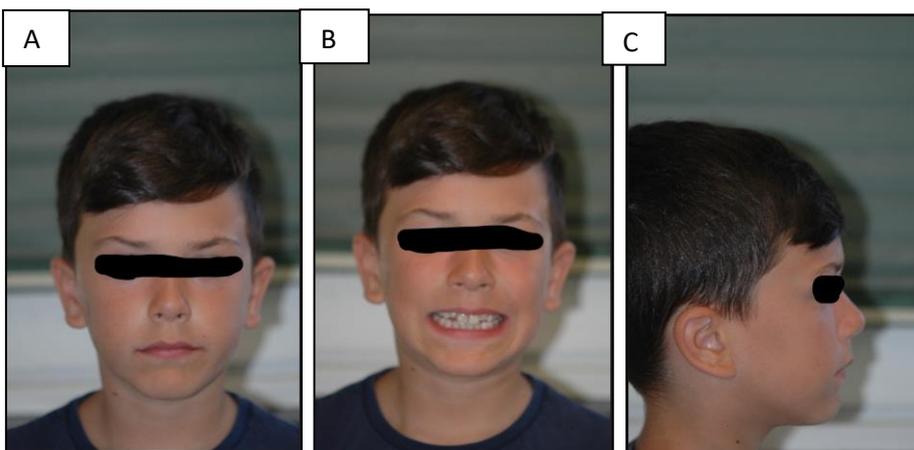


Figura 48 Foto extra-orali a metà del trattamento; frontale (A), frontale con sorriso(B) e profilo(C)

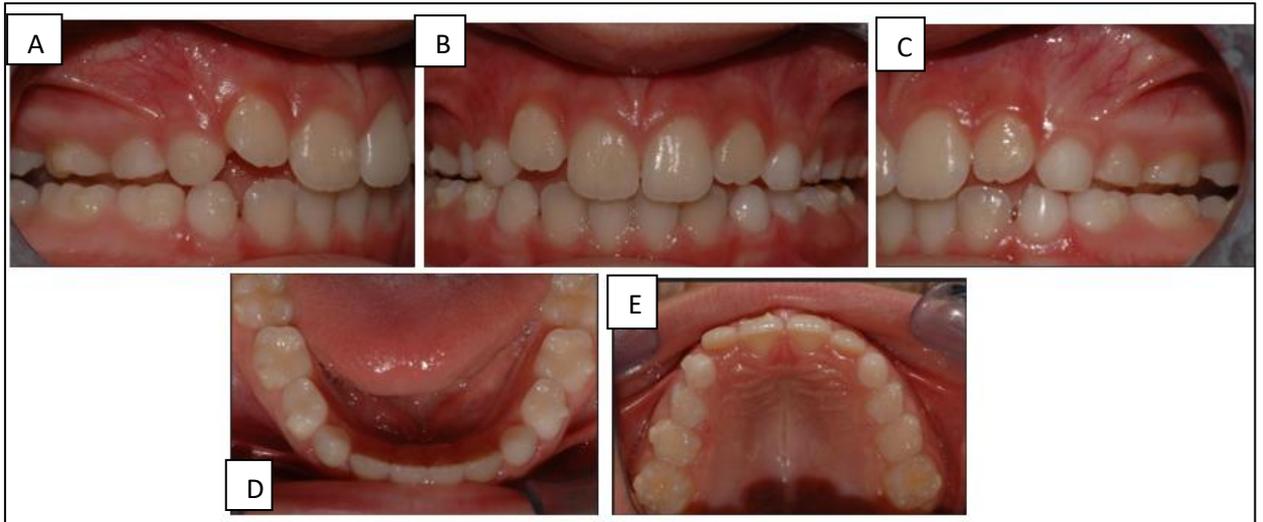


Figura 49 foto intra-orali a metà del trattamento; laterale destra(A), frontale(B), laterale sinistra(C), oclusale inferiore(D) e oclusale superiore(E)

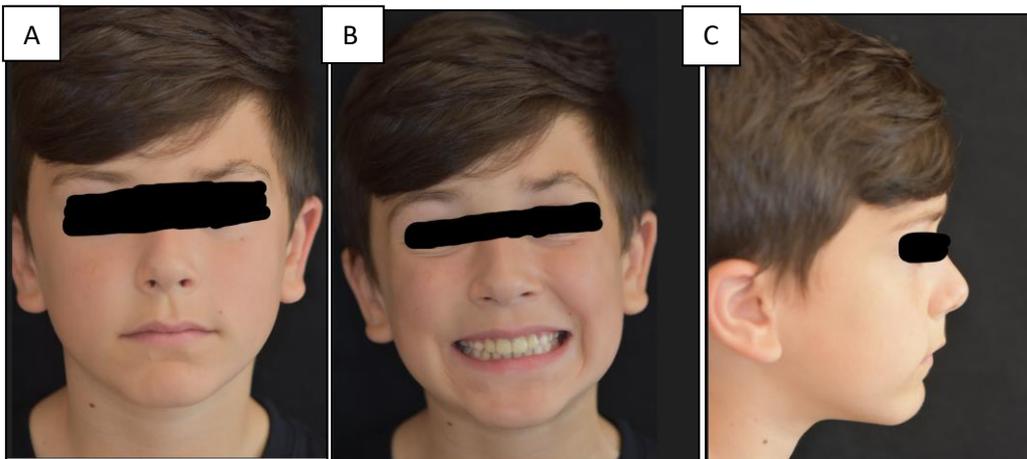
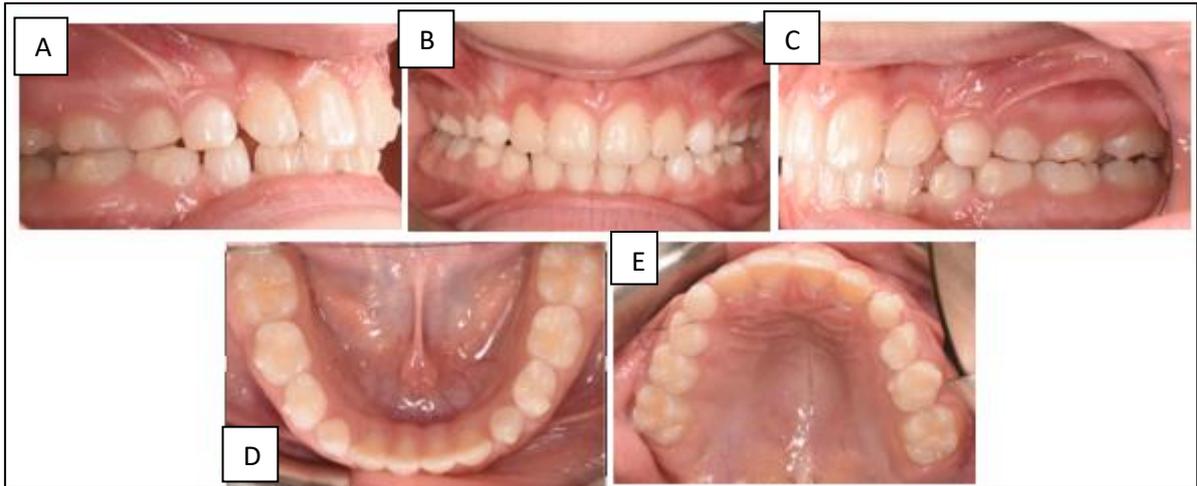


Figura 50 foto extra-orali finali frontale(A), Frontale con sorriso(B) e profilo(C)



*Figura 51 foto intra-orali finali; laterale destra(A), frontale(B), Laterale sinistra(C), oclusale inferiore(D), oclusale superiore(E)*

# **CAPITOLO 5: ANALISI TRIDIMENSIONALE DELL'ESPANSIONE MASCELLARE IN DENTATURA MISTA: CONFRONTO TRA LEAF EXPANDER E ED ESPANSIONE SEQUENZIALE CON ALLINEATORI; UNO STUDIO CASO-CONTROLLO**

## **INTRODUZIONE**

La discrepanza trasversale mascellare superiore è uno delle deformità del distretto craniofacciale di più comune riscontro nella pratica clinica che l'odontoiatra si trova a dover risolvere. Il trattamento di tale discrepanza deve passare assolutamente attraverso una diagnosi accurata che prevede da parte del clinico un'attenta analisi e valutazione di anamnesi medica, foto intra-orali, extra-orali, modelli studio digitale e/o analogiche, esami radiografici bidimensionali come OPT e teleradiografie e talvolta tridimensionali come la CBCT. Nel corso dell'ultimo secolo sono stati sviluppati apparecchi, strumenti diagnostici e protocolli diversi per il trattamento che avevano il fine ultime di allargare il perimetro d'arcata superiore: a partire dall'espansore rapido tipo Hyrax di Biederman del 1968, per arrivare agli espansori lenti tipo Quad Helix di Ricketts del 1975 e agli espansori ad ancoraggio scheletrico tramite uso di miniviti (MARPE) di Lee et al nel 2010 e Suzuki nel 2016 (Lee KJ 2010) (Suzuki H 2016) e all'espansione chirurgicamente assistita (SARPE). Nel 2013 la ditta Leone S.p.A., sede a Firenze, grazie al Team di ricercatori del dott. Claudio Lanteri e dott.ssa Valentina Lanteri, ha concepito un nuovo apparecchio per l'espansione mascellare: il Leaf expander. progettato e costruito su misura individuale, che permette di realizzare l'espansione del mascellare, prevalentemente mediante rimodellamento dento-alveolare, con forze leggere e continue, predeterminate per intensità, direzione, con ammontare dello spostamento predicibile. La

struttura del Leaf ha l'apparenza del tutto simile a quella di un comune espansore rapido o lento, ma ne differisce sostanzialmente per le caratteristiche della componente attiva e per la modalità d'azione. La vite, infatti, non agisce direttamente sui denti di appoggio, bensì comprimendo una molla a balestra in Nichel Titanio che, in fase di disattivazione recupera le sue dimensioni, determinando un'espansione calibrata dell'arcata superiore. Dal punto di vista biomeccanico, si differenzia nettamente da tutti i vari dispositivi in ortodonzia fissa attualmente in uso, in grado di determinare espansione mascellare lenta, quali ad esempio la barra di Gosgharian, il Quad-Helix di Ricketts o Ni-Ti Expander. Il nuovo dispositivo infatti riunisce alcune caratteristiche che possiamo considerare ottimali per un apparecchio ortodontico di espansione fisso, quali ad esempio: numero di sedute di riattivazione intraorale estremamente ridotto; attivazioni di facile esecuzione; assenza di dolore anche nelle prime fasi dell'espansione; controllo della inclinazione vestibolare con realizzazione di un movimento in direzione vestibolare, tendenzialmente corporeo a condizione che l'apparecchio sia accuratamente modellato a livello del colletto del maggior numero possibile di denti e che rechi delle estensioni per i canini permanenti, se presenti in arcata; - elevato controllo della progressione del movimento; impossibilità di disattivazione del dispositivo per azione delle forze oclusali; sviluppo di forze leggere, predeterminate e continue; - possibilità di graduare con precisione l'entità del movimento; assenza di rischio di iper espansione. Le caratteristiche strutturali più comuni del L.E. prevedono l'impiego di n° 2 bande posizionate abitualmente sui molari decidui o sui primi molari permanenti, con possibili variazioni e adattamenti richiesti da specifiche situazioni cliniche. Per assicurare stabilità ed efficacia ottimali la struttura metallica laterale deve risultare ben modellata e aderente al colletto linguale degli elementi diatorici mentre i bracci di congiunzione tra la vite centrale e le componenti laterali devono rimanere ben scostati dalla mucosa palatina (2.5 mm circa), per evitare il rischio di decubiti.

**ATTUALMENTE SONO DISPONIBILI  
4 TIPI DI LEAF EXPANDER®**

- 1. 6 mm - 450 gr**
- 2. 6 mm - 900 gr**
- 3. 9 mm - 450 gr**
- 4. 9 mm - 900 gr**

Figura 52 Tipologie di Leaf Expander disponibili

**PROTOCOLLO 1**  
Il Protocollo 1 propone la gestione dell'attivazione della vite in 3 sedute durante l'intero ciclo di trattamento, pertanto è utile fare una distinzione tra la vite da 6 mm (450 gr e 900 gr) e 9 mm (450 gr e 900 gr). In tabella sono riportate le descrizioni delle sedute di attivazione.

**PROTOCOLLO 2**  
prevede la riattivazione completa della vite in una sola seduta ed è suggerito nei casi con pazienti non collaboranti, con necessità di sedazione o quando esigenze logistiche e organizzative del paziente e/o dell'ambulatorio ortodontico richiedono di programmare appuntamenti distanziati nel tempo. Le condizioni per la riattivazione completa si verificheranno in media dopo 18 settimane per la vite 6 mm e 26 settimane per la vite da 9 mm. In questi casi, per rendere la procedura più confortevole per il paziente, si può suddividere la riattivazione in 3 step, di 10 o di 15 fori a seconda della dimensione della vite, intervallati da 2-3 minuti di pausa.

*NB: il Protocollo 1 (n°3 riattivazioni mensili a decorrere dal secondo mese) rappresenta la scelta di elezione.  
In entrambi i Protocolli, 1 e 2, è necessario eseguire esclusivamente il numero di attivazioni richieste per la ricompressione delle molle a balestra, verificando che tra queste persista uno piccolo spazio; ulteriori attivazioni, infatti, produrrebbero forze pesanti, simili a quelle richieste per l'espansione rapida.*

Figura 53. Protocolli di espansione secondo ditta Leone

<b>Modello</b>	<b>Cementazione leaf</b>	<b>I seduta</b>	<b>II seduta</b>	<b>III seduta</b>
6 mm		dopo 6 settimane	dopo 4 settimane	dopo 4 settimane
A2703-06	Sblocco molle	10 attivazioni	10 attivazioni	10 attivazioni
A2704-06	0 attivazioni			
9 mm		dopo 8 settimane	dopo 6 settimane	dopo 6 settimane
A2703-10	Sblocco molle	15 attivazioni	15 attivazioni	15 attivazioni
A2704-10	0 attivazioni			

Figura 54. Protocolli di attivazione del Leaf Expander

Nel 2018, la Align Technology Inc, l'azienda al momento leader nella produzione di allineatori e con più studi scientifici al momento, ha introdotto il sistema "Invisalign First Clear Aligners", concepito specificatamente per la gestione dei pazienti in età evolutiva in dentatura mista. Secondo gli studi preliminari pubblicati in letteratura, questo protocollo può essere utilizzato per attuare la fase 1 del trattamento ortodontico, inclusa la correzione delle arcate mascellari contratte. L'obiettivo di questo trattato è confrontare gli effetti del protocollo First di Invisalign e il protocollo-del Leaf Expander con vite da 6 mm e forza di 450 grammi in pazienti in dentatura mista.

## **MATERIALI E METODI**

Sono stati selezionati 2 campioni con discrepanza mascellare: uno trattato con protocollo Invisalign First e uno trattato con protocollo Leaf Expander con vite 6mm e 450grammi di forza. Il campione trattato con tecnica Invisalign First è composto da 30 pazienti: 15 femmine e 15 maschi con età media di  $8,4 \pm 1,2$  e con un range del trattamento tra gli 8 e i 12 mesi. Gli allineatori sono stati cambiati una volta alla settimana per un totale utilizzo di 24 allineatori in media.

Il campione trattato con Leaf Expander (ancorato sui secondi molaretti decidui, con bracci di estensione fino ai canini decidui) è composto da 38 pazienti: 19 femmine e 19 maschi con età media di  $8,2 \pm 1,3$  e con un range della durata del trattamento tra gli 8 e i 10 mesi

In entrambi i campioni i criteri di inclusione sono stati:

- Età compresa tra i 6 e 10 anni;
- Dentizione mista;
- Primi molari superiori completamente erotti;
- Adeguata raccolta di dati diagnostici (foto, radiografie e modelli studio);
- Discrepanze trasversali minori di 5 mm;
- Nessun trattamento ortodontico precedente;
- Nessuna anomalia di sviluppo del distretto cranio facciale.

Per il gruppo Invisalign First sono state prese impronte digitali in T0 tramite lo scanner intra-orale Itero (iTero; Align Technologies, San Jose, Calif), mentre per il gruppo Leaf Expander è stato utilizzato lo scanner Trios 3Shape(Trios® 3 Cart wired, 3Shape, Copenhagen, Denmark). I file, dopo opportuna conversione, sono stati successivamente caricati su due software dedicati alle misurazioni: “Maestro 3D Ortho Studio” e Mimics Innovation Suite. Sono state prese in considerazione le seguenti misurazioni (Levrini L. 2021) (C. C. Ugolini A. 2015) (Cerruto C. 2017): *Ampiezza gengivale del canino deciduo*: distanza lineare tra centro della superficie palatale dei canini decidui superiori in contatto col margine gengivale

- *Ampiezza gengivale del primo molare deciduo*: distanza lineare tra centro della superficie palatale dei primi molari decidui superiori in contatto col margine gengivale
- *Ampiezza gengivale del secondo molare deciduo*: distanza lineare tra il punto più interno della superficie palatale dei primi molari decidui superiori in contatto con il margine gengivale
- *Ampiezza gengivale del primo molare permanente*: distanza lineare tra il punto più interno della superficie palatale dei primi molari permanenti superiori
- *Ampiezza dentale canina*: distanza lineare tra le punte delle cuspidi dei canini decidui superiori
- *Ampiezza dentale del primo molare deciduo*: distanza lineare tra le punte delle cuspidi vestibolari dei primi molari superiori decidui
- *Ampiezza dentale del secondo molare deciduo*: distanza lineare tra le cuspidi mesio-vestibolari dei secondi molari decidui superiori
- *Ampiezza dentale del primo molare permanente*: distanza lineare tra le cuspidi mesio-vestibolari dei primi molari permanenti superiori.
- *Perimetro d'arcata*: lunghezza di una linea passante attraverso le superfici mesiali dei primi molari permanenti superiori, le superfici mesiali dei canini decidui superiori e le superfici mesiali degli incisivi centrali superiori.
- *Ampiezza dentale del primo molare permanente (bis)*= distanza lineare tra le cuspidi mesio-palatine (CMP) dei primi molari permanenti superiori
- *Ampiezza dentale del primo molare inferiore*: distanza lineare tra le fosse centrali (FC) dei primi molari inferiori.

- *Inclinazione dei primi molari permanenti:* angolo compreso tra l'asse facciale della corona clinica (FACC) e un piano creato unendo la papilla interincisiva ai punti dove i primi molari permanenti incontrano il margine gengivale palatale a metà delle due cuspidi palatali
- *Rotazione dei primi molari permanenti:* angolo compreso tra i prolungamenti degli assi passanti per le cuspidi disto-vestibolari e mesiopalatali dei primi molari permanenti

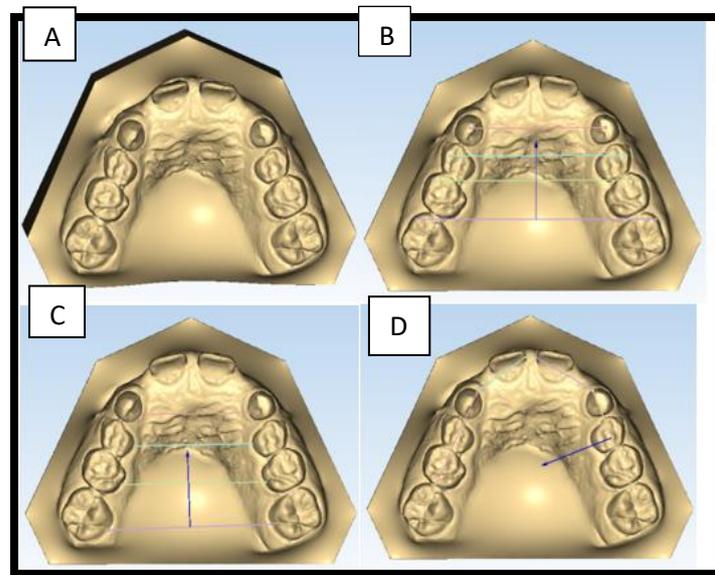


Figura 55 Misurazioni su modello digitale su Maestro 3D Ortho Studio prima dell'espansione; visione oclusale(A), ampiezze dentali (B), ampiezze gengivali(C), perimetro d'arcata(D)

I pazienti sono stati scannerizzati nuovamente alla fine del trattamento in T1 e sono state fatte le medesime misurazioni eseguite a T0.

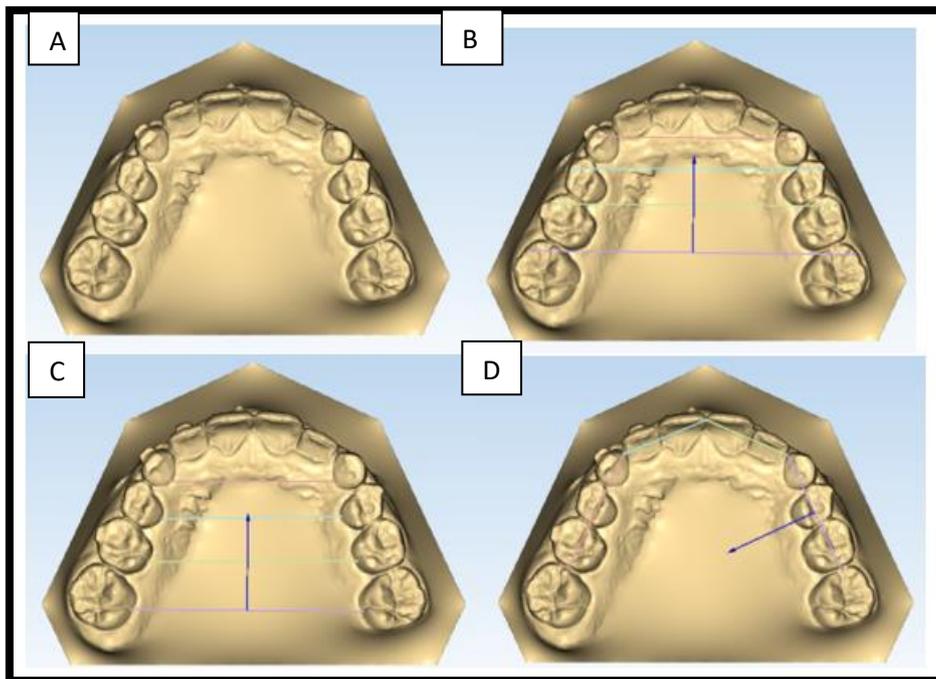


Figura 56. Misurazioni su software a fine trattamento di espansione; visione oclusale superiore(A), ampiezze dentali(B) Ampiezze gengivali(C), perimetro d'arcata(D)

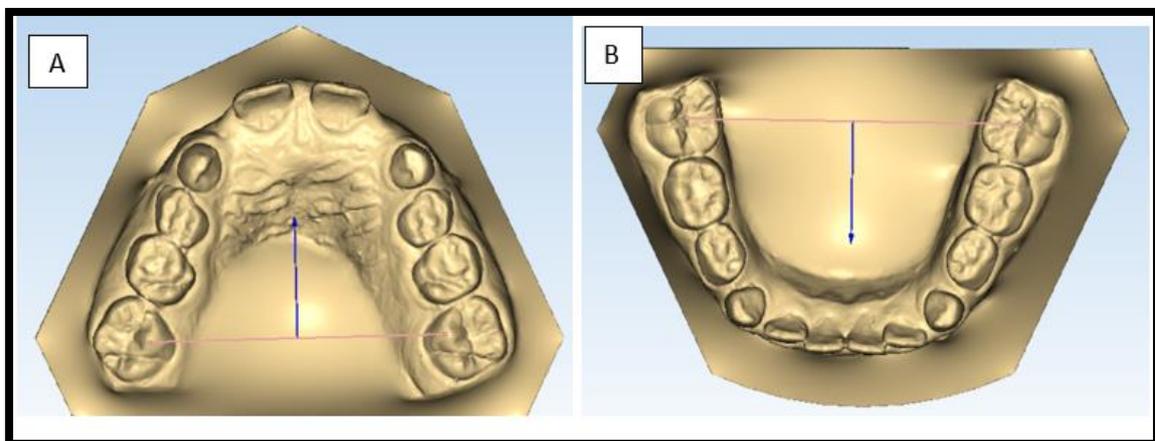


Figura 57. Misura della CPM (A) e della FC (B)

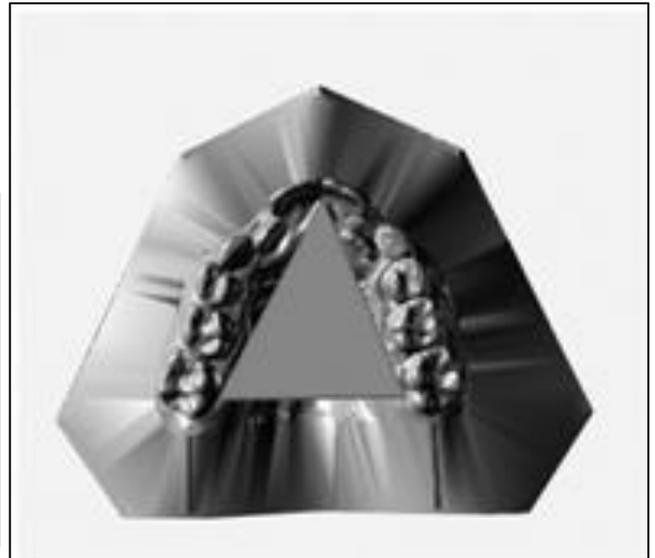
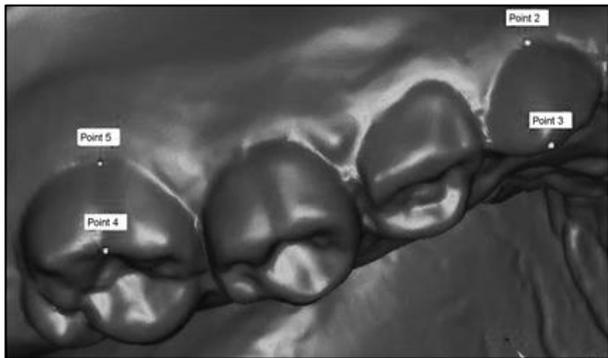


Figura 58 Punti di riferimento per misurazione dell'inclinazione dei molari permanenti superiori; FACC (facial axis of clinical crown) a sinistra e piano passante per papilla incisale e margine gengivale palatale a metà delle cuspidi palatali dei sestini superiori a destra.

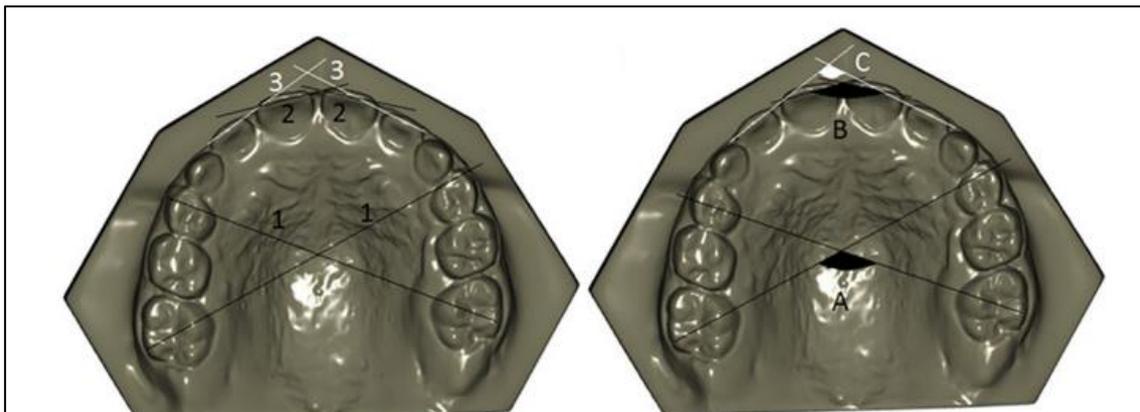


Figura 59 Punti di riferimento per misurazione delle rotazioni dei primi molari permanenti superiori

### **Analisi statistica**

Errore di metodo. Per standardizzare le misurazioni, i dati sono stati raccolti dall'operatore principale (S.I.) e controllati da operatore con esperienza di misurazione sul software utilizzato (A.U.). Per determinare l'errore di metodo, le misure e i punti di riferimento sono stati ripetuti su 10 casi selezionati in modo randomizzato. L'errore di

metodo secondo la formula di Dahlberg (inter- e intraoperatore) variava da 0,21 a 0,55 mm (valore non significativa). Inoltre, sono stati calcolati il coefficiente di correlazione intraclassa e tutti i valori sono risultati maggiori di 0,95. Nel complesso, l'errore di metodo può essere considerato trascurabile. Il test di Shapiro-Wilks ha mostrato che i dati erano normalmente distribuiti ( $W=0,93$ ) quindi è stata utilizzata una statistica parametrica. La dimensione del campione è stata calcolata a priori sulla base all'outcome primario (espansione molare, come variabile continua) per ottenere una potenza statistica dello studio maggiore di 0,85 utilizzando i valori medi e lo standard deviazioni dell'espansione dei molari mascellari dopo RME trovati da Cozzani et al. 2007 (Cozzani M 2007) con  $\alpha=.05$  and  $\beta=.2$ ). Sulla base di questi parametri, la dimensione del campione richiesta è risultata di almeno 30 pazienti in ogni gruppo.

Le statistiche descrittive (media e deviazione standard) sono state calcolate per le variabili considerate. Tutte le analisi sono state condotte sulle differenze nette al tempo T0 e T1 individuate in ogni paziente. Le differenze fra i due apparecchi sono state testate usando la statistica parametrica tramite il test T di Student su tutte le misure individuate. I valori di significatività  $<0,05$  sono stati accettati come significativi in tutte le statistiche.

## **RISULTATI**

I risultati delle misurazioni sono riassunti nelle tabella 1 e grafico 2.

La discrepanza media inter-arcate all'inizio del trattamento è di  $-2,3 \pm -2,7$  mm per i casi Invisalign e  $-3,9 \pm -1,9$  mm per i casi Leaf (Tabella 3)

A livello canino si sono riscontrati  $4,7 \pm 2,3$  mm di espansione dentale per i casi Invisalign mentre per i casi Leaf l'espansione dentale canina è stata di  $5,6 \pm 1,9$  mm. A livello gengivale l'espansione canina è stata di  $2,5 \pm 1,6$  mm per il First e  $3,6 \pm 1,7$  mm per il Leaf.

Al livello dei primi molari decidui si è ottenuta un'espansione dentale di  $4,8 \pm 1,7$  mm nel First e di  $5,5 \pm 1,8$  mm nel Leaf mentre a livello gengivale abbiamo ottenuto  $2,8 \pm 2,0$  mm di espansione per il First e  $4,1 \pm 1,5$  mm per il Leaf.

Per quello che riguarda i secondi molari decidui si riscontrano  $4,5 \pm 1,6$  mm di espansione dentale per il First e  $5,2 \pm 1,5$  mm per il Leaf. A livello gengivale invece abbiamo  $2,4 \pm 1,8$  mm di espansione per il First e  $4,5 \pm 1,6$  mm per il Leaf.

A livello dei primi molari permanenti si è assistito a un'espansione dentale di  $3,2 \pm 1,2$  mm nel caso First e  $4,4 \pm 1,4$  mm nel caso Leaf. L'espansione gengivale è stata di  $1,1 \pm 1,3$  mm nel First e  $2,4 \pm 1,4$  mm nel Leaf. (Tabella 4)

Il Leaf ha espanso in media l'arcata di 4,2 mm mentre il First ha espanso in media di 2,3 mm.

Per la rotazione dei primi molari superiori permanenti si è ottenuta una distorotazione di  $28,4 \pm 3,2$  gradi nei casi First mentre nei casi Leaf si è ottenuta una distorotazione di  $15,1 \pm 1$  gradi.

Per l'inclinazione invece si sono ottenuti  $6,5 \pm 3,8$  gradi di tipping vestibolare per First e  $3,1 \pm 4,1$  gradi per Leaf

	First (n=30)		Leaf (n=38)		Net difference	Test T	
	mean	sd	mean	sd		First vs Leaf	
16-26(CMP)	40,0	2,9	38,1	2,5	-1,9	0,01	TO vs TO
36-46 (FC)	42,3	2,7	42	2,2	-0,3	0,68	TO vs TO
DISCREPANZA	-2,3	-2,7	-3,9	-1,9	-1,6	0,01	TO vs T1
53-63 TO	31,3	2,9	29,8	2,1	-1,5	0,03	TO vs TO
53-63 T1	36,2	1,7	35,4	1,7	-0,7		
53-63 T1-TO	4,7	2,3	5,6	1,9	0,9	0,12	TO vs T1
16-26 TO	44,8	2,9	42,9	2,4	-1,9	0,01	TO vs TO
16-26 T1	48,1	3,0	47,3	2,9	-0,8		
16-26 T1-TO	3,2	1,2	4,4	1,4	1,2	<0,01	TO vs T1
54-64 TO	33,8	2,5	32,4	2,6	-1,4	0,04	TO vs TO
54-64 T1	38,7	1,8	37,9	2,1	-0,8		
54-64 T1-TO	4,8	1,7	5,5	1,8	0,7	0,14	TO vs T1
55-65 TO	39,2	2,7	37,7	1,9	-1,5	0,02	TO vs TO
55-65 T1	43,6	2,4	42,9	2,2	-0,7		
55-65 T1-TO	4,5	1,6	5,2	1,5	0,7	0,11	TO vs T1
Arch Perimeter TO	74,7	5,3	72,1	4,1	-2,6	0,05	TO vs TO
Arch Perimeter T1	77,1	3,4	76,3	4,7	-0,8		
Arch Perimeter T1-TO	2,3	3,0	4,2	2,9	1,9	0,02	TO vs T1
53-63G TO	24,1	2,4	22,9	1,8	-1,2	0,04	TO vs TO
53-63G T1	26,7	1,7	26,5	2,4	-0,2		
53-63G T1-TO	2,5	1,6	3,6	1,7	1,1	0,01	TO vs T1
54-64G TO	26,1	2,5	24,9	2,1	-1,2	0,06	TO vs TO
54-64G T1	28,9	2,1	29	1,9	0,1		
54-64 T1-TO	2,8	2,0	4,1	1,5	1,3	0,01	TO vs T1
55-65G TO	30,7	2,6	28,3	2,4	-2,4	<0,01	TO vs TO
55-65G T1	33,1	2,3	32,8	2,2	-0,3		
55-65G T1-TO	2,4	1,8	4,5	1,6	2,1	<0,01	TO vs T1
16-26G TO	34,3	3,0	32,2	2,7	-2,1	0,01	TO vs TO
16-26G T1	35,3	2,7	34,6	3,2	-0,7		
16-26G T1-TO	1,1	1,3	2,4	1,4	1,3	<0,01	TO vs T1
Rotazione MRA 16/26	-28,4	3,2	-15,1	1,6	13,3	<0,01	TO vs T1
Inclinazione 16/26	-6,5	3,8	-3,1	4,1	3,4	<0,01	TO vs T1

Tabella 1 Risultati medi delle misurazioni fatte su entrambi i campioni

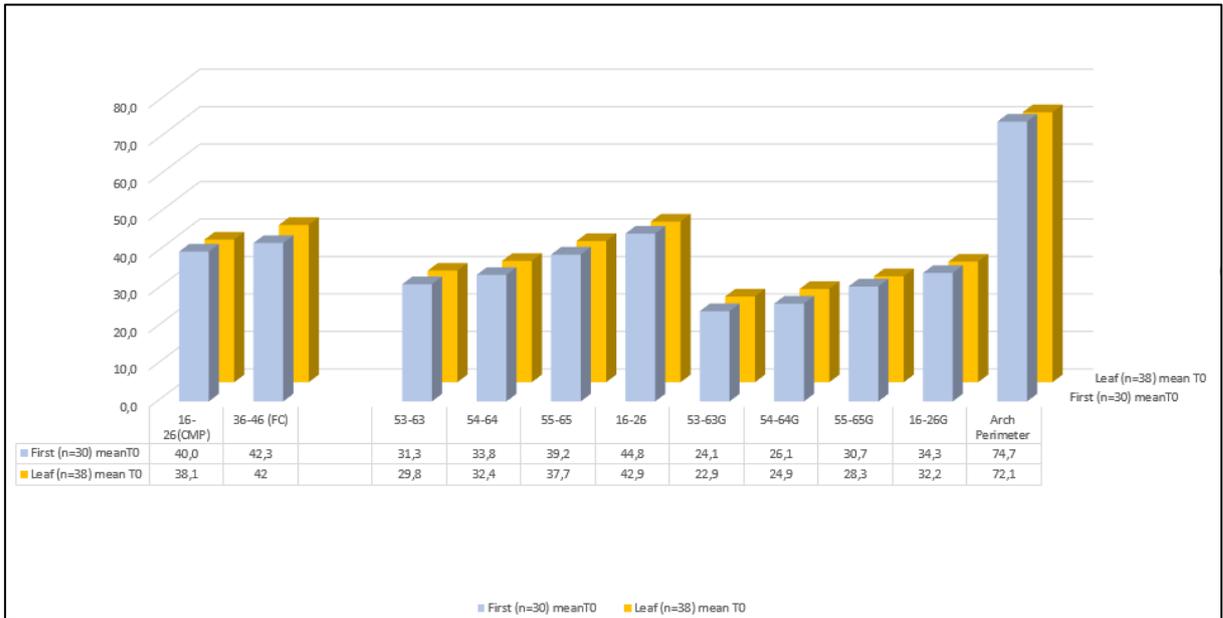


Grafico 1. Valori medi in millimetri dei vari parametri misurati in T0 nei casi First e Leaf

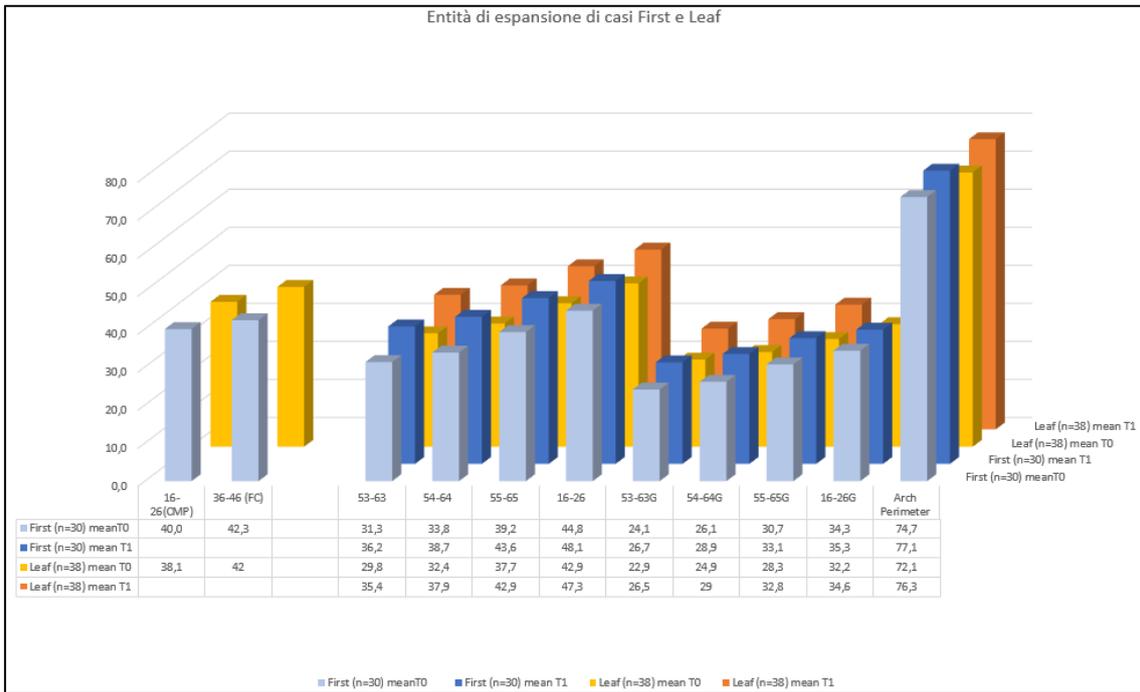


Grafico 2. Entità di espansione dei casi First (in azzurro/blu) e Leaf (giallo/arancione)

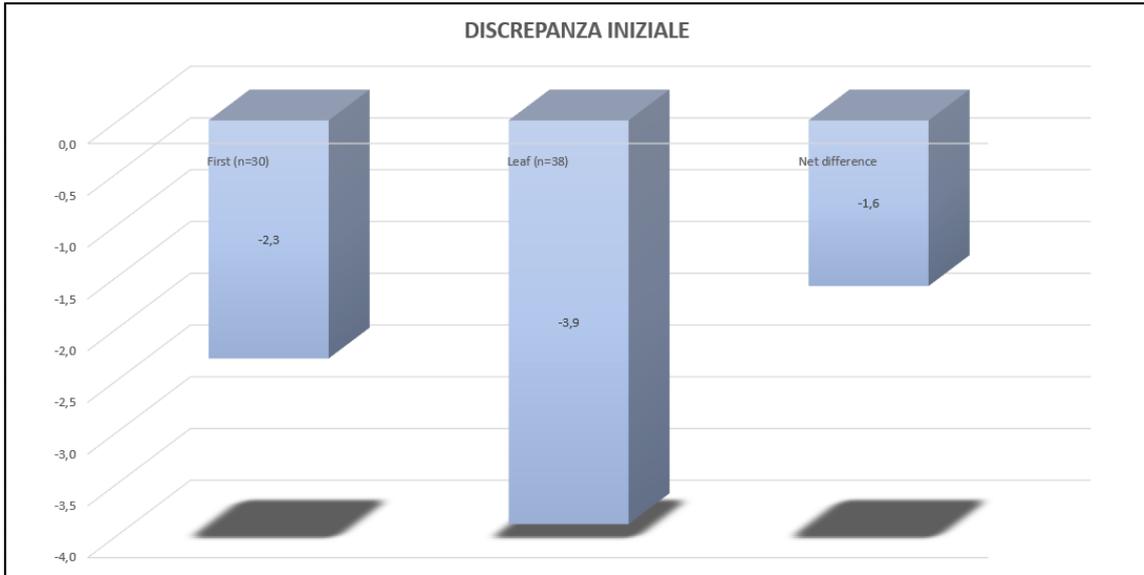


Grafico 3. Discrepanza inter-arcate in T0

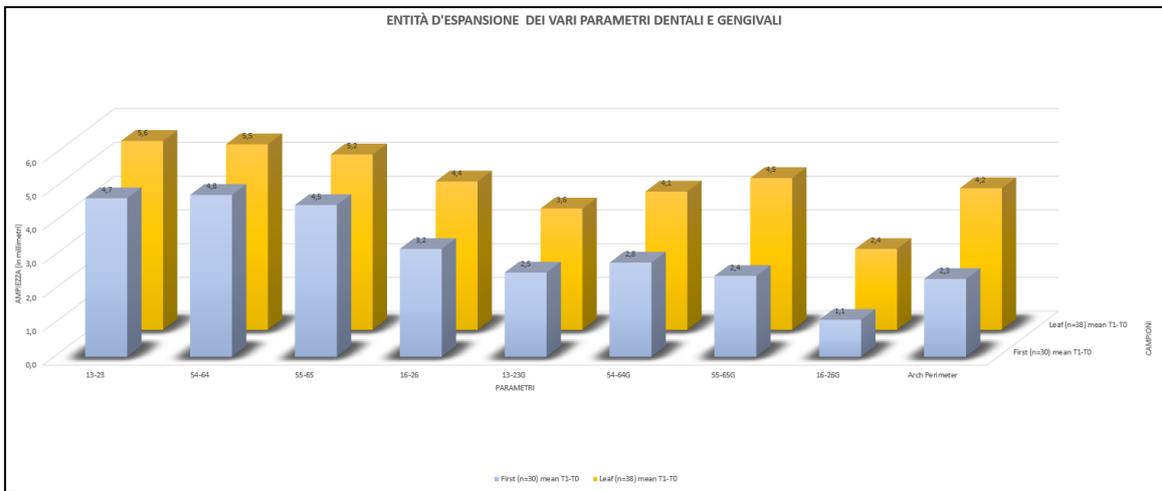


Grafico 4. Espansione media di First e Leaf a confronto

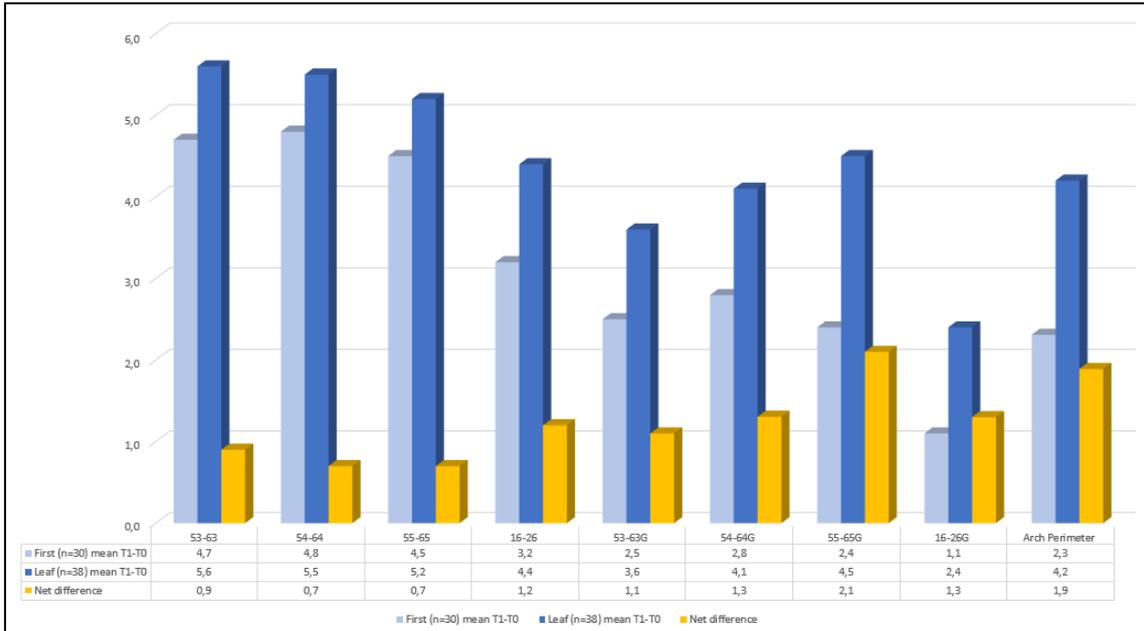


Grafico 5. Differenza netta di espansione tra First e Leaf

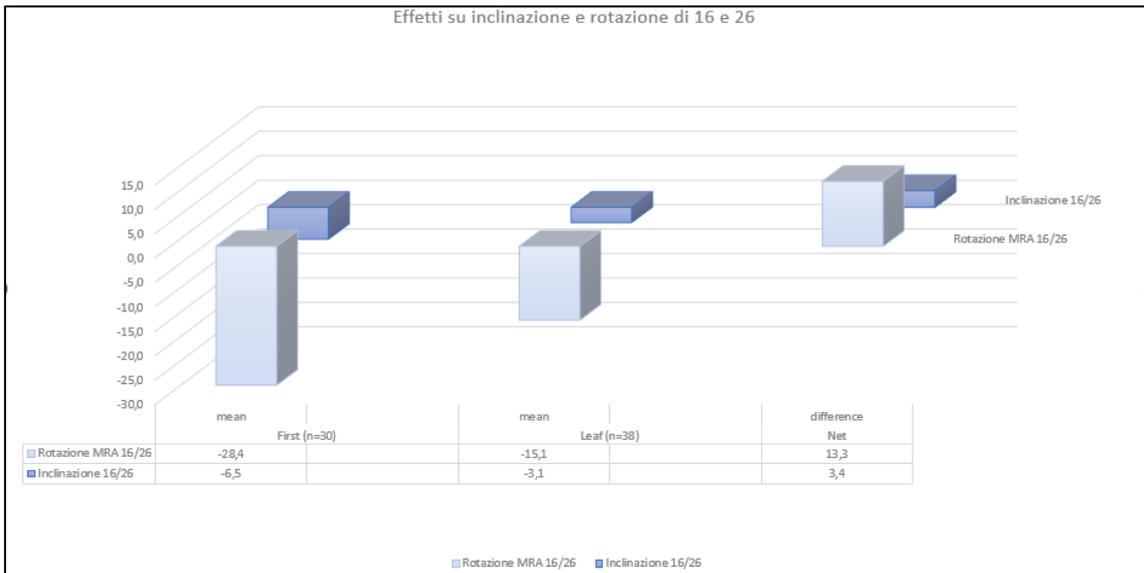


Grafico 6. Effetti su inclinazione e rotazione di 16 e 26

## DISCUSSIONE

Il successo della trattamento delle contrazioni mascellari tramite utilizzo di espansori rapidi o espansori lenti è ormai ben documentata nella letteratura scientifica (Corbridge JK 2011) (Haas, The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture 1965) (Cozzani M 2007) (Geran RG. 2006) (Levrini L. 2021). È stato riportato in letteratura che il range di espansione ottenibile con entrambe queste tecniche è di 2,49-3,58 mm per l'ampiezza intermolare e 2,27-2,64 mm per l'ampiezza intercanina (Zhou Y. 2014). Solo pochi studi hanno indagato sugli effetti sull'espansione trasversale mascellare da parte degli allineatori (Zhou N. 2020) (Houle JP. 2017) (Solano-Mendoza B. 2017)] (Levrini L. 2021) e solo due studi sono stati pubblicati riguardo all'Invisalign First Protocol (Blevins R. 2019) (Levrini L. 2021). L'espansione ottenuta usando come ausilio gli allineatori rappresenta uno degli argomenti maggiormente dibattuti nella recente letteratura nell'ambito dell'espansione mascellare. Nella dentizione permanente, l'espansione dell'arcata può essere fatta con Invisalign, ma l'aumento dell'ampiezza d'arcata è ottenuto tramite movimenti di tipping. Secondo Houle et al. (Houle JP. 2017) l'accuratezza media per i movimenti di espansione per l'arcata superiore è del 72,8%: 82,9% a livello delle cuspidi e 62,7% a livello dei margini gengivali. Zhou e Guo affermano che l'efficienza dell'espansione coronale si aggira tra il 68,31% e il 79,75% mentre l'efficienza dei movimenti di espansione corporei per i primi molari superiori è di 36,35% (Zhou N. 2020). Solano-Mendoza et al. affermano che l'entità di espansione alla fine del trattamento non è predicibile a causa delle differenze tra il ClinCheck progettato e i modelli 3D digitali finali. (Solano-Mendoza B. 2017).

In entrambi i protocolli usati in questo studio, le forze esercitate sono equiparabili, con un range di 350-450 grammi. Dall'analisi dei risultati ottenuti e delle misurazioni fatte in questo studio si è notato che in media, all'inizio del trattamento, la discrepanza trasversale nei casi First è significativamente minore rispetto ai casi Leaf. Infatti, mentre a livello mandibolare non si notano sostanziali differenze nella distanza media tra le fosse centrali dei primi molari inferiori, la contrazione mascellare iniziale dei Leaf è significativamente maggiore (3,9 mm di discrepanza dei Leaf contro i 2,3 mm dei First). Per quello che

riguarda l'espansione dentale a livello dei canini decidui, dei primi molari decidui e secondi molari decidui, non vi è stata differenza statisticamente significativa tra l'espansione con Leaf e l'espansione con First. L'espansione a livello gengivale, tuttavia, è stata significativamente maggiore nei casi Leaf sia a livello dei canini decidui, sia a livello dei primi e secondi molari decidui. A livello dei molari permanenti la differenza di espansione è stata statisticamente significativa a favore del protocollo Leaf sia a livello dentale sia gengivale. Per quello che riguarda la rotazione dei primi molari permanenti, il protocollo First è risultato più efficace nei movimenti di derotazione ( $28,4^{\circ} \pm 3,2^{\circ}$  First contro  $15,1^{\circ} \pm 1,6^{\circ}$  Leaf).

Per quanto invece riguarda l'inclinazione, si è visto nei molari permanenti dei casi First un maggior tipping vestibolare delle corone rispetto ai casi Leaf ( $6,5^{\circ} \pm 3,8^{\circ}$  First contro  $3,1^{\circ} \pm 4,1^{\circ}$  Leaf). L'interpretazione di questi dati fa ipotizzare che l'espansione a livello dei primi molari permanenti sia più di tipo dentale che scheletrico nei casi First mentre un movimento più corporeo dei molari nei casi Leaf renda l'espansione con questo tipo di device più efficiente.

Utilizzando forze leggere sia nel protocollo First sia nel protocollo Leaf, un grande vantaggio di entrambi gli approcci è la ridotta dolorabilità nei primi giorni e nella prima settimana dall'inizio dell'espansione come testimoniano anche molti studi in letteratura (Cardoso PC. 2020) (Paoloni V. 2022) (Nieri M. 2021) (Ugolini A. 2020). Le forze leggere garantiscono una ridotta dolorabilità e, nei termini di durata del trattamento, si ha un allungamento dei tempi che infatti per entrambi i protocolli va dai 8 ai 10 mesi. Per via della struttura e dei materiali differenti, Leaf e allineatori applicano le forze seppur entrambe leggere, in maniera diversa. Nel Leaf, grazie alla balestra in Nichel Titanio con memoria di forma e i bracci metallici distribuiti lungo l'arcata fino ai canini, l'applicazione delle forze è uniforme e costante su tutta l'arcata contribuendo di fatto a un'espansione più corporea. Può essere riscontrato nella prima settimana di trattamento, come avviene per l'espansore rapido con design Hyrax, una difficoltà da parte del paziente nella fonazione e nella deglutizione che però si risolve a seguito all'adattamento funzionale di lingua e muscoli orali. Il materiale con cui invece sono composti gli allineatori è di natura termoplastica e una volta esplicito il movimento, l'allineatore smette di esercitare forze passivizzandosi e va dunque cambiato con quello successivo contenente informazioni diverse da quello precedente. Il Leaf expander presenta in

confronto agli allineatori un secondo grande vantaggio ovvero l'indipendenza dalla compliance del paziente. Mentre gli allineatori, in quanto apparecchi removibili, necessitano della collaborazione del paziente per quello che concerne indossare e cambiare il singolo allineatore con quello successivo, l'apparecchio Leaf ne è totalmente svincolato. Infatti, le attivazioni vengono fatte esclusivamente alla poltrona per un totale di 4 sedute distribuite su 12/14 settimane come da protocollo. Nella letteratura scientifica sono stati riportati come vantaggi del protocollo con allineatori la migliore igiene, meno difficoltà nel mangiare e accettabilità da parte del paziente (Yassir YA. 2022) (Oikonomoi E. 2021) (Putrino A. 2021) (Galluccio 2021) (Marya A. 2020) (Zhang B. 2020) (E. D.-M. Cardoso PC. 2020) e rispetto al protocollo Leaf ha avuto più efficacia nelle derotazioni dei primi molari permanenti migliorando in maniera significativa la classe molare. Tuttavia, l'aumentato effetto sull'inclinazione dei primi molari permanenti, suggerisce una complessiva espansione più dentale che scheletrica, il che ne rendono al momento l'uso limitato a discrepanze lievi fino a 3 millimetri.

Prima di questo studio, (Levrini L. 2021) ha riportato risultati riguardanti il protocollo First su pazienti in dentatura mista. In questo studio sono state riportate misurazioni su modelli digitali pre e post espansione su un campione di 20 pazienti (12 femmine e 8 maschi di età compresa tra i 6,9 e 11,2 anni) trattati per 8 mesi con un totale di 33 allineatori in media utilizzati per ciascun paziente. Criteri di esclusione e parametri misurati sono gli stessi tranne per il fatto che in questo studio non è stata considerata la rotazione dei molari ed è stato invece misurata la profondità di arcata. I risultati sono riassunti nelle tabelle sottostanti

Variables	T0		T1		T1 - T0		p-value
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
Canine dental width	32.71	1.81	35.51	2.23	2.8	1.51	<0.00001
First deciduous molar dental width	39.03	2.73	42.3	3.25	3.28	1.28	<0.00001
Second deciduous molar dental width	44.43	2.48	48.15	3.35	3.72	1.47	<0.00001
First permanent molar dental width	50.66	2.71	53.7	3.05	3.05	1.55	<0.00001
Canine gingival width	26.34	1.74	28.35	1.98	2.01	0.84	<0.00001
First deciduous molar gingival width	28.04	2.47	30.43	3.07	2.24	0.9	<0.00001
Second deciduous molar gingival width	30.43	2.17	33.02	2.92	2.59	1.12	<0.00001
First permanent molar gingival width	33.16	2.12	35.16	2.3	2	1.02	<0.00001
Arch perimeter	77.76	3.54	78.61	3.08	0.85	1.63	<0.05
Arch depth	28.94	2.05	27.7	1.58	-1.24	1.06	<0.00001
Molar inclination	155.18	7.96	150.56	7.48	-4.62	6.61	<0.01

Tabella 1 Paragone tra T0 e T1 (Levrini 2021)

	Alveolar expansion	SD
Deciduous canines	+ 1.88	1.08
Deciduous first molars	+ 1.6	1.16
Deciduous second molars	+ 1.4	0.96
Permanent first molars	+ 1.16	0.58

*Tabella 2 Espansione alveolare (Levrini 2021)*

Rispetto agli studi di Levrini, il nostro studio First ha coinvolto più pazienti (30 contro 20 di Levrini) e la distribuzione maschi e femmine è stata equa (15 femmine e 15 maschi contro 12 femmine e 8 maschi Levrini). Il nostro studio inoltre ha considerato le discrepanze interarcata all'inizio del trattamento per cui il confronto con lo studio di Levrini soffre di questo bias. Il confronto iniziale di discrepanze interarcata nel nostro studio tra casi Leaf e casi First ci permette di individuare delle indicazioni cliniche e dei limiti riguardo l'utilizzo del protocollo First. Inoltre, il nostro studio si è concentrato sull'effetto degli allineatori nei movimenti di derotazione e inclinazione dei molari dimostrando la sua azione statisticamente significativa rispetto al protocollo Leaf.

Considerando il grado di tipping buccale aumentato nei casi First, si vuole prevenire i potenziali danni a livello parodontale in quanto un'inclinazione eccessiva buccale porterebbe a un assottigliamento della corticale ossea vestibolare che può portare a quadri gravi di deiscenza o fenestrazioni gengivali.

## **CONCLUSIONI**

Per discrepanze trasversali dentali fino a 3 millimetri, il protocollo First può essere una valida alternativa nei pazienti in dentatura mista. Tuttavia, per discrepanze dentali maggiori, l'utilizzo del protocollo Leaf si è dimostrato più efficace. L'espansione trasversale attuata sull'arcata superiore con gli allineatori è dovuta più a un'azione a livello dell'elemento dentale di tipping vestibolare piuttosto che di una vera azione ortopedica sull'osso mascellare che invece attua l'espansore tipo Leaf. La maggiore efficacia del protocollo First nella gestione delle derotazioni dei molari, comporta un miglior raggiungimento del corretto rapporto di classe molare e di stabilità oclusale

durante la fase di espansione. Considerati, comunque, i promettenti risultati clinici ottenuti utilizzando il protocollo First in discrepanze fino a 3 millimetri, si aprono nuove prospettive per la ricerca con l'utilizzo del protocollo Invisalign. In particolare, le prossime ricerche verteranno sugli effetti degli allineatori sulle strutture scheletriche mascellari per verificarne e validarne il possibile utilizzo in discrepanze mascellari maggiori di 3 millimetri.

## **RINGRAZIAMENTI**

Beh, che dire... non è facile riassumere in poche parole ciò che è successo in questi 6 anni di studi. Come per tutti, anche io ho avuto i miei momenti di crisi emotiva, pensavo di cambiare facoltà, pensavo che non fosse fatto per me, i rimpianti, le frustrazioni e la voglia di mollare non sono stati assenti. È stata a volte una lotta continua con me stesso e devo dire, sì, anche con la mia famiglia. Ma ad oggi, vedendo me stesso concludere questo percorso e vedendo quanto in pochi raggiungano questo obiettivo nella vita, beh...non posso che essere fiero di me stesso. Sono felice di non aver mollato e stretto i denti fino alla fine e devo ringraziare i miei genitori che oltre al sostegno economico non da dare per scontato, mi hanno dato sostegno emotivo, invitandomi a non mollare, a vedere il bello di quello che facevo. Ringrazio chi nonostante mi vedessi mediocre, mi ha continuato a vedere come unico, come uno che ce la può fare benissimo, come uno che ce l'ha FATTA benissimo e devo dire, che il periodo storico vissuto da tutti noi della pandemia globale da covid in verità mi ha aiutato a lavorare su me stesso e la mia mentalità trasformandola piano piano in vincente. Per cui ad oggi sì, ringrazio e ammiro me stesso e chi ha creduto in me fino in fondo per cui questa laurea la dedico anche e soprattutto a loro. Il primo ostacolo da superare fu il diploma del liceo, poi l'ostacolo si è fatto più difficile col del test d'ingresso a numero chiusissimo di questa facoltà, che con orgoglio, posso dire di aver superato. E ora, il primo grande scoglio lavorativo della laurea è raggiunto. Ma siamo solo agli inizi delle difficoltà e degli scogli che la vita ci metterà davanti e carico del mio bagaglio e delle mie conquiste finora ottenute, le affronterò tutte a testa alta senza darmi mai per vinto e continuerò a puntare in alto finché sarò in vita.

Per cui grazie...grazie a chiunque mi ha voluto bene e che continuerà a volermene in questo lungo percorso che si chiama VITA.

## **Bibliografia**

- Adkins MD, Nanda RS, Currier GF. «Arch Perimeter changes on rapid palatal expansion.» *Am Jour Orthod*, 1990: 97:10-19.
- Agostino P, Ugolini A, Signori A et al. «Orthodontic treatment for posterior crossbite.» *Cochrane Database Syst Rev*, 2014: Art. No:CD000979.
- Agostino P, Ugolini A, Signori A, Silvestrini-Biavati A, Harrison J.E, Riley P. «Orthodontic treatment for posterior crossbite.» *Cochrane Database System Review*, 2014: 8.
- Agronin KJ, Kokich VG. «Displacement of the glenoid fossa: a cephalometric evaluation of growth during treatment.» *Am J. Orthod and Dentofac Orthop*, 1987: 91:42-48.
- Akkaya S, Lorenzon S, Ecem TT. «Comparison of dental arch and arch perimeter changes between bonded rapid and slow maxillary expansion procedures.» *Eur J Orthod*, 1998: 20: 255-261.
- Arqub SA., Mehta S., Iverson MG., Yadav S., Upadhyay M., Almuzian M. «Does Mini Screw Assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE) have an influence on airway and breathing in middle-aged children and adolescents? A systematic review.» *International Orthodontics*, 2021: 19: 37-50.
- Baccetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara JA Jr,. «Treatment Timing for rapid maxillary Expansion.» *Angle Orthod*, 2001: 71: 343-350.
- Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. «The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics.» *Semin Orthod*, 2005.
- Bazargani F, Johnson-Ring I, Nevéus T. «Rapid maxillary expansion in therapy-resistant enuretic children: an orthodontic perspective.» *Angle Orthod*, 2016: 86:481-486.
- Benedict Wilmes, a Nour Tarraf,b and Dieter Dreschera. «Treatment of maxillary transversal deficiency by using a mini-implant-borne rapid maxillary expander and aligners in combination.» *Am J Orthod*, 2021.

- Betts N, Vanarsdall RL, Barber HD, Higgins-Barber K, Fonseca RJ. «Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency.» *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*, 1995: 10:75-96.
- Bishara SE, Staley RN. «Maxillary expansion: Clinical implication.» *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1987: 91(1):3-14. .
- Bishara SE, Staley RN. «Maxillary expansion: clinical implications.» *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1987 : 91(1):3-14.
- Blevins R. «Phase I orthodontic treatment using Invisalign first.» *J Clin Orthod*, 2019: 53:73-83.
- Blevins R. «Phase I orthodontic treatment using Invisalign First.» *J Clin Orthod*, 2019: 53(2):73–83.
- Bosma, JF. «Maturation of function of the oral and pharyngeal region.» *American Journal of Orthodontics*, 1963: 49:94-104.
- Brandstretter KA, Patel KG. «Craniofacial Microstomia.» *Facial Plast Surg Clin North Am*, 2016: 24:495-515.
- Brinkley, JF. «The FaceBase Consortium: a comprehensive resource for craniofacial researchers.» *Development*, 2016: 143:2677-2688.
- Brunetto DP, Moschik CE, Mompell RD, Jaria E, Sant'Anna EF, Won Moon. «Mini-implant assisted rapid palatal expansion (MARPE) effects on adult obstructive sleep apnea (OSA) and quality of life: a multi-center prospective controlled trial.» *Progress in Orthodontics*, 2022: 23:3.
- Bud ES., Bică CI., Păcurar M., Vaida P., Vlasa A., Martha K., Bud A. «Observational Study Regarding Possible Side Effects of Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expander (MARPE) with or without the Use of Corticopuncture Therapy.» *Biology*, 2021: 10(3), 187.
- Burçin Akan, Gökçenur Gökçe, A Oğuz Şahan, İlknur Veli. «Tooth-borne versus tooth-bone-borne rapid maxillary expanders according to a stereophotogrammetric evaluation of facial soft tissues: A randomized clinical trial .» *Orthod Craniofac Res*, 2021: 24(3):438-448.
- Buschang PH., Shaw, SG., Ross M., Crosby D., Campbell PM. «Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces.» *Angle Orthod*, 2014: 84: 391-396.
- Cannavale R, Chiodini P, Perillo L, Piancino MG. «Rapid palatal expansion: meta-analysis of long term effects.» *Orthod and Craniofacial Research*, 2018: 21, 225-235.
- Cardoso PC. «Pain level between clear aligners and fixed appliances: a systematic review.» *Prog Orthod*, 2020: 20;21(1):3.
- Cardoso PC., Espinosa DG., Mecnas P., Flores-Mir C., Normando D.,. «Pain level between clear aligners and fixed appliances: a systematic review.» *Prog Orthod*, 2020: 21(1):3.
- Castroflorio T., Garino F., Lazzaro A., Debernardi C.,. «Upeer incisor Root control with Invisalign Appliances.» *JCO*, 2013: 346-351.

- Cate, AR Ten. «Oral Histology: Development, Structure and Function.» In *Oral Histology: Development, Structure and Function*, di Ten Cate. St Louis: Mosby, 1998.
- Cerruto C., Ugolini A., di Vece L., Doldo T., Caprioglio A., Biavati AS.,. «Cephalometric and dental arch changes to Haas-type rapid maxillary expander anchored to deciduous vs permanent molars: a multicenter, randomized controlled trial.» *Journal of Orofac Orthop*, 2017.
- Chang JY, McNamara JA Jr, Herberger TA. «A longitudinal study of skeletal side effects induced by rapid maxillary expansion.» *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1997: 112: 330-337.
- Cheek CC, Paterson RL, Proffit WR. «Response of erupting human second premolars to blood flow changes.» *Arch Oral Biol*, 2002: 47: 851-858.
- Chun JH., Cunha Regal de Castro A., Oh S., Kim KH., Choi SH., Nojima LI., da Cunha Gonçalves Nojima M., Lee KJ.,. «Skeletal and alveolar changes in conventional rapid palatal expansion (RPE) and miniscrew-assisted RPE (MARPE): a prospective randomized clinical trial using low-dose CBCT.» *BMC Oral Health*, 2022.
- Ciochon RI, Nisbett RA, Corruccini RS. «Dietary consistency and craniofacial development related to masticatory function in minipigs.» *J Craniofac Genet Dev Biol* , 1997: 17:96-102.
- Compadretti GC, Tasca I, Bonetti Ga. «Nasal airway measurements in children treated by rapid maxillary expansion.» *Am J Rhinol*, 2006: 20:385-393.
- Corbridge JK, Campbell PM, Taylor R, Ceen RF, Buschang PH. «Transverse dentoalveolar changes after slow maxillary expansion.» *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2011: 317-325.
- Corruccini RS. *Anthropological aspects of orofacial and occlusal variations and anomalies*. New York: Wiley-Liss, 1991.
- Cozzani M, Guiducci A, Mirengi S, Mutinelli S, Siciliani G. «Arch width changes with a rapid maxillary expansion appliance anchored to the primary teeth.» *Angle Orthod*, 2007: 77:296-302.
- Dakhil NB., Salamah FB.,. «The Diagnosis Methods and Management Modalities of Maxillary Transverse Discrepancy.» *Orthodontics and Dentofacial Orthopaedics King Saud Medical City, Riyadh, SAU*, 2021.
- d'Apuzzo F., Perillo L., Carrico CK., Castroflorio T., Grassia V., Lindauer SJ., Shroff B. «Clear aligner treatment: different perspectives between orthodontists and general dentists.» *Progress in Orthodontics*, 2019: 20:10.
- Davidovitch M, Efstathiou S, Sarne O, Vardimon AD. «Skeletal and dental response to rapid maxillary expansion with 2- versus 4 band appliances.» *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2005: 127: 483-492.
- De Marco V., Salvatore Freitas KM., Riveiro de Castro RCF. «Stability of transversal correction with hybrid maxillary expansion appliance in bone and tegumental piriformis opening

- in relation to bone age and maturation of the midpalatal suture.» *J Clin Exp Dent*, 2022: 14(5):e439-45.
- De Paula Machado Pasqua B., André CB., Paiva JB., Tarraf NE., Wilmes B., Rino-Neto J., «Dentoskeletal changes due to rapid maxillary expansion in growing patients with tooth-borne and tooth-bone-borne expanders: A randomized clinical trial.» *Orthod Craniofac Res*, 2021.
- Djeu G, Shelton C, Maganzini A. *Am Journal of Orthod Dentofacial Orthop*, 2005: 128: 292-298.
- Dogrammaci EJ, Rossi-Fedele G. «Establishing the association between non-nutritive sucking behavior and malocclusions.» *J Am Dent Assn*, 2016: 147: 926-936.
- Eli J, Sarnat H, Talmi E. «Effects of the birth process on the neonatal line in primary tooth enamel.» *Pediatric Dentistry*, 1989: 11:220-223.
- Enlow DH. *Essentials of Facial Growth*. Philadelphia: WB Saunders, 1996.
- Filho R, Ruellas A. «Long-term maxillary changes in patients with skeletal Class II malocclusion treated with slow and rapid palatal expansion.» *Am. Journal Orthod and Maxillofac Orthoped*, 2008: 134: 383-388.
- Frongia G, Castroflorio T. «Correction of severe tooth rotations using clear aligners: a case report.» *Aust Orthod J*, 2012: 28:245–249.
- Gabriel DB., Southard KA., Qian F., Marshall SD.,Franciscus RG.,Southard TE., «Cervical vertebrae maturation method: poor reproducibility.» *American Journal of Othod Dentofac Orthop*, 2009: 136:478 e 1-478 e 7 .
- Galan-Lopez L, Barcia-Gonzalez J, Plasencia E. «A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with Invisalign.» *Korean J Orthod*, 2019: 49:140–149.
- Galluccio, G. «Is the use of clear aligners a real critical change in oral health prevention and treatment? .» *Clin Ter*, 2021: 172(2):113-115.
- Geran RG., McNamara JA, Baccetti T., Franchi L.,Shapiro LM.,. «A prospective long-term study on the effects of rapid maxillary expansion in the early mixed dentition.» *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, 2006: 129: 631-640.
- Ghoneima A, Ezzat Abdel-Fattah,Francisco Eraso, David Fardo, Katherine Kula, James Hartsfield. «Skeletal and dental changes after rapid maxillary expansion: a computed tomography study.» *Aust Orthod J*, 2010: 26(2):141-8.
- Gill D, Naini F, McNally M, Jones A. «The management of transverse maxillary deficiency.» *Dent Update*, 2004: 31(9)516-523.
- Gokce G., Gode S.,Ozturk A.,Kirazlı T., Veli I.,. «Evaluation of the effects of different rapid maxillary expansion appliances on airway by acoustic rhinometry: A randomized clinical trial.» *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 2022.
- González Moreno A. M, D. Garcovich, e A Alvarado Lorenzo , L Bernes Martinez , R Aiuto, M Dioguardi , D Re , L Paglia , M Adobes Martin A Zhou Wu. «Cone Beam Computed

- Tomography evaluation of midpalatal suture maturation according to age and sex: A systematic review.» *Eur J Paediatr Dent*, 2022: 23(1):44-50.
- Gray LP. «Results of 310 cases of rapid maxillary expansion selected for medical reasons.» *J Laryngol Otol*, 1975: 89(6):601-614. .
- Gray S, Bennani H, Kieser JA, Farella M. «Morphometric analysis of cervical vertebrae in relation to mandibular growth.» *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 2016: 149:92-98.
- Gründheid T, Larson CE, Larson BE,. «Midpalatal suture density ratio: a novel predictor of skeletal response to rapid maxillary expansion.» *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2017: 151: 267-276.
- H, Nahoum. «Patent Pending.» *United States Patent Office*, 1959.
- Haas, AJ. «Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture.» *Angle Orthod*, 1961: 31: 73-90.
- Haas, AJ. «The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture.» *Angle Orthod*, 1965: 35:200-217.
- Hakan E, Palomo JM,. «Three dimension evaluation of upper airway following rapid maxillary expansion: a CBCT study.» *Angle Orthod*, 2014: 84:265-273.
- Harris K, Ojima K, Dan C, Upadhyay M, Alshehri A, Kuo CL, Mu J, Uribe F, Nanda R. « Evaluation of open bite closure using clear aligners: a retrospective study.» *Prog Orthod*, 2020: 21:23.
- Helman SN, Badhey A, Kadakia S, Myers E,. «Revisiting Crouzon Syndrome: reviewing the background and management of a multifaceted disease.» *Oral and Maxillofac Surg*, 2014: 18: 373-379.
- Hicks EP. «Slow maxillary expansion. A clinical study of the skeletal versus dental response to low-magnitude force.» *Am J Orthod*, 1978: 73(2):121-141.
- Houle JP., Piedade L, Todescan R Jr, Pinheiro FH. «The predictability of transverse changes with Invisalign.» *Angle Orthod*, 2017: 87(1):19–24.
- Hourfar J, Kinzinger Gs, Ludwig B et al. «Differential treatment effects of two anchorage systems for rapid maxillary expansion; a retrospective cephalometric study.» *J orofac Orthop*, 2016: 77:314-324.
- Hovorokova M, Lesot H, Peterkova R, Peterka M. «Origin of the deciduous upper lateral incisor and its clinical aspects.» *J Dent Res*, 2006: 85:167-171.
- Imenpour, Sirius. «Il cazzo che me ne frega .» 2021.
- Isaacson RJ, Wood JL, Ingram AH. « Forces produced by rapid maxillary expansion. I. Design of the force measuring system.» *Angle Orthod*, 1964: 34:256-260.
- Isaacson RJ, Wood JL, Ingram AH. « Forces produced by rapid maxillary expansion. Part II. Forces present during treatment.» *Angle Orthod*, 1964: 34: 261-269.

- Iwasaki T., Papageorgiou SN., Yamasaki Y., Darendeliler MA., Papadopoulou AK.,. «Nasal ventilation and rapid maxillary expansion (RME): a randomized trial.» *European Journal of Orthodontics*, 2021: 283-292.
- Jiaa H., Zhuang L., Zhuang L., Bian Y., Li S.,. «Comparison of skeletal maxillary transverse deficiency treated by microimplant-assisted rapid palatal expansion and tooth-borne expansion during the post-pubertal growth spurt stage; A prospective cone beam computed tomography study.» *Angle Orthod*, 2021: 91(1):36-45.
- Kesling, HD. «The philosophy of tooth positioning appliances.» *American Journal of Orthodontics*, 1945: 31: 297-304.
- Kiliaridis S, Katsaros C. «The effects of myotonic dystrophy and Duchenne muscular dystrophy on the orofacial muscles and dentofacial morphology.» *Acta Odontol Scand*, 1998: 56: 369-374.
- Kilik N, Kiki A, Oktay H., «Condylar Asymmetry in unilateral posterior crossbite patients.» *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2008: 133: 382-387.
- Kleim, R. «The Editor's Corner.» *Journal Of Clinical Orthodontics*, 2012: p257-258.
- Lagravère MO, Carey J, Heo G et al. « Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone-anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: a randomized clinical trial.» *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2010 : 137: 304. e1-304. e12.
- Lanteri V., Cossellu G., Gianolio A., Beretta M., Lanteri C., Cherchi C., Farronato G.,. «Comparison between RME, SME, and Leaf Expander in growing patients: a retrospective postero-anterior cephalometric study.» *European Journal of Pediatric Dentistry*, 2018: vol. 19/3.
- Lantieri C., Lantieri V., et al. «A NEW WAY FOR NO COMPLIANCE PALATAL EXPANSION: THE LEAF EXPANDER .» *Journal of clinical orthodontics*, 2016: 552-560.
- Larsen CS. «Bioarchaeology: Interpreting Behavior from the Human Skeleton.» *Cambridge University Press*, 1997.
- Lee KJ, Park YC, Park JY, Hwang WS. «Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism.» *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2010: 137(6):830-9.
- Lehman JA Jr, Haas AJ, Haas DG:. «Surgical orthodontic correction of transverse maxillary deficiency: a simplified approach.» *Plast Reconstr Surg*, 1984: 73: 62-8.
- Leighton, Bhatia. *A manual of facial growth*. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- Leonardi R, Sicurezza E, Cutrera A et al. «Changes of circumaxillary sutures in young patients treated with rapid maxillary expansion.» *Angle Orthod*, 2011: 81: 36-41.
- Levrini L., Carganico A., Abbate L.,. «Maxillary expansion with clear aligners in the mixed dentition: a preliminary study with Invisalign First System.» *European Journal of Pediatric Dentistry*, 2021.

- Li Z, Liu J, Ye R. «Maternal passive smoking and risk of cleft lip with or without cleft palate.» *Epidemiology*, 2010: 21: 240-242.
- Lim HM., Park YC, Lee KJ., Kim KO., Choi YJ.,. «Stability of dental, alveolar, and skeletal changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion.» *The Korean Journal of Orthodontics*, 2017: 47 (5):313.
- Lin L, Ahn HW, Kim SJ, et al. «Tooth-borne vs bone-borne rapid maxillary expanders in late adolescence.» *Angle Orthod*, 2015: 85:253-262.
- Lione R., Franchi L. Cozza P. «Does rapid maxillary expansion induce adverse effects in growing subjects?» *Angle Orthod*, 2013: 83, 172-182.
- Lione, R., Lombardo EC., Paoloni V., Meuli S., Pavoni C., Cozza P.,. «Upper arch dimensional changes with clear aligners in the early mixed dentition: a prospective study.» *J orofac Orthop*, 2021.
- Liou EJ, Tsai WC. «A new Protocol for maxillary protraction in cleft patients: repetitive weekly protocol of alternate rapid maxillary expansions and constrictions.» *Cleft Palate Craniofac J*, 2005: 42: 121-127.
- Lowery GH. «Growth and Development of Children.» In *Growth and Development of Children*, di Lowery GH. Chicago: Year Book Medical Publishers, 1973.
- M. Adobes Martin, e Lpani, A.Alvarado Lorenzol.Bernes Martinez et al. «The effect of maxillary protraction with or without rapid palatal expansion, on airway dimensions: a systematic review and meta-analysis.» *European Journ. Pediatric Dentistry*, 2020.
- Maggoli, C. «Bone modeling, remodeling and skeletal health in children and adolescents: mineral accrual, assessment and treatment.» *Ann Pediatr Endocrinol Metab (Ann Peiatr Endocrinol Metab)*, 2017: 22:1-5.
- Mahdieh Khosravi, Alessandro Ugolini, Amirfarhang Miresmaeili, Hamed Mirzaei, Vahid Shahidi-Zandi, Sepideh Soheilifar, Manoochehr Karami, Majid Mahmoudzadeh. «Tooth-borne versus bone-borne rapid maxillary expansion for transverse maxillary deficiency: A systematic review .» *International Orthodontics*, 2019: 17(3)425-436.
- Marszałek-Kruk, Bożena Anna. «Treacher Collins Syndrome: Genetics, Clinical Features.» *Genes*, 2021.
- Marya A., Venugopal A., Vaid N., Alam MK., Karobari M.I. «Essential Attributes of Clear Aligner Therapy in terms of Appliance Configuration, Hygiene, and Pain Levels during the Pandemic: A Brief Review.» *Pain Res Manag*, 2020.
- Marzban R, Nanda R. «Slow maxillary expansion with nickel titanium.» *J Clin Orthod*, 1999: 33(8):431-441.
- Mathur, Anirudh Agarwal and Rinku. «Maxillary Expansion.» *Int J Clin Pediatr Dent.* , 2010;; 3(3):139-146.
- McNamara J.A Jr, Lione R, Franchi L et al. «The role of rapid maxillary expansion in the promotion of oral and general health.» *Progress in orthodontics*,, 2015: 16, 33.

- McNamara JA, Baccetti T, Franchi L et al. «Rapid Maxillary expansion followed by fixed appliances: a long-term evaluation of changes in arch dimension.» *Angle Orthod*, 2003; 73: 344-353.
- McNamara JA., Kramer KL.,Juenker JP.,. «Invisible retainers.» *J Clin Orthod*, 1985: 19; 570-8.
- McNamara, JA. «Maxillary transverse deficiency.» *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2000: 117:567–570.
- Miner RM., Al Qabandi S., Rigali PH, Will LA.,. «Cone- Beam computed tomography transverse analyses. Part 2: measures of performance.» *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2015: 148(2):253-63.
- Miner RM., Al Qabandi S., Rigali PH., Will LA. «Cone-beam computed tomography transverse analysis. Part I: Normative data.» *Am. J. Orthod dentofacial Orthop*, 2012: 142(3):300-7.
- Moyers RE, van der Linden FP, Riolo ML, et al. *Standards of human occlusal development. In: Monograph 5, craniofacial growth series, Center for Human Growth and Development.* Ann Arbor: 7th ed. University of Michigan, 1976. .
- Nahoum, H. «Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners.» *Am H Orthod Dentofacial Orthop*, 2014: 146: 545-6.
- Nieri M., Paoloni V., Lione R., Barone V., Merlo MM., Giuntini V., Cozza P, Franch L.,. «Comparison between two screws for maxillary expansion: a multicenter randomized controlled trial on patient's reported outcome measures.» *Eur J. Orthod*, 2021: 8;43(3):293-300.
- Oikonomoi E., Foros P., Tagkli A., Rahiotis C., Eliades T., Koletsi D.,. «Impact of Aligners and Fixed Appliances on Oral Health during Orthodontic Treatment: A Systematic Review and Meta-Analysis.» *Oral Health Prev Dent*, 2021: 19(1):659-672.
- Paoloni V. «Comparison of the dento-skeletal effects produced by Leaf expander versus rapid maxillary expander in prepubertal patients: a two-center randomized controlled trial.» *Eur J. Orthod*, 2022: 30;44(2):163-169.
- Paoloni V., Giuntini V., Lione R., Nieri M., Barone V., Marino Merlo M., Mazza F., Passaleva S., Cozza P., Franchi L.,. «Comparison of the dento-skeletal effects produced by Leaf expander versus rapid maxillary expander in prepubertal patients: a two-center randomized controlled trial.» *European Journal of Orthodontics*, 2022: 163-169.
- Paoloni V., Giuntini V., Lione R., Nieri M., Barone V., Merlo MM., Mazza F., Passaleva S., Cozza P., Franchi L. «Comparison of the dento-skeletal effects produced by Leaf expander versus rapid maxillary expander in prepubertal patients: a two-center randomized controlled trial.» *European Journal of Orthodontics*, 2022: 163-169.
- Parka JJ., Parka YC., Leea KJ., Chaa JY.,Tahkb JH., Choia YJ.,. «Skeletal and dentoalveolar changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults: A cone-beam computed tomography study.» *The Korean Journal of Orthodontics*, 2017: 2017; 47(2): 77-86.

- Pavicin IS, Dumanic J, Badel TE, Vodanovic M. «Timing of emergence of the first primary tooth in preterm and full-term infants.» *Ann Anat.*, 2016: 203: 19-23.
- Persson M, Thilander B. «Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age.» *Am J Orthod*, 1977: 72(1):42-52. .
- Petrén S, Bjerklin K, Bondemark L. «Stability of unilateral posterior crossbite correction in the mixed dentition: a randomized clinical trial with a 3-year follow up.» *American Journal of Orthodontics and Maxillofacial Orthopedics*, 2011: 139: e73-e81.
- PH Bushang, SG Shaw, M Ross, D Crosby, PM Campbell. «Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces.» *Angle Orthod*, 2014: 84: 391-396.
- Pirelli P, Saponara M, Guilleminault C. «Rapid maxillary expansion in children with obstructive sleep apnea Syndrome.» *Sleep*, 2004: 27: 761-766.
- Ponitz, Rj. « Invisible retainers .» *Am J of Othod*, 1971: 59:266-72.
- Proffit, William R. «Contemporary Orthodontics.» Cap. 2 in *Ortodonzia Moderna sesta Edizione*, di Henry W. Fields Jr., Brent E. Larson, David M. Sarver William R. Proffit, a cura di Paola Cozza, Traduzione di Landor Surl, 725. North Carolina USA: Paola Sammaritano, 2019.
- Putrino A., Barbato E., Galluccio G. «Clear Aligners: Between Evolution and Efficiency-A Scoping Review.» *Int J Environ Res Public Health*, 2021: 18(6):2870.
- Rainey BJ, Burnside G, Harrison JE. «Reliability of cervical vertebral maturation.» *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 2016: 150:98-104.
- Reed N, Ghosh J, Nanda RS. «Comparison of treatment outcomes with banded and bonded RPE appliances.» *Am J orthod Dentofacial Orthop*, 1999: 116: 31-40.
- Rhoads SG, Hendricks HM, Frazier-Bowers SA. «Establishing the diagnostic criteria for eruption disorders based on genetic and clinical data.» *Am J Orthod Dentofac Orthop.*, 2013: 144: 194-202.
- Ricketts RM., Bench, RW., e CF., Gungino. «Bioprogressive therapy.» In *Orthodontics*, di RM. Ricketts, RW. Bench e CF., Gungino, 255-258. Rocky Mountains, 1979.
- Risinger RL, Proffit WR. «Continuous overnight observation of human premolar eruption.» *Arch Oral Biol.*, 1996: 41: 63-68.
- RM, Ricketts. «Perspectives in the clinical application of cephalometrics: the first fifty years.» *Angle Orthod*, 1981: 51: 115-50.
- Robbins WJ, et al. «Growth.» In *Growth*, di Robbins WJ. New Haven: Yale University Press, 1928.
- Roberta Lione, Elisabetta Cretella Lombardo, Valeria Paoloni, Simonetta Meuli · Chiara Pavoni. «Upper arch dimensional changes with clear aligners in the early mixed.» *J Orofac Orthop*, 2021.

- Salamah, Nouf Bin Dakhil and Fahad Bin. «The Diagnosis Methods and Management Modalities of Maxillary Transverse Discrepancy.» *Orthodontics and Dentofacial Orthopaedics, King Saud Medical City, Riyadh, SAU*, 2021: 13 (12); e20482.
- Sandikcioglu M, Hazae S,. «Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition.» *America Journal of Orthodontics ad Dentofacial Orthopedics*, 1997: 111: 321-327.
- Sandikcioglu M, Hazar S. «Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition.» *Am j Orthod dentofacial Orthop*, 1997: 111:321-327.
- Sawchuk D., Currie K., Vich M.L., Palomo JM , Mir CF. «Diagnostic methods for assessing maxillary skeletal and dental transverse deficiencies: A systematic review.» *Korean Journal Orthod*, 2016.
- Sheridan JJ., LeDoux W., McMinn R.,. «Essix retainers: fabrication and supervision for permanent retention.» *J Clin Orthod*, 1993: 27:37-45.
- Shivam Mehtaa, Vaibhav Gandhib, Manuel Lagravere Vichc, Veerasathpurush Allareddy. «Long-term assessment of conventional and mini-screw–assisted rapid palatal expansion on the nasal cavity.» *Angle Orthod*, 2022.
- Simon M, Keilig L, Swarze G, Jung BA, Bourauele C. «Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: Incisor torque, premolar derotation, and molar distalization .» *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2014: 145:728-36.
- Simon, Louis S, Udaya Kumar Deepika, Shilpa Philip, Manoranjan Mahakur, e Choondathodi Jishad. «Quad Helix-A Versatile Appliance in Pedodontist's Arsenal: A Case Series .» *Int J Clin Pediatr Dent*, 2021: S114-S116.
- Smith T, Ghoneima A, Stewart K et al. «Three dimensional computed tomography analysis of airway volume changes after rapid maxillary expansion .» *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2012: 41:618-626.
- Solano-Mendoza B., Sonnemberg B, Solano-Reina E, Iglesias-Linares A. «How effective is the Invisalign system in expansion movement with Ex300 aligners?» *Clin Oral Investig*, 2017: 21(5):1475–1484.
- Solow B, Isei H. «Maxillary Growth revisited: an update based on recent implant studies. In: Davidovitch Z, Norton LA, eds. *Biological Mechanism of tooth Movement and Craniofacial Adaptation* .» *Boston: Harvard Society for Advancement of Orthodontics*, 1996.
- Spillane LM, McNamara JA Jr. «Maxillary adaptation to expansion in the mixed dentition.» *Semin Orthod*, 1995: 1: 176-187.
- Staderini E, Meuli S, Gallenzi P. «Orthodontic treatment of class three malocclusion using clear aligners: a case report.» *J Oral Biol Craniofac Res*, 2019: 9:360–362.
- Staderini E, Patini R, Meuli S, Camodeca A, Guglielmi F, Gallenzi P. «Indication of clear aligners in the early treatment of anterior crossbite: a case series.» *Dental Press J Orthod* , 2020: 25:33–43.

- Starr NB., Poland C 3rd, Dean JA.,. «Malocclusion: how important is that bite?» *J Pediatr Health Care*, 1999: 13(5):245-7.
- Sulik KK. «Orofacial embryogenesis: a framework for understanding clefting sites. In Fonseca RJ, Marciani RD, Turvey TA, eds.» *Oral and Maxillo facial Surgery Vol 3 3rd ed St Louis: Elsevier*, 2017: Chapter 27.
- Suzuki H, Moon W, Previdente LH, Suzuki SS, Garcez AS, Consolaro A. «Expansão rápida da maxila assistida com mini-implantes ou MARPE: em busca de um movimento ortopédico puro.» *Rev Clín Ortod Dental Press.* , 2016: ;15(1):110-25.
- Tanner JM. «Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height.» *WB Saunders*, 2001.
- Tessier P. «Anatomical Classification of facial, craniofacial and latero-facial clefts.» *J. Maxillofac Surg*, 1976: 4:69-92.
- Ugolini A. «A multicenter, prospective, randomized trial of pain and discomfort during maxillary expansion: Leaf expander versus hyrax expander.» *Int J. Paediatr Dent*, 2020: 30(4):421-428.
- Ugolini A., Cerruto C., di Vece L., Ghislanzoni LH., Sforza C., Doldo T., Biavati AS., Caprioglio A. «Dental arch response to Haas-type rapid maxillary expansion anchored to deciduous vs permanent molars: A multicentric randomized controlled trial.» *Angle Orthodontist*, 2015: Vol 85, No4.
- Utria AF, Mundlinger HS, Bellamy JJ. „The importance of timing in optimizing cranial vault remodeling in Syndromic craniosynostosis.” *Plast Reconstr Surg*, 2015: 135:1077-1084.
- Verquin M, Daems L, Politis C. «Short-term complications after surgically assisted rapid palatal expansion: a retrospective cohort study.» *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 2017: 303-308.
- Vig KW. «Nasal Obstruction and facial growth: the strength of evidence for clinical assumptions.» *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, 1998: 113:603-611.
- Villa MP, Malagola C, Pagani J, et al. «Rapid Maxillary expansion in children with obstructive sleep apnea syndrome: 12 months follow-up.» *Sleep Med*, 2007: 8: 128-134.
- Villa MP, Rizzoli A, Miano S, Malagoga C. «Efficacy of rapid maxillary expansion in children with obstructive sleep apnea syndrome: 36 months of follow up.» *Sleep Breath*, 2011: 15: 179-184.
- Warre JJ, Fontana M, Blanchette DR, et al. «Timing of primary tooth emergence among U.S racial and ethnic groups.» *Journal Public Health Dentistry*, 2016: 76: 259-262.
- Weir, T. «Clear Aligners in orthodontic treatment.» *Australian Dental Journal*, 2017: 62: 58-62.
- Wertz RA. «Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening.» *Am J Orthod*, 1970: 58(1):41-66.

- Wesam Mhd Mounir Bakdach, Majed Haiba, Rania Hadad. «Changes in surface morphology, chemical and mechanical properties of clear aligners during intraoral usage: a systematic review and meta-analysis.» *International Orthodontics*, 2022.
- White, Alicia. «Endochondral ossification: a delicate balance between growth and mineralisation.» *Current Biology vol11 No15*, 2001.
- WR, Proffit. «Lingual Pressure patterns in the transition from tongue thrust to adult swallowing.» *Arch Oral Biol*, 1972: 17:555-563.
- WV., Arndt. «Nickel titanium palatal expander.» *J Clin Orthod*, 1993: 27(3):129-137.
- Yassir YA., Nabbat SA., McIntyre GT., Bearn DR.,. «Clinical effectiveness of clear aligner treatment compared to fixed appliance treatment: an overview of systematic reviews.» *Clin Oral Investig*, 2022: 26(3):2353-2370.
- Yilmaza BS, Kucukkeles N. «Skeletal, soft tissue, and airway changes following the alternate maxillary expansions and constrictions protocol.» *Angle Orthod*, 2015: 85: 117-126.
- Yu CC, Wong FH, Lo LJ. «Craniofacial deformity in patients with uncorrected congenital muscular torticollis: an assessment from three-dimensional computed tomography imaging.» *Plast Reconstr Surg*, 2004: 113: 24-33.
- Zebrick. «ACTN3 R577X genotypes associate with Class II and deepbite malocclusions.» *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, 2014: 146:603-611.
- Zhang B., Huang X., Huo S., Zhang C., Zhao S., Cen X., Zhao Z.,. «Effect of clear aligners on oral health-related quality of life: A systematic review.» *Orthod Craniofac Res*, 2020: 23(4):363-370.
- Zhou N., Guo J. «Efficiency of upper arch expansion with the Invisalign system.» *Angle Orthod*, 2020: 90(1):23-30.
- Zhou Y., Long H, Ye N, Xue J, Yang X, Liao L, Lai W. «The effectiveness of non surgical maxillary expansion: a meta-analysis.» *Eur J Orthod*, 2014: 36(2): 233-242.