INDICE

1. Introduzione…..……2

2. Cenni di anatomia, embriologia e crescita del complesso nasomascellare……..3

2.1Anatomia…….3

2.1.1. Osso Mascellare……...……...3

2.1.2. Regione Palatina…….6

2.2 Embriologia…….……..……..……....9

2.3 Crescita…….……..……..……..…….12

2.3.1 Meccanismi di crescita ossea…….……..……12

2.3.2 Crescita post-natale del complesso nasomascellare……13

2.3.3. Le suture…….……..……..……18

3. Indicazioni all'espansione palatale…….……22

4. Ausili diagnostici……30

4.1 Modelli in gesso…….……..……..30

4.2 WALA Ridge…….……..……..32

4.3. Cefalogrammi postero-anteriori……...…….……..……..33

4.4 CBCT…….……..……..35

4.5 Valutazione del momento auxologico…….……37

5. Espansione del palato: rapida vs lenta…….…… ……..……45

5.1 Storia…….……..……..45

5.2 Dispositivi per espansione rapida…….……..……...46

5.3 Dispositivi per espansione lenta…….……..……51

5.4 Variabili di trattamento…….……61

5.5 Effetti indotti dall'espansione…….……..74

6. Conclusioni…….……..……..82

Bibliografia…….84

Capitolo 1. Introduzione

L'espansione del palato è un metodo di trattamento ortopedico che consiste nella separazione laterale delle due metà mascellari attraverso la diastasi della sutura mesio-palatina con lo scopo di ottenere una relazione armonica, sul piano trasversale, del complesso nasomascellare rispetto alla mandibola ed al resto del cranio. I primi riferimenti scientifici in merito risalgono al 1860, quando Emerson C. Angell fornì i risultati ottenuti per mezzo di espansione palatale rapida che però non poterono essere supportati da immagini radiografiche. Seguirono infatti numerose critiche ai pochi sostenitori del metodo da quanti invece ne contestavano l'utilità. Tali dispute durarono circa mezzo secolo sino a quando il prof. Clarke L. Goddard ripropose il dispositivo con la pubblicazione del saggio intitolato "Separazione del palato alla sinfisi" che trovò il sostegno di numerosi professionisti e portò l'espansione rapida ad essere una tecnica riconosciuta ed usata. Tuttavia le perplessità sull' espansore non erano ancora del tutto superate: molti clinici infatti misero in discussione la necessità di ottenere un'espansione rapida, rispetto ad un'espansione lenta.

Il presente studio intende analizzare i meccanismi legati alla scelta del trattamento al fine di chiarire le ragioni che spingono il clinico a prediligere l'espansione del palato con protocolli rapidi piuttosto che lenti o viceversa. A tal proposito verranno in primo luogo illustrati elementi di anatomia, embriologia e crescita del complesso nasomascellare. Seguiranno le indicazioni al trattamento e gli ausili diagnostici. Successivamente si entrerà nel vivo del tema, dove verranno brevemente descritti i dispositivi più utilizzati, verranno approfondite le variabili di trattamento e riportati gli effetti dell'espansione.

Capitolo 2 Cenni di anatomia, embriologia e crescita del complesso nasomascellare

2.1 Anatomia

2.1.1. Osso Mascellare

L’osso mascellare è un osso chiave per il massiccio facciale in quanto partecipa alla formazione del pavimento delle orbite, delle cavità nasali ed orale e accoglie i denti superiori. Si tratta di un osso pari e simmetrico che si articola con il controlaterale sulla linea mediana ed è costituito da un corpo e da quattro processi: il palatino, l'alveolare, lo zigomatico e il frontale. Il corpo voluminoso e cavo, ha la forma di una piramide triangolare di cui si possono descrivere quattro facce: la faccia anteriore o malare, la faccia posteriore o infra-temporale, la faccia superiore od orbitaria e la faccia mediale o nasale.

La faccia anteriore del corpo del mascellare ha forma triangolare e continua in alto nel processo frontale, in basso nel processo alveolare e lateralmente nel processo zigomatico. Al centro è presente la fossa canina sopra la quale vi è il foro infraorbitario, l’orifizio del canale infraorbitario attraversato dall’arteria e dal nervo infraorbitario. Medialmente la faccia anteriore termina con l’incisura nasale che delimita, con il mascellare controlaterale, l’apertura piriforme che permette la comunicazione delle fosse nasali con il vestibolo del naso (fig. 1). La fusione delle ossa mascellari lungo la linea mediana genera una proiezione ossea visibile al di sotto dell’apertura piriforme: la spina nasale anteriore. Medialmente è presente la sutura intermascellare che si estende dalla spina nasale anteriore verso l’osso interdentale alla cresta alveolare stabilendo l’articolazione sulla linea mediana delle due ossa mascellari.

La faccia posteriore o infratemporale del mascellare è situata tra la fossa infratemporale e la fossa pterigopalatina e continua lateralmente nel processo zigomatico e in basso nel processo alveolare. Si presenta convessa nella parte mediale, dove costituisce la tuberosità mascellare e concava nella parte laterale, che continua superiormente con il processo zigomatico. Al centro della

tuberosità sono presenti i fori alveolari che immettono nei canali alveolari percorsi da vasi e nervi alveolari postero-superiori per i denti premolari e molari (fig 2).

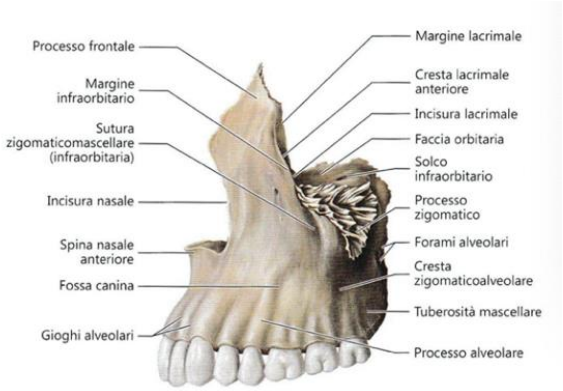


Figura 1 Faccia laterale dell'osso mascellare di sinistra.

Tratta da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, pag.22

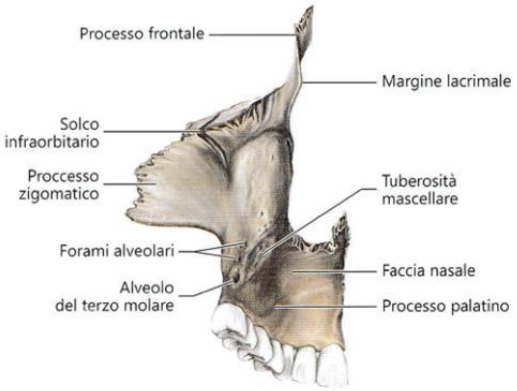


Figura 2 Faccia posteriore dell'osso mascellare di sinistra. Tratta da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, pag.23

La faccia superiore (fig.3) è chiamata anche orbitaria in quanto partecipa alla formazione del pavimento dell'orbita. Ha forma triangolare e posteriormente presenta il solco infraorbitario che si continua in avanti nel canale infraorbitario. Dalla parte anteriore del canale prendono origine i canali incisivi i quali raggiungono gli alveoli dei denti anteriori e sono percorsi dai vasi e dai nervi superoanteriori.

La faccia mediale o nasale costituisce la maggior parte della parete laterale delle cavità nasali e corrisponde alla base della piramide; termina in alto e in avanti con la faccia mediale del processo frontale e in basso con il processo palatino (fig.4). Al centro è presente un'apertura o iato mascellare, che è l'ingresso del seno mascellare. Dietro all'apertura mascellare, la faccia nasale è rugosa e si articola con la lamina perpendicolare dell'osso palatino che, insieme al processo pterigoideo dello sfenoide, chiude la fossa pterigopalatina. È presente inoltre il solco palatino maggiore che, dall'articolazione con l'osso palatino, viene trasformato in canale palatino maggiore che ospita vasi

e nervi omonimi. Davanti all'apertura è situato il solco lacrimale che viene trasformato in canale nasolacrimale dall'articolazione con la cresta nasale inferiore e l'osso lacrimale.

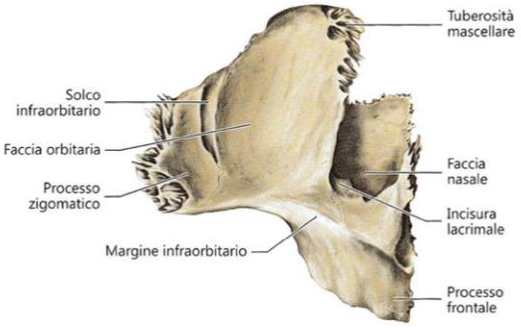


Figura 2 Faccia superiore dell'osso mascellare di sinistra. Tratta da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, pag.24

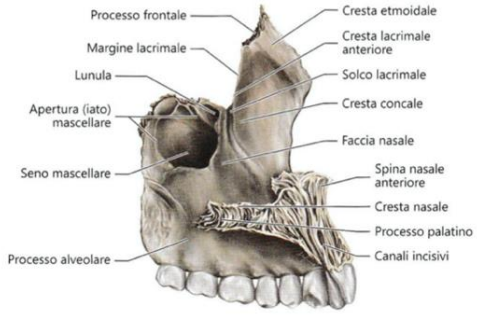


Figura 1. Faccia mediale dell'osso mascellare di sinistra. Tratta da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, pag.22

I1 processo palatino appare come una lamina ossea orizzontale quadrangolare e appiattita in senso verticale, che origina dal margine inferiore della faccia mediale del corpo dell'osso mascellare. Entra nella formazione del pavimento delle cavità nasali con la superficie superiore; con la superficie inferiore delimita superiormente la cavità orale e forma i due terzi anteriori del palato duro. Il margine mediale si articola con il processo palatino controlaterale costituendo la sutura palatina mediana, mentre il margine posteriore si articola con l'osso palatino formando così a sutura palatina trasversa. La sutura palatina mediana e la sutura palatina trasversa costituiscono insieme la sutura palatina crociata. La superficie inferiore del palato presenta anteriormente i forami incisivi o palatini anteriori che proseguono nei canali incisivi o nasopalatini. A volte può essere presente l'osso incisivo che si articola con il margine anteriore dei processi palatini tramite la sutura incisiva.

Il processo alveolare prende origine dalla faccia inferiore del corpo dell'osso mascellare. Si tratta di un rilievo arcuato a forma di ferro di cavallo che articolandosi con il processo alveolare controlaterale forma l'arcata alveolare superiore. Nell'adulto il processo alveolare presenta otto alveoli dentali, cavità separate dai setti interalveolari, che accolgono le radici dei denti. Alla base di ciascuna cavità alveolare è presente un canalicolo che permette il passaggio ai vasi e ai nervi per le

radici dei denti. Gli alveoli dentali anteriori corrispondono alle radici dei denti incisivi e canini per cui hanno una forma conica semplice, mentre gli alveoli latero-posteriori, dovendo accogliere i denti pluriradicolati (premolari e molari), presentano cavità multiple sepimentate da setti interadicolari. Osservando la faccia esterna del processo alveolare, sopra gli alveoli dentali sono visibili delle prominenze determinate dagli alveoli dentali, i gioghi alveolari. Anteriormente, sopra i gioghi alveolari dei denti incisivi, è presente una depressione, la fossa incisiva. la superficie interna del processo alveolare continua con la superficie inferiore del processo palatino.

Il processo zigomatico è un voluminoso rilievo osseo a forma di piramide triangolare corta e tozza, la cui base corrisponde alla faccia anteriore dell'osso mascellare e il cui apice si articola con l'osso zigomatico attraverso la sutura zigomatico-mascellare. La faccia anteriore è piana e continua con la faccia anteriore dell'osso mascellare, mentre la faccia posteriore continua nella faccia infratemporale dell'osso mascellare ed è foggiata a doccia verticale.

Il processo frontale prende origine in corrispondenza dell'angolo anteromediale del corpo mascellare e si articola con l'osso frontale a livello del margine superiore. La faccia interna del processo frontale è proiettata verso le cavità nasali e presenta la cresta etmoidale su cui si articola la conca nasale media dell'osso etmoide. Il margine anteriore si unisce all'osso nasale mentre il margine posteriore si articola con l'osso lacrimale.

2.1.2. Regione palatina

Il palato è una formazione osteofibromucosa che forma contemporaneamente il tetto della cavità orale ed il pavimento della cavità nasale. Nei due terzi anteriori è rappresentato dal palato duro mentre il terzo posteriore dal palato molle. Tali formazioni, concave sia sul piano trasversale sia sul piano sagittale, dal punto di vista anatomico-topografico si considerano assieme ma in anatomia descrittiva si studiano separatamente.

La volta del palato duro può avere forma piatta, arcuata o appuntita e si compone di quattro strati che, procedendo dalla cavità orale verso le fosse nasali, sono:

- Strato mucoso inferiore: si presenta più spesso nelle regioni laterali piuttosto che lungo la linea mediana. Si fonde con il periostio ed è caratterizzato da una notevole resistenza. È costituito da un epitelio di rivestimento pluristratificato e da una lamina propria ricca di connettivo. Anteriormente presenta diversi rilievi mucosi disposti orizzontalmente, le rughe palatine, mentre posteriormente è separata dal periostio dall' inserzione delle ghiandole salivari minori.

- Strato ghiandolare: formato da piccole ghiandole tubulo acinose a secrezione mucosa poste ai lati della linea mediana

- Strato osseo: formato anteriormente dai processi palatini e posteriormente dalle lamine orizzontali delle due ossa palatine. Presenta una superficie rugosa dal lato buccale e liscia dal lato nasale.

- Strato mucoso superiore: costituito da mucosa nasale respiratoria che controlla la qualità e il condizionamento dell'aria inspirata.

Lungo la linea mediana è presente il rafe palatino, un rilievo che attraversa tutto il palato e termina in avanti con un piccolo tubercolo, la papilla incisiva, situata dietro gli incisivi superiori e corrispondente all'apertura dei canali incisivi (fig. 5). L'arteria palatina maggiore, branca dell'arteria mascellare, offre l'irrorazione sanguigna al palato duro. L'innervazione è sensitiva ed è fornita dal nervo palatino maggiore e dal nervo naso-palatino; la linfa drena nei linfonodi cervicali e retrofaringei. Il palato duro continua posteriormente nel palato molle tramite l'aponeurosi palatina.

Il palato molle segna il limite tra cavità orale ed orofaringe e contribuisce alla deglutizione e all'articolazione delle consonanti velari durante la fonazione. A differenza del palato duro, il palato molle non ha una componente ossea ma offre rivestimento a cinque muscoli: tensore del velo palatino,

palatoglosso, palato-faringeo, elevatore del velo palatino e il muscolo dell'ugola (fig.6). L'afflusso di sangue al palato molle è garantito dalle arterie palatine minori, branche dell'arteria palatina discendente, e dall'arteria palatina ascendente, branca dell'arteria facciale. L'innervazione del palato molle è sia sensitiva, grazie ai nervi palatini maggiore, nasopalatino e nervo palatino minore, sia motoria grazie alle fibre nervose del plesso pterigoideo e al nervo pterigoideo mediale.

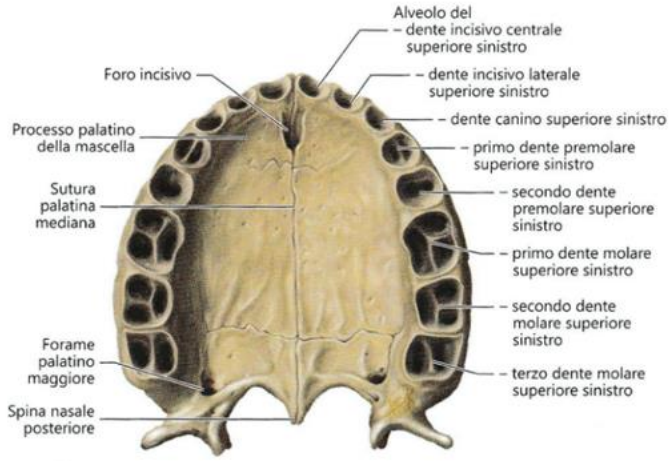


Figura 5 Palato duro: arcata a cui sono stati asportati i denti e si vedono le cavità alveolari. Tratta da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, pag.24

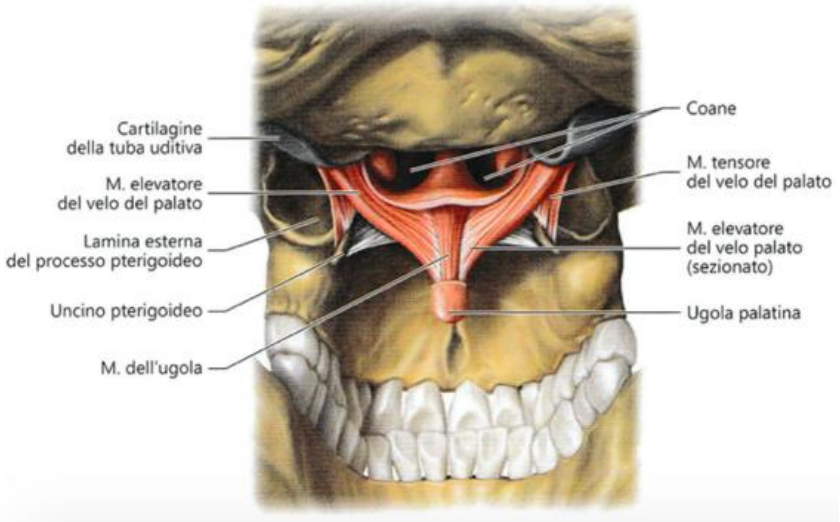


Figura 6 Visione posteriore dei Muscoli del palato molle. Tratta da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, pag.33

2.2 Embriologia

Le forme caratteristiche della specie umana si iniziano ad apprezzare durante il secondo periodo di ontogenesi, che va dall'inizio della quarta settimana fino al termine dell'ottava settimana. Durante questo periodo l'ectoderma, il mesoderma e l'endoderma intensificano l'attività proliferativa e danno origine ad organi ed apparati.

Nella parete della faringe la proliferazione del mesoderma parassiale e laterale e la contemporanea migrazione delle cellule della cresta neurale porta alla formazione degli archi faringei o branchiali durante l'inizio della quarta settimana (fig. 7). Si tratta di sei coppie di ispessimenti orientati trasversalmente costituiti da tessuto mesenchimale e ricoperti da ectoderma all'esterno e da endoderma all'interno. Ciascun arco è dotato di una componente cartilaginea, da una componente muscolare, da un nervo e da un'arteria. A partire dal romboencefalo i nervi cranici entrano in ciascun arco e distribuiscono la componente motrice alla muscolatura e la sensitiva all'epitelio.

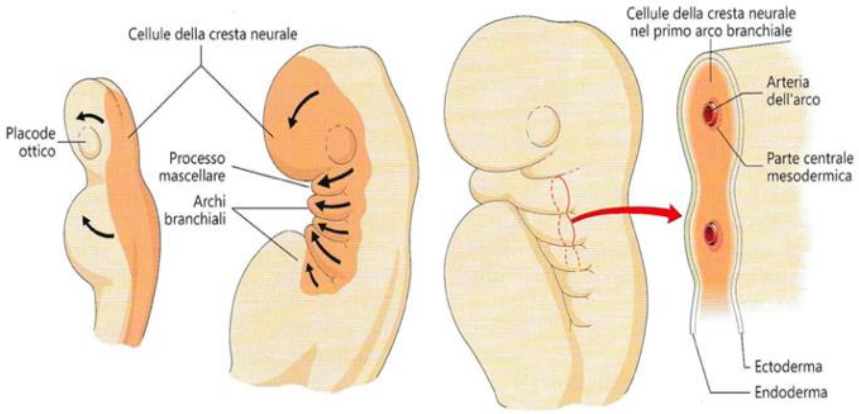


Figura 7 Migrazione delle cellule della cresta neurale. Tratta da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, pag.54

Gli archi faringei contribuiscono allo sviluppo della faccia durante il periodo somita, in particolare il primo arco, o arco mandibolare, il quale dà origine alle ossa dei due terzi inferiori del volto. Esso è situato tra lo stomodeo e la prima tasca faringea e costituisce il pavimento dello stomodeo primitivo.

È possibile identificare il processo mascellare ed il processo mandibolare, rispettivamente in posizione dorsale e ventrale. Dal processo mascellare derivano la premaxilla e l'osso mascellare, l'osso zigomatico e parte del temporale. La mandibola deriva da un processo di ossificazione in cui è coinvolta la cosiddetta cartilagine di Meckel presente all'interno del processo mandibolare. Inoltre, dal mesoderma del primo arco si sviluppano i muscoli masticatori (temporale, massetere, pterigoidei), i muscoli tensori del velo palatino e del timpano ed il ventre anteriore del digastrico mentre dall'endoderma e dall'ectoderma derivano la mucosa e le ghiandole dei due terzi anteriori della lingua. L'innervazione del primo arco è di competenza del nervo trigemino.

Al termine della quarta settimana dall'ectoderma si formano i placoidi olfattivi, dall'endoderma i processi nasali mediale e laterale e contemporaneamente i processi mascellari crescono in direzione ventrale fino ad incontrare e fondersi con il processo nasale mediale.

Durante la sesta settimana di sviluppo embrionale l'epitelio delle cavità nasali primitive entra in contatto con l'epitelio del tetto dello stomodeo e si forma la membrana bucconasale. Quest'ultima permette la separazione tra cavità nasale primitiva e stomodeo ed in seguito al suo riassorbimento originano le coane primitive. Anteriormente alle coane si trova un tessuto di forma triangolare, il palato primitivo, formato grazie all'unione di tre processi mesodermici: i due processi mascellari e il processo frontonasale. L'invaginazione del processo frontonasale dà origine al setto nasale primitivo, il quale separa le cavità nasali primitive. Grazie alla proliferazione del mesenchima posto tra stomodeo e proencefalo si arriva alla formazione del setto nasale definitivo il cui margine inferiore è contiguo al dorso della lingua, essendo il pavimento delle cavità nasali ancora in via di formazione. Verso la fine della sesta settimana, dalla superficie interna dei processi mascellari e posteriormente al palato primitivo si assiste alla formazione dei processi palatini. Essi proliferano verso il basso e sono quindi in contatto con le superfici laterali della lingua.

Il contemporaneo sviluppo della mandibola permette, durante la settima settimana, l'abbassamento della lingua ed il conseguente sviluppo dei processi palatini in direzione mediale e coronale che si uniscono tra l'ottava e la dodicesima settimana. Dall'estremità dorsali dei processi

palatini si formano il palato molle e l'uvula palatina e, contemporaneamente, le coane raggiungono la porzione più caudale del setto nasale. L'ottava settimana termina con la formazione del palato definitivo: lungo la linea mediana, infatti, si assiste ad una progressiva fusione dei processi palatini con direzione antero-posteriore. La cavità orale e le cavità nasali risultano ora separate (fig. 8)

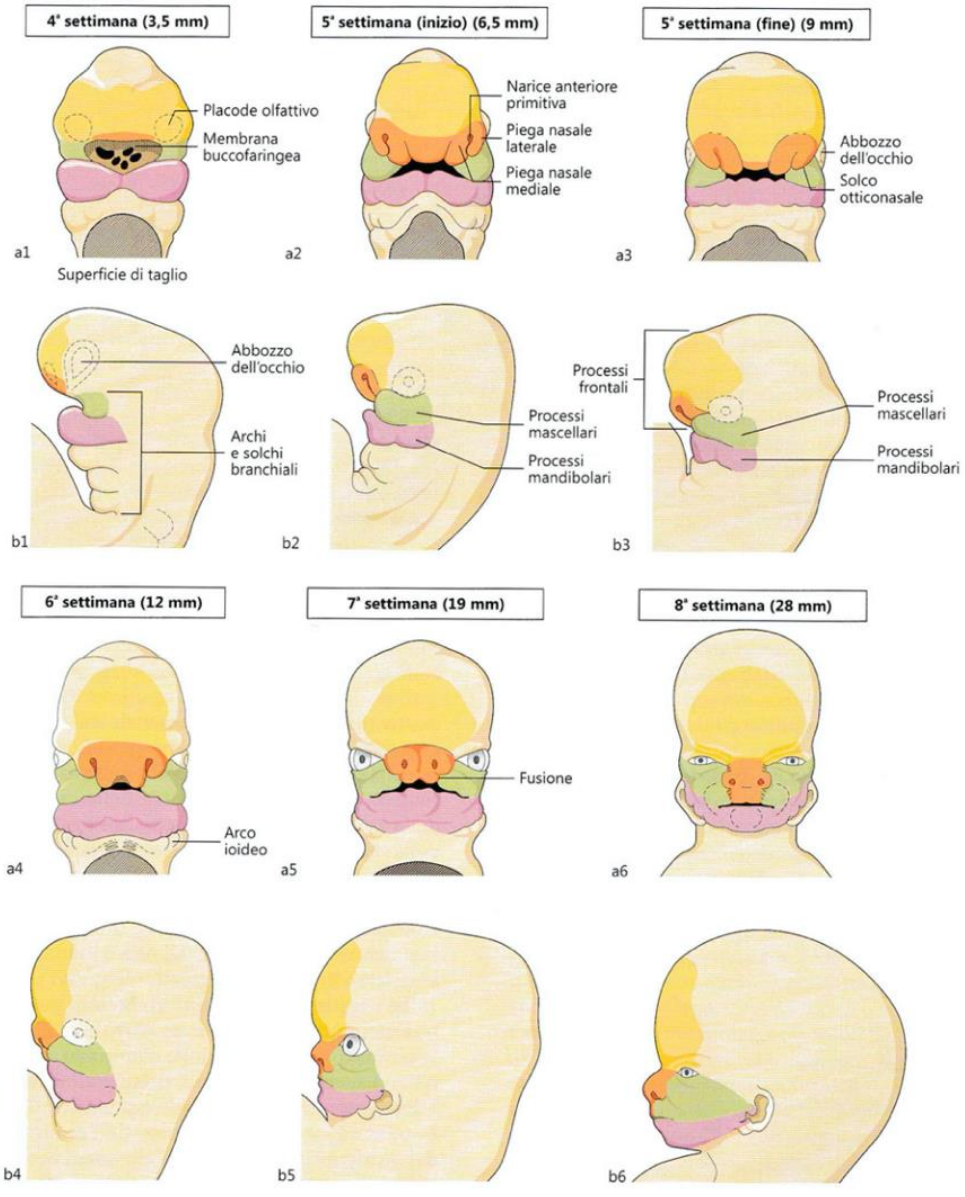


Figura 8 Schema riassuntivo del contributo dei processi facciali allo sviluppo superficiale della faccia in visione frontale (a) e laterale (b). Tratta da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, pag.61

2.3 Crescita

2.3.1 Meccanismi di crescita ossea

Gli studi di Enlow sono alla base delle attuali conoscenze in materia di crescita facciale, i cui processi di controllo sono ancora oggi oggetto di ricerca. La crescita è controllata da due gruppi di fattori: 1) fattori naturali quali genetici, funzionali, neurotrofici, organici e da 2) fattori alteranti come ad esempio le forze ortodontiche, la chirurgia e i fattori nutrizionali.

Sicher, Scott e Moss sono gli autori delle teorie sulla crescita ossea più accreditate. Ad oggi la comunità scientifica ritiene più corretta una sintesi delle teorie di Scott e Moss in quanto la teoria di Sicher, secondo cui l'informazione genetica è contenuta a livello dei centri di crescita (periostio, suture e cartilagine) e che i fattori ambientali sono di scarsa influenza, è stata da tempo abbandonata. Secondo Scott la cartilagine del setto nasale è responsabile dello sviluppo del terzo medio della faccia; la sua teoria, secondo cui le cartilagini fungono appunto da determinanti della crescita craniofacciale, è tuttavia valida solo per alcune cartilagini. La teoria di Moss è stata ipotizzata nel 1969 e sostiene che le matrici funzionali (vasi, nervi, ghiandole ma soprattutto muscoli) giochino un ruolo primario nella morfogenesi del complesso nasofacciale; le matrici funzionali controllano la crescita ossea e cartilaginea tramite un meccanismo di feedback in seguito a stimoli accrescitivi e funzionali.

La crescita ossea è il risultato di tre complessi e continui meccanismi di: aumento dimensionale, rimodellamento osseo e migrazione ossea. L'osso a differenza dei tessuti molli non cresce per ingrandimento interstiziale ma per fenomeni di apposizione sulle superfici esterne o periostee ed interne o endossee; contemporaneamente, sulla parte corticale esterna della superficie ossea opposta si verificano processi di riassorbimento. Sulle superfici ossee interne ed esterne si dispongono i loci di crescita, importanti strutture con attività osteogenetica, alcuni dei quali possiedono una caratteristica crescita intrinseca. Questi ultimi, denominati centri di crescita, sono responsabili dell'accrescimento delle sincondrosi alla base del cranio, delle suture craniche, della tuberosità mascellare, del condilo e dei processi alveolari. Il dinamismo presente a livello dei loci di crescita e le attività funzionali permettono una crescita differenziale di varie zone dello stesso osso e

ciò determina una variazione morfologica grazie a fenomeni di rimodellamento che permettono il mantenimento dei normali rapporti tra le diverse ossa. La velocità del rimodellamento è intensa nell'età infantile e decresce con il passare degli anni.

Il progressivo accrescimento può determinare una modificazione della posizione della corticale, per apposizione ossea sulle superfici che si trovano lungo la direzione di crescita e per un contemporaneo riassorbimento sulle superfici ossee opposte; questo meccanismo è noto come migrazione o deriva corticale. Se i processi di apposizione e riassorbimento sono di uguale entità lo spessore dell'osso rimane costante. Se invece l'apposizione supera il riassorbimento lo spessore osseo aumenta. Mentre la deriva corticale si riferisce allo spostamento di una parte dell'osso, il riposizionamento è lo spostamento dell'intero osso soggetto al rimodellamento; tale movimento determina un lieve allontanamento tra le ossa che rende possibile la crescita. Il riposizionamento è primario quando connesso alla crescita intrinseca dell'osso mentre è secondario quando dovuto all'accrescimento di altre strutture.

2.3.2 Crescita post-natale del complesso nasomascellare

Dopo la nascita il complesso nasomascellare si sviluppa interamente per ossificazione intramembranosa. Enlow ha paragonato l'osso mascellare ad una piattaforma su ruote: se tirata in avanti, la sua superficie rappresentata dal muro viene distrutta nella parte anteriore e contemporaneamente costruita nella parte posteriore (fig. 9)

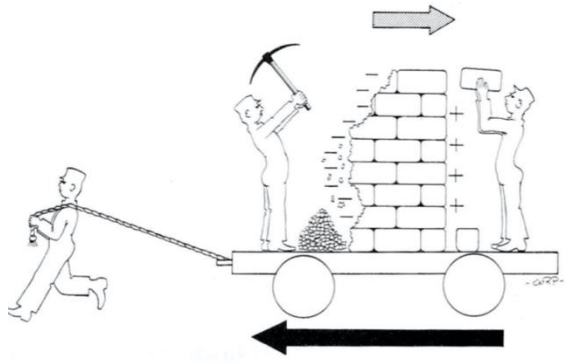


Figura 9 Rimodellamento in una direzione e traslazione in direzione opposta, tratta da Enlow D.H., Hans M.G.: Essentials of facial growth, Philadelphia, 1996, W.B. Saunders, pag 5

Nel soggetto eumorfico la crescita del complesso nasomascellare avviene principalmente per spostamento passivo, risultante da un riposizionamento secondario dovuto alla crescita della base cranica, dalla crescita suturale e dal rimodellamento superficiale (fig. 10 e 11). Infatti, dato che la maxilla è unita al pavimento della fossa cranica anteriore tramite suture, la crescita della base cranica induce uno spostamento del complesso nasomascellare diretto in basso e in avanti e lo spazio che si crea a livello suturale è sede di deposizione ossea; contemporaneamente la sua superficie anteriore va incontro a riassorbimento osseo.

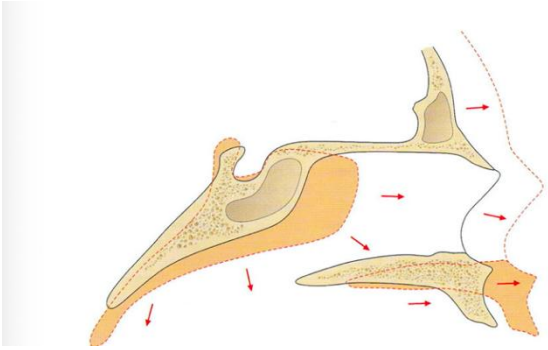


Figura 10 Riposizionammto secondario del complesso nasomascellare in seguito all'espansione della fossa cranica media. Tratta da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, pag.84

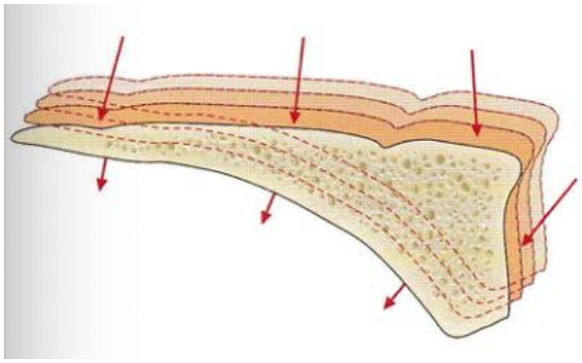


Figura 11 Rimodellamento mascellare con ri- posizionamento verso il basso. Da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, pag.86

Le suddette modalità di crescita non procedono a ritmi costanti. Nei primi sei mesi di vita l'osso mascellare cresce rapidamente e rallenta progressivamente fino ai sette anni, età in cui la crescita cerebrale è completata e la crescita a livello della sincondrosi sfenoccipitale è rallentata. Successivamente l'osso mascellare continua a crescere posteriormente a livello della tuberosità: qui si assiste ad apposizione ossea nella porzione posteriore e riassorbimento nella porzione anteriore. Il seno mascellare cresce indietro permettendo un allungamento sagittale dell'arcata dentale che crea lo spazio per i denti permanenti. Inoltre, la tuberosità cresce lateralmente ed in basso per apposizione ossea rispettivamente sulla superficie vestibolare e sulle creste alveolari (fig 12). Mentre cresce e si allunga indietro, l'intero osso mascellare subisce un processo di riposizionamento primario in avanti

(fig.13). Ciò determina un allontanamento tra le ossa e una tensione a livello delle fibre delle suture dove si assiste a deposizione ossea su entrambi i lati in modo tale da garantire l'articolazione tra le ossa.

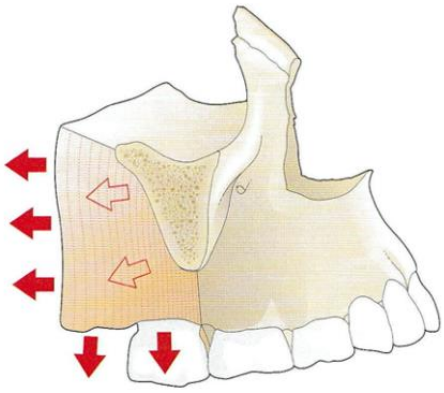


Figura 12 Crescita posteriore, laterale e verso il basso a livello del tuber. Tratta da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, pag 87

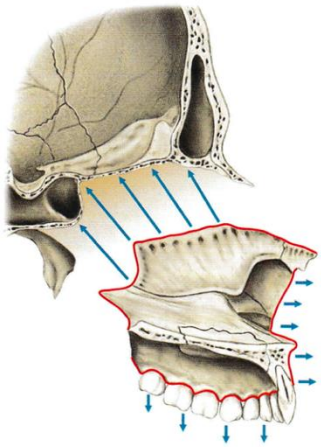


Figura 13 Riposizionamento primario mascellare. Tratta da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, pag 88

Durante il periodo tra i sette e i quindici anni, un terzo del movimento totale dell'osso mascellare è dovuto allo spostamento passivo, mentre il resto è dovuto alla crescita attiva delle suture mascellari. La porzione ossea del setto nasale, costituita dalla lamina perpendicolare dell'etmoide e dal vomere, aumenta in lunghezza a livello delle suture, mentre nella porzione cartilaginea a contatto con l'etmoide si assiste ad una crescita ossea endocondrale.

Le cavità nasali sono zone di apposizione sulla superficie nasale della lamina cribrosa dell'osso etmoide, mentre sono sede di riassorbimento sulla superficie craniale. Ciò permette un contemporaneo spostamento verso il basso delle fosse olfattive e del pavimento della fossa cranica anteriore. Nelle pareti laterale e nel pavimento delle cavità nasali si assiste ad un riassorbimento tale per cui le cavità si espandono in avanti e lateralmente mentre il palato si rimodella in basso.

Il processo di abbassamento del palato è dovuto alla crescita suturale dell'osso mascellare che viene spostato in basso, mentre il palato e l'arcata mascellare subiscono un rimodellamento differenziale tra zone anteriori e posteriori permettendo in tal modo gli adattamenti di posizione delle

arcate che compensano le variazioni di crescita e rotazioni di riposizionamento. Il palato è costituito da due lamine corticali interposte da osso spugnoso: il lato nasale è sede di riassorbimento mentre il lato orale di apposizione, pertanto il palato cresce verso il basso con l'accrescimento delle cavità nasali. A livello del palato traslazione e rimodellamento si compiono nella stessa direzione con effetto additivo: tale area si sposta in avanti ed in basso insieme all'osso mascellare mentre si rimodella direttamente nella stessa direzione (fig.14). Inoltre il palato si allarga progressivamente sul piano trasversale per la crescita lungo la sutura palatina.

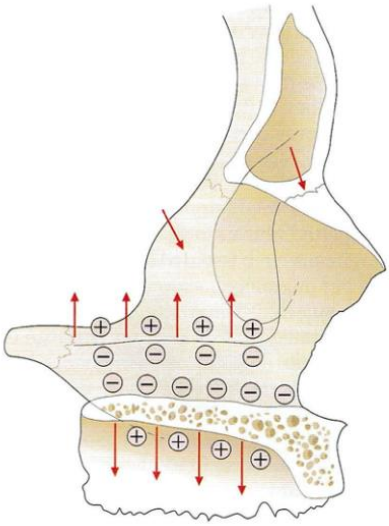


Figura 14 Riposizionamento e rimodellamento del complesso nasomascellare.. Tratta da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, pag 89

Nelle porzioni anteriore e posteriore dell'osso mascellare l'equilibrio tra spostamento e rimodellamento dipende in parte dalla rotazione causata dalla crescita in basso ed in avanti della fossa cranica media. Il complesso nasomascellare, per mantenere una corretta posizione verticale, ruota per rimodellamento di compensazione.

Il pavimento del naso e dell'orbita sono spostati nella stessa direzione dal riposizionamento secondario dell'osso mascellare, ma subiscono un rimodellamento in direzione opposta. Infatti, a livello del pavimento del naso si assiste ad una migrazione corticale addizionale diretta verso il basso

mentre il pavimento dell'orbita cresce verso l'alto, con apposizione sul lato infraorbitale del pavimento e riassorbimento lungo la porzione del seno mascellare (fig. 14).

L'osso mascellare presenta zone dove apposizione e riassorbimento avvengono contemporaneamente determinando un progressivo accrescimento e rimodellamento. Esclusa una piccola area della spina nasale anteriore della mascella dove si assiste a deposizione, la porzione anteriore dell'osso mascellare è sede di riassorbimento (fig.15). La deposizione di osso all'interno dell'arcata permette un aumento in larghezza. Traslazione e rimodellamento non avvengono nella stessa direzione pertanto il movimento in avanti della superficie anteriore dell'osso mascellare risulta minore dello spostamento effettivo durante la crescita. Contemporaneamente allo sviluppo dell'osso mascellare, si assiste ad una migrazione verticale dei denti e dei rispettivi alveoli che determina, insieme al trasporto gnatico passivo dell'arcata mascellare, una crescita alveolare verticale. Gli alveoli si rimodellano in basso per apposizione e riassorbimento. Lo sviluppo dell'osso mascellare e dei seni paranasali è direttamente collegato agli stimoli indotti da respirazione e da deglutizione.

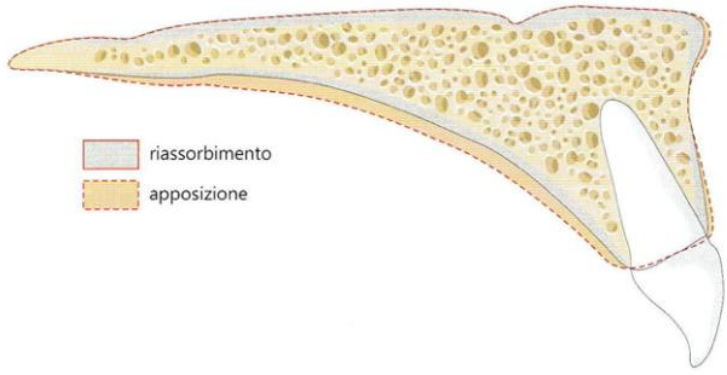


Figura 15 Superfici di riassorbimento e di deposito dell'osso mascellare. Tratta da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, pag 89

2.3.3 LE SUTURE

Le suture sono delle strutture che uniscono due ossa attraverso un complesso di tessuto connettivo ricco di fibre periferiche inserite nei margini ossei calcificati (Storey 1973); si tratta di un sistema convoluto e ricco di interdigitazioni simile a quello della membrana parodontale che, durante la crescita e lo sviluppo consente l'aggiunta marginale di tessuto osseo.

Persson nel 1973 ha studiato l'arrangiamento strutturale delle fibre in teschi di pazienti dell'età compresa tra i dodici e i diciotto anni e ha scoperto che vi sono due fasi di crescita: la prima fase dura fino ai due anni e si assiste ad una crescita energica; la seconda fase va dai sette ai diciassette anni ed è caratterizzata da ritmi lenti fino a fine crescita.

La morfologia della sutura mesiopalatina cambia durante la crescita (fig. 16) e lo sviluppo post-natale può essere diviso in tre stadi, che corrispondono a quelli descritti da Bjork ed Helm (Melsen 1975):

- Stadio infantile: la sutura appare ampia e a forma di "Y" con il vomere posto in un solco a forma di V tra le due metà della mascella
- Stadio giovanile: la sutura inizia ad essere ondulata
- Stadio adolescente: la sutura ha un decorso tortuoso con interdigitazioni che formano un interblocco meccanico. In questa fase di sviluppo la separazione delle mascelle non sarebbe possibile senza la frattura delle isole ossee interdigitate.

Secondo Melsen questa particolare natura delle suture è unica nel genere umano, pertanto gli effetti dell'espansione studiati in animali da esperimento non possono essere presi in considerazione.

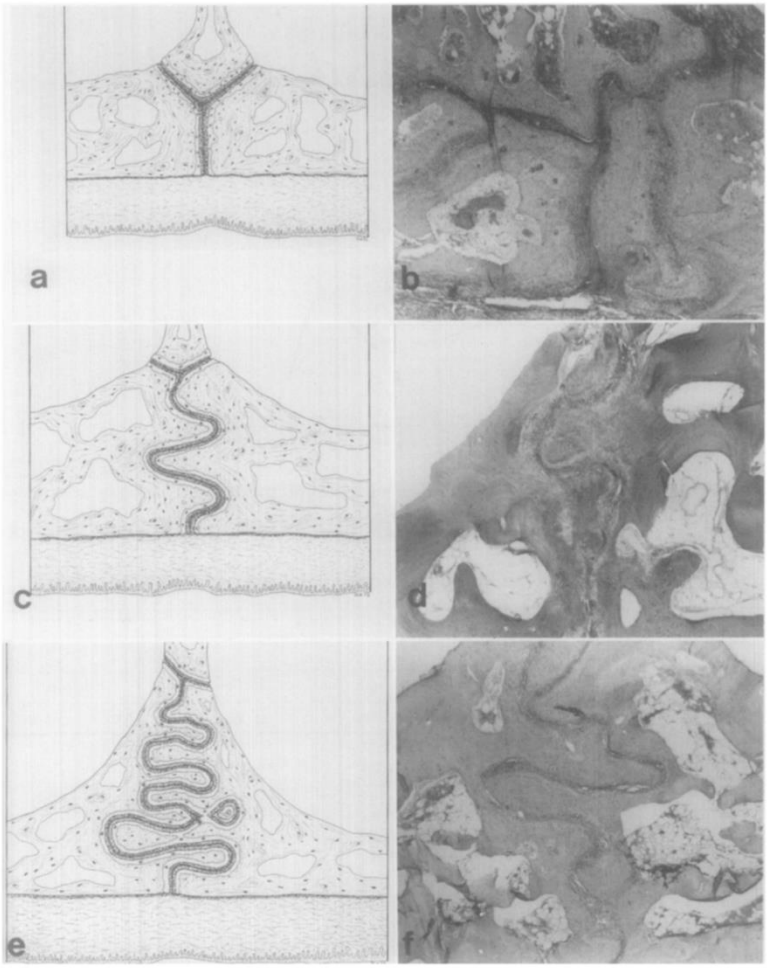


Figura 16 Sviluppo morfologico della sutura mesio-palatina (Melsen 1975)

Proffit afferma che all'inizio dell'adolescenza si assiste ad una interdigitazione delle spicole a tal punto che serve una considerevole forza prodotta dalla vite centrale di un espansore per creare delle microfratture prima che la sutura si apra. Quando cominciano a formarsi aree caratterizzate da ponti ossei all'interno della sutura, in genere verso i diciotto anni, l'espansione scheletrica per via ortopedica della maxilla diventa impossibile.

Le suture sono luoghi di crescita secondaria di adattamento; esse devono essere sollecitate per crescere perché come tutte le strutture membranose non possiedono un potenziale di crescita

indipendente. Non vale lo stesso per la cartilagine del setto che cresce se viene posta in coltura organotipica. Durante la fase di crescita attiva le suture sono caratterizzate da due strati, uno osteogenico e uno fibroso capsulare, situati ai due lati di uno strato di connettivo lasso. A crescita terminata si trasfosmano in sinfibrosi (tessuto fibroso) prima e in sinostosi (tessuto osseo) poi. Studi con colorazioni vitali hanno ipotizzato l'esistenza di una crescita suturale differenziata perché la crescita lungo i due lati di una sutura non è sempre della stessa entità.

Persson e Thilander (1977) hanno messo in relazione l'età con l'obliterazione della sutura. Il campione del loro studio era composto da ventiquattro cadaveri di età compresa tra i 15 e i 36 anni; hanno fissato i palati in formalina alcolica e dopo averli sezionati verticalmente ne hanno studiato l'istologia. Per descrivere quantitativamente l'avanzamento della chiusura della sutura con l'età, si sono serviti di un indice, di seguito riportato:

$$\text{indice di obliterazione} = \frac{lunghezza\ della\ porzione\ ossificata\ della\ sutura\ mesiopalatina \times 100}{lunghezza\ totale\ della\ sutura}$$

Gli autori hanno concluso che:

- è possibile quantificare il grado di obliterazione della sutura da sezioni di paraffina, per la presenza di linee di cemento basofilo in corrispondenza dei siti dei primi margini di sutura a riposo;
- le suture palatine possono mostrare obliterazione durante il periodo giovanile, ma è difficile trovare una chiusura totale fino alla terza decade di vita;
- esiste una grande diversità interindividuale sia per quanto riguarda l'inizio dell'obliterazione sia per quanto riguarda il procedere della stessa con l'età.
- l'obliterazione suturale progredisce più rapidamente nella porzione orale che nella porzione nasale della volta palatina. Inoltre, precedenti studi hanno osservato che la sutura intermascellare inizia a chiudersi nella sua parte posteriore piuttosto che nella sua parte anteriore;

- diversi fattori oltre all'età influenzano fortemente l'inizio e l'avanzamento della chiusura della sutura; nel campione osservato non sono state osservate differenze di sesso nel tasso di obliterazione.

Dal punto di vista clinico, quanto più l'età del paziente si avvicina alla chiusura fisiologica della sutura, tanto minore è l'affidabilità che ci si può aspettare nei risultati prevedibili dell'azione di forze pesanti sulle articolazioni della sutura. Il limite per l'espansione del palato è una sinostosi del 5% della sutura mediana, che non viene raggiunto dalla maggior parte dei pazienti prima dei venticinque anni.

CAPITOLO 3: Indicazioni all'espansione palatale

L'espansione del palato è stata riportata già durante la seconda metà del XIX secolo come trattamento per correggere le anomalie trasversali in difetto (Timms 1999) che possono essere uno dei problemi scheletrici più pervasivi nella regione craniofacciale (McNamara, 2000).

Il deficit dell'arcata mascellare sul piano trasversale riconosce due grandi gruppi di fattori eziologici:

- intrinseci: sono fattori determinati geneticamente (ad esempio le sindromi di Crouzon (fig 17), di Angelman, di Down) che devono essere contrastati nel momento in cui si manifestano maggiormente e cioè durante la fase del picco puberale di crescita;

- estrinseci: sono fattori esogeni ambientali o occasionali come l'abitudine alla suzione non nutritiva di pollice od oggetti (fig. 18), la respirazione orale (fig 19), la deglutizione atipica (fig 20), i quali influenzano lo sviluppo delle basi ossee modificando gli equilibri tra le forze interne sviluppate dalla lingua e quelle esterne sviluppate da labbra e guance e pertanto devono essere rimossi il più precocemente possibile.



Figura 17 Aspetto facciale caratteristico della sindrome di Crouzon di media gravità. Tratta da William R. Proffit, *Contemporary Orthodontics*, 3ed, Mosby, Inc. 2000

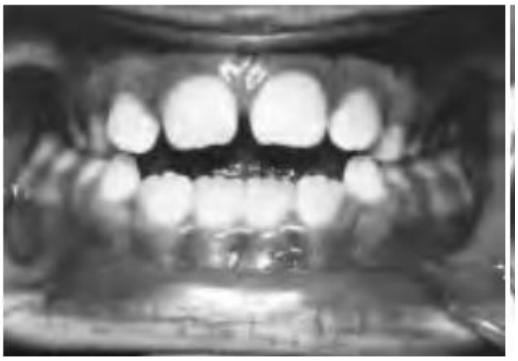


Figura 18 Open bite in una bambina di 8 anni con suzione non nutritiva. Tratta da William R. Proffit, Contemporary Orthodontics, 3ed, Mosby, Inc. 2000, pag 234



Figura 19 Facies adenoidea dei respiratori orali. Tratta da William R. Proffit, Contemporary Orthodontics, 3ed, Mosby, Inc. 2000, pag 143



Figura 20 Tipico aspetto di un paziente con deglutizione atipica. Si noti la protrusione della lingua. Tratta da William R. Proffit, Contemporary Orthodontics, 3ed, Mosby, Inc, 2000 , pag 142

La suddetta malocclusione può coinvolgere o meno la struttura basale e presentarsi quindi in forma dento-alveolare, scheletrica o più spesso mista (Cozza, 2010). Il deficit dento-alveolare è caratterizzato da un'inclinazione palatale dei denti dell'arcata superiore e dei relativi processi alveolari, in assenza però di discrepanza trasversale mascellare (McNamara e Brudon 2001). Il deficit scheletrico riflette una ridotta ampiezza del mascellare superiore a livello basale ed è associato ad un iposviluppo trasversale del terzo medio della faccia e delle fosse nasali (Howe 1983, Mc Namara e Brudon 2001) e spesso da un ipersviluppo verticale del terzo inferiore della faccia.

Il deficit mascellare trasversale viene distinto in relativo ed assoluto (Hass 1965). Il primo avviene quando la mascella presenta normali dimensioni rispetto al cranio ed alla porzione superiore

della faccia, ma la mandibola è più larga se comparata a tali strutture; nonostante ciò, l'ortodontista è costretto a trattare l'arcata mascellare; il secondo è invece caratterizzato da una reale ipoplasia mascellare associata ad una costrizione dei segmenti dentali buccali.

È stata descritta una vera e propria sindrome del deficit mascellare in riferimento ai segni clinici caratterizzanti (McNamara 2000): palato profondo e stretto con una distanza intermolare (misurata dal margine cervicale) inferiore a 31 mm, eccessiva crescita verticale alveolare, crossbite, affollamento, compensazione dentale, accentuata curva di Wilson, larghi spazi neri (denominati da Vanarsdall spazi negativi) nei corridoi buccali. È stato inoltre osservato che un paziente con arcate dentali mascellari ristrette tende a far assumere alla lingua una posizione abbassata (Brodie 1954).

Il crossbite è un'anormale relazione bucco-linguale dei denti. Richiede un trattamento di espansione palatale quello che Moyers definisce "morso incrociato linguale", ovvero la condizione in cui le cuspidi buccali di alcuni denti postero-superiori occludono lingualmente alle cuspidi buccali dei denti postero-inferiori; può essere mono o bilaterale. Il crossbite è di natura dentale se la base della volta palatale si presenta ampia, mentre i processi dentoalveolari sono rivolti internamente; è di natura scheletrica se la volta palatale si presenta ristretta e, pur essendo gli elementi dentali superiori vestibolarizzati, il crossbite permane (fig.21).

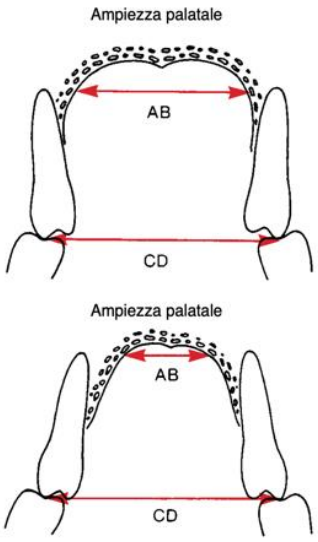


Figura 21 In alto crossbite dentale, in basso crossbite scheletrico. Tratta da William R. Proffit, Contemporary Orthodontics, 3ed, Mosby, Inc. 2000 pag 196

Un crossbite è invece considerato “funzionale” se è presente una deviazione mandibolare durante gli ultimi 2-3mm del tragitto di chiusura (fig.22). Un morso inverso monolaterale in un bimbo in età prescolare raramente deriva da un’asimmetria scheletrica o dentale vera, ma è più spesso associato da una ristrettezza simmetrica della maxilla con una deviazione funzionale: in questi casi si parla di crossbite monolaterale apparente. La letteratura concorda sul fatto che i morsi inversi caratterizzati da deviazione laterale della mandibola in chiusura dovrebbero essere trattati in fase di dentizione decidua, mediante molaggio o espansione palatale.



Figura 22 Crossbite posteriore sinistro con latero-deviazione mandibolare in dentizione mista. Tratta da Cozza, Espansione rapida palatale, Leone s.p.a., 2010, pag 42

Una review sistematica della letteratura sui cambiamenti funzionali dei muscoli masticatori associati a crossbite posteriore in dentizione primaria e mista ha portato alle seguenti conclusioni (Andrade, 2009):

• La funzione muscolare alterata associata al morso incrociato posteriore può ridurre la forza masticatoria nella dentizione mista;

• Secondo l'analisi EMG, i bambini con morso incrociato posteriore hanno una funzione muscolare asimmetrica durante la masticazione o il serraggio, ovvero il muscolo temporale anteriore è più attivo

e il massetere meno attivo sul lato del morso incrociato che sul lato non del morso incrociato. I dati EMG dell'attività muscolare durante il riposo e la deglutizione non erano conclusivi;

• Il morso incrociato posteriore può aumentare la probabilità che i bambini sviluppino segni e sintomi di TMD (temporomandibular disorder);

D'altro canto, in uno studio del 2013 è stato affermato che 1) la relazione tra morso incrociato posteriore e disturbi articolari e muscolari è ancora una questione irrisolta; 2) la letteratura disponibile in materia soffre di qualità scientifica e metodologica medio-bassa, indipendente dall'associazione segnalata e 3) non si possono trarre conclusioni definitive e la possibile associazione dovrebbe essere affrontata da ricerche future con metodologie scientifiche rigorose (Iodice e coll, 2013).

Secondo McNamara, altri effetti del deficit mascellare non sono così facilmente identificabili e spesso non vengono rilevati come ad esempio, i denti posteriori mascellari inclinati lateralmente possono camuffare un deficit trasversale mascellare. In questi casi un attento esame clinico può far denotare che l'occlusione posteriore è solo apparentemente normale: infatti la larghezza intermolare è <31mm, la curva di Wilson è accentuata, e le cuspidi linguali dei denti postero-superiori sono inclinate sotto il piano occlusale, causando interferenze di bilanciamento. Sebbene non sia presente il crossbite, questi pazienti sono candidati per l'espansione del palato prima di completare la terapia con tecnica edgewise.

La discrepanza mascellare è presente anche in alcuni tipi di malocclusione sagittale. Una delle componenti principali della malocclusione di classe III è la retrusione scheletrica mascellare, una condizione che si verifica in quasi la metà di tutti i pazienti di classe III e che richiede il trattamento combinato espansione-maschera facciale. Tuttavia in alcuni pazienti con dentizione mista e con squilibri scheletrici solo lievi, il solo allargamento della mascella può portare a una correzione spontanea di un morso incrociato anteriore e della risoluzione della relazione molare di III Classe, senza necessità di iniziare il trattamento con maschera facciale. In pazienti con problemi più gravi, un modesto avanzamento scheletrico e dentoalveolare mascellare può essere indotto dalla RME

combinata con la terapia con maschera facciale. Inoltre, alcune malocclusioni di classe II possono non presentare una costrizione mascellare trasversale evidente ma articolando i modelli in una relazione canina di classe I si produce un crossbite mono o bilaterale. Ciò è in accordo con gli studi di Tolaro e coll. i quali hanno dimostrato che un paziente di classe II di solito ha una discrepanza maxillo-mandibolare da 3 a 5mm, nonostante la relazione buccolinguale posteriore possa sembrare nella norma. Mc Namara ha osservato, durante i primi sei/dodici mesi di ritenzione, una risoluzione spontanea della classe molare in pazienti con dentizione mista precoce e una relazione molare di classe II end-to-end o cuspide completa. Tali pazienti non presentavano squilibri scheletrici gravi, ma erano caratterizzati da retrusione scheletrica mandibolare da lieve a moderata e un profilo facciale ortognatico. Al momento della rimozione dell'espansore, questi pazienti presentavano un morso incrociato buccale con solo le cuspidi linguali dei denti posteriori superiori a contatto con le cuspidi buccali dei denti posteriori inferiori. È stata successivamente utilizzata una placca mascellare per la ritenzione. Dopo diversi appuntamenti alcuni pazienti avevano una solida relazione occlusale di classe I. Si presume che la successiva crescita mandibolare renda permanente questo cambiamento posturale iniziale. È necessario sottolineare che ciò si è verificato prima del passaggio dai secondi molari decidui inferiori ai secondi premolari inferiori, che corrisponde al momento in cui anche nei pazienti non trattati si verifica un miglioramento della classe molare dovuto al movimento in avanti dei primi molari inferiori nel leeway space.

Nelle indicazioni per l’espansione palatale vengono inclusi i pazienti maturi con labiopalatoschisi e i casi di stenosi nasale con caratteristica respirazione orale, oltre a tutti i casi di classe III, ai deficit mascellari assoluti e relativi e a selezionati problemi di lunghezza dell'arcata dove non è consigliato estrarre per questioni estetiche (Hass, 1965-1970). Le condizioni di schisi del labbro o del palato sono le più comuni anomalie congenite delle strutture craniofacciali e possono essere monolaterali o bilaterali (fig.23). L'ortodontista è coinvolto con questi pazienti dalla nascita all'età adulta fornendo trattamenti di ortopedia pre-chirurgica infantile, preparazione ortodontica per l'innesto osseo alveolare (ABG), fase iniziale del trattamento ortodontico dopo ABG e trattamento

ortodontico completo con o senza chirurgia ortognatica (Vargevik e coll. 2009, Freitas e coll. 2012). Si stima che circa il 94% dei pazienti con schisi presenta almeno un'anomalia dentale e può presentare una o più delle seguenti caratteristiche (Nicholls, 2016): denti congenitamente mancanti, specialmente i laterali superiori (50%), presenza di denti alla nascita; presenza di denti soprannumerari (20%), eruzione ectopica o danneggiamento dei denti, eruzione dentale ritardata, anomalie di forma, dimensione e di volume del dente, ipoplasia dello smalto, scarsa igiene orale, morsi incrociati posteriori e anteriori, deepbite / openbite, discrepanze della linea mediana e discrepanza dentoalveolare. L'espansione del palato è sconsigliata durante la prima fase di dentizione mista per il rischio di ampliare una comunicazione oro-nasale preesistente, per l'alto rischio di recidiva dovuto alle cicatrici palatali e perché sarà necessario un lungo periodo di ritenzione che può influire sulla compliance del paziente (Geetanjali, 2019). Ad oggi si ritiene che l'espansione dell'arcata superiore, che spesso appare a forma di una stretta V, può essere necessaria nei pazienti in tarda dentizione mista per migliorare l'accesso per l'intervento chirurgico di innesto osseo autologo. L'ortodontista e il chirurgo devono determinare i limiti anatomici dell'espansione per evitare un'ipercorrezione e lo sviluppo di una fistola oronasale.



Figura 23 Neonato con Schisi bilaterale del labbro e del palato.

Tratta da William R. Proffit, *Contemporary Orthodontics*, 3ed,

Mosby, Inc. 2000 pag 72

Per quanto riguarda i casi di stenosi nasale, McRaken non giustifica la modifica di un'occlusione normale per influenzare la respirazione nasale. Tuttavia Griffin affermò che una normale occlusione non rappresenta una controindicazione al trattamento volto ad espandere le arcate poiché dopo sei mesi di ritenzione i denti ritornano nella loro posizione originale. In letteratura è stata sottolineata l'importanza di estendere le indicazioni all'espansione palatale, oltre ai casi di stenosi nasale, anche a condizioni mediche quali sinusiti e otiti ricorrenti, riniti allergiche, asma, e come trattamento preliminare per la rinoplastica (Timms 1981).

CAPITOLO 4: Ausili diagnostici

4.1 Modelli in gesso

L'analisi dei modelli in gesso permette di rilevare metricamente le arcate dentali superiori e inferiori e i rapporti maxillo-mandibolari, l'inclinazione dei segmenti posteriori, la forma d'arcata e del palato. Gli indici più utilizzati in ambito clinico per selezionare i casi che necessitano di espansione palatale sono quelli di Pont, Linder-Harth, Mc Namara e Korkhaus (Rakosi 1993).

L'indice di Pont viene utilizzato per ricavare il diametro trasversale dell'arcata "ideale". In caso di dentizione permanente i punti di repere del mascellare superiore anteriore i punti più profondi del solco trasversale del primo premolare; i punti di repere del mascellare posteriore sono punti di intersezione del solco trasversale con il solco buccale del primo molare. In caso di dentizione mista i punti di repere per la misurazione della larghezza dell'arcata anteriore sono le fossette distali dei primi molari decidui, mentre la larghezza dell'arcata posteriore viene misurata esclusivamente nella regione dei molari permanenti (Rakosi 1993).

Il punto di partenza per l'indice di Pont è la determinazione di SIo, ovvero la somma della larghezza mesiodistale dei quattro incisivi superiori. La formula per l'indice di Pont è:

- valore nominale della larghezza dell'arcata dentale anteriore: $= \frac{\text{SIo x } 100}{80}$
- valore nominale della larghezza dell'arcata dentale posteriore: $= \frac{\text{SIo x } 100}{64}$

Dalla differenza tra valore effettivo e valore nominale si ricava la deviazione dello sviluppo trasversale della larghezza dell'arcata (Rakosi 1993).

Linder e Harth hanno modificato la formula di Pont come segue:

- valore nominale della larghezza dell'arcata dentale anteriore: $= \frac{\text{SIo x } 100}{85}$
- valore nominale della larghezza dell'arcata dentale posteriore: $= \frac{\text{SIo x } 100}{65}$

Qualora siano assenti entrambi gli incisivi centrali o laterali superiori, la somma della larghezza dei quattro incisivi superiori può essere calcolata attraverso la formula di Pont dopo aver determinato la somma degli incisivi inferiori:

- Formula di Tonn: $$\text{SIo:} = \frac{\text{SIu x 4}}{3} + 0{,}5$$

Sebbene questi indici forniscano una guida per stimare l'entità di discrepanza trasversale, essi sono popolazione-dipendenti e non completamente attendibili (Krishnaswamy 2019); hanno assunto perciò un'importanza modesta sotto il profilo diagnostico (Rakosi 1993, Ordoubazary 2007).

McNamara misura la larghezza transpalatale a partire dal margine gengivale del solco linguale del primo molare al primo molare dell'altro lato e riportato che valori tra 36 e 39 mm possono ospitare una dentatura di dimensioni medie senza affollamento o spaziature, mentre le arcate mascellari di larghezza inferiore a 31 mm possono essere affollate e quindi necessitano di espansione ortopedica o assistita chirurgicamente (Howe e coll., 1983).

L'indice di Korkhaus risale al 1939 ed è ancora oggi utilizzato per valutare la conformazione del palato in base all'indice d'altezza palatale il cui valore medio è 42%: un valore più elevato indica un palato relativamente alto rispetto allo sviluppo trasversale dell'arcata ed è sintomo della compressione apicale dei processi alveolari dei mascellari (Rakosi 1993) mentre un valore è inferiore quando il palato è appiattito. Esso viene calcolato applicando la seguente formula:

$$\text{indice dell}'\text{altezza palatale} = \frac{\text{altezza palatale x 100}}{\text{larghezza dell}'\text{arcata posteriore}}$$

Mediante il compasso ortodontico tridimensionale di Khorkhaus vengono calcolati i valori dell'altezza palatale, definita come la perpendicolare al piano mediano del rafe tracciata dalla

superficie palatale fino al piano occlusale, e della larghezza dell'arcata dentale posteriore (utilizzando gli stessi punti di repere descritti da Pont)

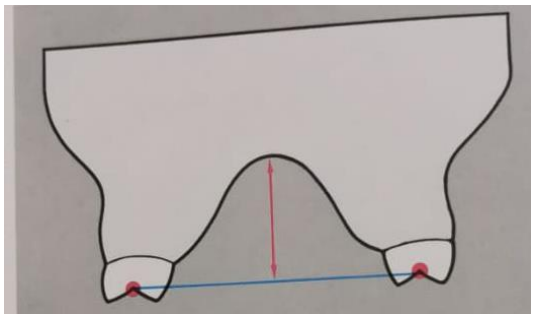


Figura 26 Altezza palatale (Rakosi 1993)



Figura 27 Compasso di Khorkhaus (Rakosi 1993)

4.2 WALA RIDGE

Nel 1980, L. F. Andrews ha intrapreso un progetto di ricerca volto a cercare una soluzione alle controversie relative alla forma ideale d'arcata e al dilemma espansione/estrazione. In questa occasione è stato scoperto il WALA (acronimo di Will Andrews and Larry Andrews) ridge, che determina la larghezza della mandibola. WALA ridge coincide, da una visione occlusale, con la porzione più prominente dell'osso alveolare; è essenzialmente coincidente con la giunzione mucogengivale e si avvicina al centro di resistenza dei molari mandibolari. Il WALA ridge costituisce una base stabili per l'analisi dell'elemento III dell'armonia orofacciale, perché in un paziente maturo la larghezza della mandibola e il WALA ridge non possono essere modificate. L'analisi dell'elemento III si basa sull'eventuale larghezza mascellare necessaria per avere i denti postero-superiori e inferiori perfettamente centrati nell'osso e correttamente intercuspidati. Andrews sostiene che i molari mandibolari sono in posizione ideale quando sono in posizione verticale nell'alveolo e il loro punto dell'asse facciale (FA), o centro della corona, è posizionato orizzontalmente a 2mm dal WALA ridge. Pertanto la larghezza della mandibola è stata definita come la distanza WALAdx-WALAsx meno 4mm.

La larghezza della mascella si basa invece su un'ottimizzazione dell'angolazione dei primi molari mascellari. Si misura inizialmente la distanza orizzontale FAdx-FAsx; dopodiché si effettua una stima del cambiamento orizzontale che si verificherà tra i punti FA quando sono angolati correttamente. La larghezza mascellare risulta dalla differenza tra valore stimato e valore originale.

Andrews afferma inoltre che per avere i molari in posizione ideale e con una corretta intercuspidazione, la larghezza mascellare deve essere 5 mm maggiore della larghezza mandibolare. Per ottenere l'entità di espansione necessaria, bisogna effettuare la differenza tra la larghezza mascellare ottimale e la larghezza reale.

Le arcate che hanno una forma diversa rispetto al WALA ridge possono migliorare la posizione dei denti e l'estetica del sorriso ma hanno le radici non centrate rispetto al processo alveolare e all'osso basale; inoltre più la forma dell'arcata differisce dalla forma ideale fornita dal WALARidge, più è probabile che vi saranno effetti collaterali indesiderati su gengiva, processo alveolare e radici (Andrews e Andrews 2001).

4.3 Cefalogrammi postero-anteriori

I primi studi con radiografie cefalometriche frontali e laterali furono possibili solo nel 1931, dopo la pubblicazione simultanea di una standardizzazione del metodo in Germania e negli Stati Uniti.

Negli anni '90, il cefalogramma posteroanteriore (PA) era considerato il metodo radiografico più affidabile per valutare la displasia scheletrica trasversa (Krishnaswamy 2019). Sono state sviluppate diverse analisi PA (postero-anteriori) cefalometriche, ma la più comunemente utilizzata è stata quella proposta da Ricketts. La Rocky Mountain analysis suggerisce norme e differenziali, riportati nella tabella in basso, che consentono di determinare la deviazione dall'ideale e di stabilire il grado di difficoltà del trattamento per un particolare problema del paziente (Ricketts 1981).

I parametri di maggior interesse diagnostico per valutare la discrepanza scheletrica trasversale sono: differenza maxillo-mandibolare e indice differenziale maxillo-mandibolare trasverso.

- Differenza **maxillo-mandibolare**: è la distanza tra il punto giugale destro(JR) e sinistro (JL) dai rispettivi piani fronto-facciali. A 8 anni, di norma, questa distanza ha un valore di 10 mm +_ 1.5 mm; può aumentare di 1 mm/anno fino ai 14 anni. Un aumento di questa misura protrebbe esser collegata a problemi scheletrici di endognazia mascellare mentre una diminuzione a esognazia mascellare.

Età	Mascella	Mandibola	Differenza
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	17.7
14	65.0	83.0	18.0
15	65.6	84.4	18.8
16	66.2	85.8	19.6

- **Indice differenziale maxillo-mandibolare trasverso.** corrisponde alla differenza maxillo-mandibolare attesa (valore norma stabilito alle diverse età) meno la differenza maxillo-mandibolare reale registrata per il singolo caso. La differenza maxillo mandibolare risulta dalla differenza tra ampiezza mandibolare (GA a AG) e ampiezza mascellare (JR a JL).

Poiché questa analisi era basata su un campione di pazienti caucasici nordamericani, altri autori avevano interesse a verificare l'applicabilità dei valori di riferimento dell'analisi PA di Ricketts in altre popolazioni, come cinese, giapponese, brasiliana e austriaca. (Engel 1981, Michelon 1999, Sato 1982, Silva 1997)

Nel 1995 è stato sviluppato un metodo di analisi PA utilizzando le norme e i punti di riferimento dell'analisi Rocky Mountains. L'analisi prevede il calcolo del differenziale di larghezza

maxillo-mandibolare (Betts 1995). Questo differenziale indica che una discrepanza trasversale maggiore della norma Ricketts di 1,96 mm anche in assenza di morso incrociato richiede un'espansione scheletrica e che un approccio chirurgico può essere essenziale negli adulti. (Vanarsdall, 1999)

In uno studio longitudinale su cefalogrammi PA di soggetti di età compresa tra 5 e 18 anni, i maschi avevano dimensioni trasversali mascellari maggiori rispetto alle femmine. Inoltre, la crescita trasversale mascellare (J-J) per le femmine è terminata all'età di 14 anni, ma per i maschi è continuata fino a circa 18 anni (Cortella e coll., 1997). Esiste una relazione tra la crescita trasversale e il tipo facciale verticale: all'età di 6 anni, i soggetti dolicofacciali avevano larghezze mascellari (J-J) inferiori rispetto ai soggetti brachifacciali (Wagner e Chung, 2005). Questa tendenza è continuata fino all'età di 18 anni.

Il cefalogramma PA non viene utilizzato di routine dai medici a causa delle limitazioni legate agli errori di identificazione del punto di riferimento, alla sovrapposizione, alla distorsione dell'ingrandimento e alla rotazione della testa che influiscono sulla relazione orizzontale, con conseguenti imprecisioni nella stima della larghezza maxillo-mandibolare. (Major 1996)

4.4 CBCT

In letteratura, la maggior parte degli studi sulle larghezze scheletriche mascellari e mandibolari e l'inclinazione bucco-linguale dei denti posteriori sono stati valutati con cefalogrammi PA e modelli ma sono ben noti i loro limiti: nei cefalogrammi PA vi è una sovrapposizione delle strutture, una difficoltà ad identificare i punti di riferimento e vi è un errore intrinseco di ingrandimento del film; nei modelli in gesso non è possibile determinare le posizioni delle radici nell’osso alveolare ed è difficile identificare l’asse lungo del dente a causa dell’usura occlusale e della morfologia coronale irregolare (Chung 2019).

Grazie all’avvento della cone beam computed tomography (CBCT) è possibile fare una diagnosi completa in quanto è possibile visualizzare e misurare la dimensione trasversale delle strutture dentofacciali in particolare: la larghezza delle basi ossee mascellari e mandibolari e la loro relazione, l'inclinazione buccolinguale di ciascun dente e la posizione delle radici nell'osso alveolare. In condizioni scheletriche normali, la larghezza mascellare e mandibolare sono in armonia, i molari mascellari sono leggermente inclinati buccalmente e i molari mandibolari lingualmente, infine, le radici dei denti sono posizionate al centro dell’osso alveolare (Chung 2019).

Nei deficit mascellari sheletrici non accompagnati da crossbite dentale, i denti posteriori tendono a compensare la discrepanza, in particolare viene accentuata l’inclinazione buccale superiore e linguale inferiore. Miner ha sviluppato un'analisi trasversale utilizzando CBCT e software Dolphin con cui ha identificato un gruppo senza morso incrociato che aveva relazioni trasversali scheletriche e dentali apparentemente normali e un altro gruppo di pazienti con un'evidente discrepanza scheletrica maxillo-mandibolare mascherata dal compenso dentale. Il gruppo non morso incrociato è stato diviso in due gruppi: il gruppo convergente superiore e il gruppo convergente inferiore (Fig. 28). Il gruppo convergente superiore aveva molari mascellari più inclinati buccalmente o molari mandibolari più inclinati lingualmente rispetto al gruppo di controllo. Il gruppo convergente inferiore aveva molari mascellari con inclinazione più linguale e molari mandibolari con inclinazione più buccale rispetto al gruppo di controllo. Inoltre è stato osservato che la differenza tra le larghezze maxillomandibolari in condizioni normali era di -1.22 ± 2.91, nel gruppo convergente superiore era di -4.88 ± 3.08, nel gruppo convergente inferiore era di 0.69 ± 2.82 .

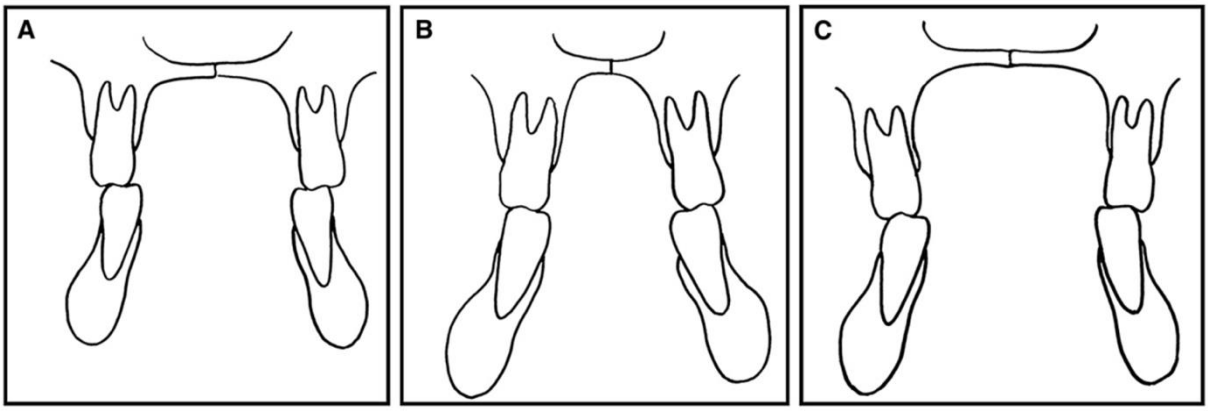


Figura 28 A. Gruppo di controllo; B, gruppo convergente superiore; C, gruppo convergente inferiore. (Miner et al. 2012)

Recentemente la larghezza trasversale è stata misurata sia a livello delle corone sia a livello del centro di resistenza stimato, e i valori ottenuti sono stati confrontati tra soggetti di classe I con normale occlusione e soggetti con classe III chirurgica (Koo e coll. 2017). La differenza media tra la larghezza trasversale mascellare e mandibolare (indice trasversale di Yonsei) nei centri di resistenza stimati era di -0,39 mm ± 1,87 mm. Il fatto che le differenze trasversali maxillo-mandibolari sono state trovate al centro del livello di resistenza e non a livello della corona, indicano una possibile compensazione dentale trasversale nei soggetti di Classe III. Ad oggi di fatto si pensa sia ragionevole valutare il diametro trasversale al centro di resistenza piuttosto che alla corona anche in assenza di crossbite (Lee 2018).

4.5 VALUTAZIONE DEL MOMENTO AUXOLOGICO

In ortopedia dentofacciale il timing di trattamento è un aspetto fondamentale per pianificare un piano di intervento adeguato e per valutare anticipatamente i risultati terapeutici a breve e a lungo termine (Baccetti e coll 2000, Bishara 1997). Il momento ideale per il trattamento del deficit trasversale risulta da studi sulla crescita e sulla maturazione del sistema suturale.

Studi su impianti hanno rivelato che il modello di crescita trasversale segue curve di velocità e di distanza simili a quelle staturali con scatti di crescita e completamento della crescita

sovrapponibili. Melsen in accordo con Bjork, ha riconosciuto diverse fasi di sviluppo suturale: nella fase "infantile" (fino a 10 anni) la sutura è ampia ed uniforme, nella fase "giovanile" (dai 10 ai 13 anni) la sutura è squamosa con sezioni sovrapposte, infine nella fase "adolescenziale" (13-14 anni) la sutura è più ondulata con maggiori interdigitazioni. Durante la fase "adulta" sono presenti sinostosi e numerosi ponti ossei attraverso la sutura. Si può dedurre quindi che si possono incontrare difficoltà a sottoporre ad espansione ortopedica i pazienti che sono in uno stadio avanzato di maturazione scheletrica. È stata notata maggiore stabilità dei cambiamenti nei pazienti trattati in età inferiore ai 12 anni (Wertz e Dreskin 1977).

Risulta quindi necessario valutare la maturazione scheletrica in modo tale da poter prevedere i cambiamenti attesi dal trattamento ortopedico. A tal proposito esistono diversi indicatori biologici come ad esempio l'età anagrafica, la formula dentale e lo sviluppo dei denti, maturazione sessuale, aumento della statura in altezza, maturazione scheletrica della mano e del polso, valutazione delle vertebre cervicali. Tra tutti gli indici le fasi dello sviluppo dentale e l'età anagrafica sono gli indici meno attendibili. Per le femmine l'indicatore più evidente è la comparsa del menarca, ma questa valutazione può essere utilizzata solo retrospettivamente, cioè come picco di crescita puberale già superato. La crescita staturale è associata alla crescita del sistema stomatognatico; a supporto di questa affermazione vi sono studi di Bambha e di Hunter. Il primo ha dimostrato che persone che presentavano alterazioni della crescita generale riportavano alterazioni anche nella crescita facciale. Il secondo ha dimostrato una correlazione tra picco di crescita delle ossa craniche e picco di crescita staturale.

Ad oggi, da un punto di vista clinico, vengono utilizzati per lo più gli indici di maturazione scheletrica derivati dalla valutazione del polso e della mano e da quello delle vertebre cervicali.

Per quanto riguarda l'analisi della radiografia del polso e della mano esistono diversi metodi: *Greulich e Pyle* confrontano l'ossificazione della mano e del polso con quella standard di un atlante di riferimento; *Hagg e Taranger* stabiliscono l'età scheletrica in base a cinque gradi di ossificazione

della falange del terzo dito e dell'epifisi del radio; *Bjork* correla l'età scheletrica a quattro fasi dell'ossificazione della mano e del polso.

Giannì nel 1980 ha diviso la curva di crescita in sei periodi ed ha correlato l'età cronologica, ossea, dentale e sessuale (fig.29):

- I periodo: la risposta al trattamento è favorevole. È caratterizzato dalla velocità massima relativa di crescita e coincide di norma con la fase della permuta incisiva. Sono presenti le seguenti ossa: trapezoide, grande osso, uncinato, semilunare e piramidale.
- II periodo: la risposta al trattamento è modesta. La velocità di crescita è in fase di rallentamento. Indicativamente nei maschi va dagli otto ai dodici anni, nelle femmine dagli otto ai dieci. Si distinguono tre fasi:

    1. caratterizzata dalla comparsa delle ossa trapezio e scafoide
    2. caratterizzata dalla comparsa dell'epifisi distale dell'ulna
    3. caratterizzata dalla calcificazione iniziale del processo unciforme dell'osso uncinato e dalla formazione del processo stiloideo dell'ulna

- III periodo: la risposta al trattamento è buona; di norma si presenta nel maschio tra i dodici e i dodici anni e mezzo, nella femmina tra i dieci e i dieci e mezzo, ed è caratterizzato dall'aumento della velocità di crescita verso il valore massimo assoluto, inizia cioè l'accrescimento puberale. Si evidenzia la presenza dell'osso pisiforme; la calcificazione del processo unciforme dell'osso uncinato è in fase avanzata. Inoltre, le epifisi delle falangi prossimali e l'epifisi distale del radio uguagliano la larghezza delle diafisi.
- IV periodo: La risposta al trattamento è massima in quanto questo periodo è caratterizzato dal valore massimo assoluto di crescita; avviene generalmente nei maschi dai dodici anni e mezzo a quattordici anni e mezzo e nelle femmine dai dieci anni e mezzo ai dodici anni e mezzo.

Compaiono le ossa sesamoidi; l'ossificazione del processo unciforme dell'osso uncinato appare completa; le epifisi delle falangi prossimali delle dita e l'epifisi distale del radio si evidenziano a forma di cappello

- V periodo: la risposta al trattamento è scarsa perché è vi è un rallentamento della velocità di crescita verso il valore zero. Nel maschio va, di norma, dai quattordici anni e mezzo ai quindici anni mentre nella femmina va da dodici anni e mezzo a tredici anni. L'interlinea delle cartilagini falangee e metacarpali non è più visualizzabile
- VI periodo: la risposta al trattamento è quasi nulla poiché la crescita si è esaurita. Inizia nel maschio dopo i quindici anni di età e nella femmina dopo i tredici anni di età. L'interlinea delle cartilagini distali dell'ulna e del radio non è più evidenziabile. (Giannì, 1980)

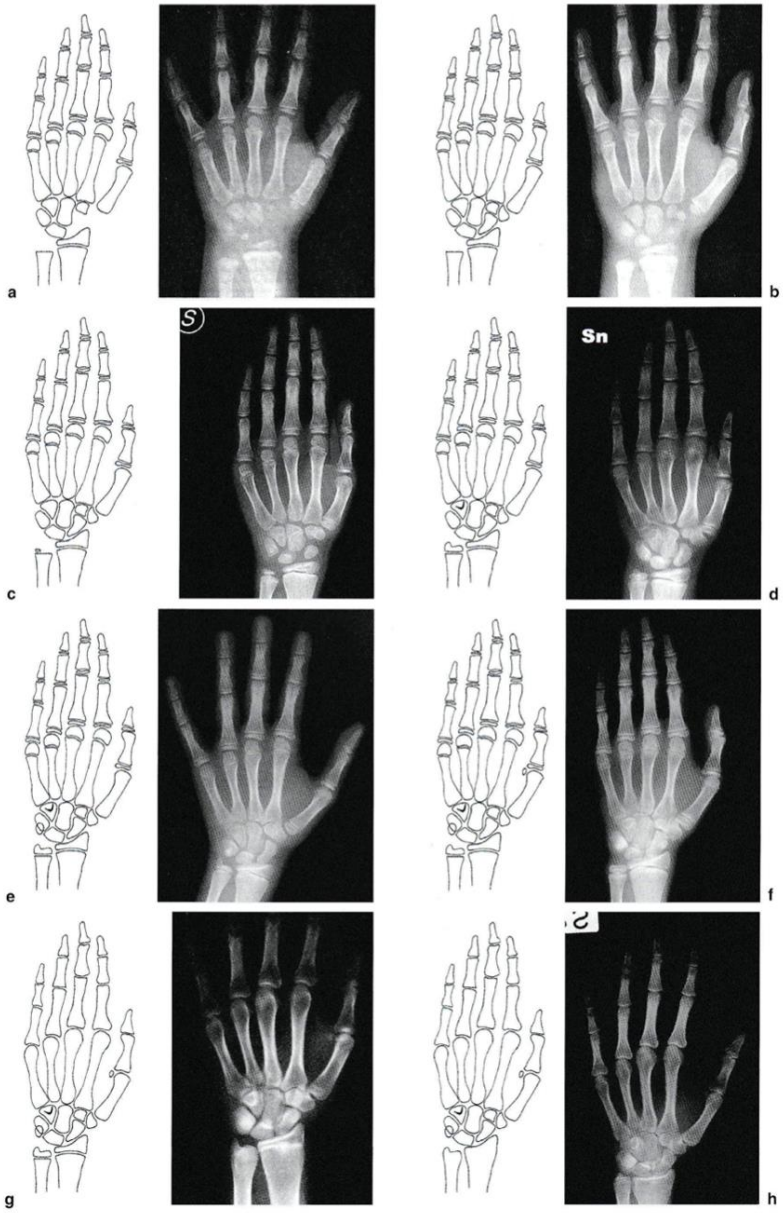


Figura 29 Valutazione radiografica del polso e della mano secondo Giannì. Tratta da Farronato, Ortognatodonzia, Vol 1, Pag 240

È stata analizata, in ventiquattro soggetti, la validità dell'analisi della maturazione delle vertebre cervicali (CVM) come indicatore biologico delle vertebre cervicali, precedentemente utilizzato da Baccetti per la valutazione del timing di trattamento della terapia con twin-block. Gli autori (Baccetti e coll, 2005) si sono basati sullo stadio di maturazione della seconda, terza e quarta vertebra cervicale, e hanno differenziato la curva di crescita in sei periodi (fig.30):

-Stadio 1 (Cvs1): il bordo inferiore di tutte e tre le vertebre cervicali è piatto. I corpi della terza e della quarta vertebra presentano una forma trapezoidale con lato più lungo posteriormente. Il picco di crescita si manifesta dopo due anni circa;

-Stadio 2 (Cvs2): I corpi della terza e della quarta vertebra hanno ancora forma trapezoidale ed è presente una concavità sul bordo inferiore della seconda vertebra cervicale. Il picco di crescita si manifesta dopo un anno circa;

-Stadio 3 (Cvs3): I corpi della terza e della quarta vertebra si possono presentare in forma trapezoidale o rettangolare con lato maggiore alla base; la concavità è presente anche sul bordo inferiore della terza vertebra. Questo stadio corrisponde al picco di crescita;

-Stadio 4 (Csv4): I corpi della terza e della quarta vertebra hanno forma rettangolare con lato maggiore alla base e la concavità inferiore è presente in tutte e tre le vertebre cervicali. Il picco di crescita si è verificato uno o due anni prima di questa fase;

-Stadio 5 (Csv5): la concavità del bordo inferiore è ancora presente in tutte e tre le vertebre cervicali. A1meno uno dei corpi della terza o della quarta vertebra cervicale ha una forma quadrata. Il picco di crescita è terminato da almeno un anno;

-Stadio 6 (Csv6): tutte le concavità si sono approfondite e i corpi vertebrali sono ora più sviluppati in altezza di quanto non lo siano in larghezza. Il picco di crescita è terminato da almeno due anni.

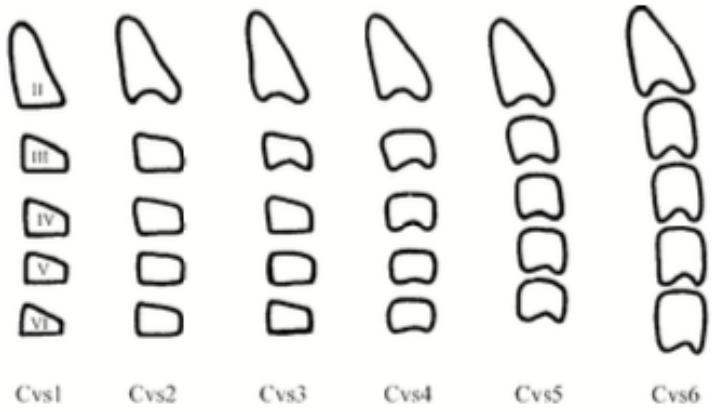


Figura 30 Metodo di valutazione delle vetebre cervicali. (Baccetti e coll. 2001)

Gli autori hanno fornito i seguenti suggerimenti utili nei casi incerti:

- la profondità minima della concavità sul bordo inferiore del corpo delle vertebre cervicali deve essere di 0,8 mm. Nei casi in cui la concavità sia inferiore non deve essere considerata tale;
- le spine ossee che si possono trovare staccate dal bordo inferiore del corpo delle vertebre cervicali, più frequentemente nella regione anteriore, non devono essere considerate nella valutazione della presenza o meno della concavità;
- le spine ossee che si possono trovare sull'angolo posterosuperiore devono essere considerate nella valutazione della forma trapezoidale o rettangolare del corpo delle vertebre cervicali;
- se la forma di C3 o C4, oppure di entrambe, è trapezoidale, anche se è presente la concavità su CS, lo stadio è CS3.

I risultati di uno studio condotto attraverso l’analisi CVM per valutare le differenze negli effetti dentoscheletrici a breve e lungo termine dell'RME nei soggetti trattati prima e dopo lo scatto di crescita puberale hanno riportato che la terapia RME con l'espansore tipo Haas induce cambiamenti trasversali clinicamente significativi e riproducibili a livello dento-alveolare nei pazienti trattati prima

o dopo il picco di crescita scheletrica. Pazienti trattati prima della pubertà hanno mostrato cambiamenti a lungo termine più efficaci a livello scheletrico sia nella mascella che nelle strutture circummascellari. Quando viene eseguito il trattamento RME dopo il picco di crescita puberale, gli adattamenti mascellari alla terapia di espansione passano dal livello scheletrico al livello dentoalveolare.

CAPITOLO 5: Espansione palatale: rapida vs lenta

5.1 Storia

Nel corso del trattamento ortodontico, prima di trattare i problemi sagittali, deve essere eseguito lo sblocco trasversale della mascella tramite espansione palatale, in modo che la mandibola possa "inserirsi" correttamente nella mascella entro tre dimensioni: trasversale, sagittale e verticale. Nonostante la conoscenza dell'ipoplasia mascellare risalga ad Ippocrate dobbiamo arrivare a tempi più vicini a noi per avere notizie che diano dei risultati completi. Le atresie mascellari furono trattate fino al XVIII secolo (Fauchard, Hunt) con le estrazioni e limature. Risalgono però a questo periodo, peraltro di scarso progresso medico e tecnologico, le idee più brillanti riguardo lo sviluppo dei dispositivi idonei alla correzione di queste malocclusioni: Fauchard, Bourdet, Dwinelle, Hickory e molti altri hanno cercato di espandere le arcate mascellari contratte per mezzo di apparecchiature ortodontiche che producevano un'espansione lenta delle due emiarcate con risultati anche apprezzabili (Francolini 1990).

Nel 1860 un medico americano, il dott. Emerson C. Angell, propose di risolvere i casi di contrazione mascellare espandendo rapidamente i due emimascellari. In una relazione pubblicata nella rivista The dental Cosmos, Angell riportò che aveva trattato una ragazza di 15 anni con un apparecchio a vite fra le due emiarcate mascellari e che, nel giro di due settimane attivando giornalmente il dispositivo, si era creato un diastema fra i due incisivi centrali superiori e che i diametri interpremolari erano cresciuti di ¼ di pollice; l'autore inoltre riportò che "le ossa palatine si sono separate, si è aperto uno spazio fra i due incisivi centrali ed il laterale superiore sinistro ha scavallato completamente i denti inferiori" (Angell, 1860). I risultati ottenuti non potevano essere avvalorati da prove radiografiche perché non si conoscevano ancora i raggi x e le affermazioni di Angell furono duramente criticate dapprima dal presidente dell'A.D.A. del tempo, il dott. J.H. McQuillen, e successivamente anche dai colleghi europei. Le polemiche durarono per circa mezzo secolo, sino a quando il prof. Clarke L. Goddard, in occasione della 24° Assemblea della California

State Dental Association ed al World's Columbian Dental Congresss, presenta il suo saggio intitolato "Separazione del palato alla sinfisi". Il lavoro fu stimato da numerosi auditori ed ha portato la R.E.P. (Espansione Palatale Rapida) ad essere una tecnica riconosciuta ed usata. A questa idea terapeutica susseguirono due fronti contrapposti: il primo costituito da C.H. Hawley, Bogue, Dewey, i quali si schierarono a favore dell'espansione rapida e sperimentarono miglioramenti nei dispositivi; il secondo invece mise in discussione la validità della terapia della R.E.P e si dimostrò più favorevole ad un'espansione lenta (E. H. Angle, Oppenheim, V.H. Jackson). In realtà, ancora oggi il mondo accademico continua ad essere diviso circa la scelta del migliore tipo di espansione. Alcuni professionisti considerano l'espansione rapida un presidio di routine per la quasi totalità delle contrazioni mascellari, altri invece limitano il suo utilizzo ad un uso chirurgico.

Il trattamento delle deficienze trasversali ha lo scopo di ridurre potenziali problemi parodontali, di migliorare la stabilità dentale e scheletrica e l'estetica del sorriso (Barber 1981). La pianificazione del trattamento per il problema trasversale richiede la determinazione della gravità della discrepanza e la differenziazione tra la componente scheletrica e quella dentale (Bishara 1987).

5.2 Dispositivi per espansione rapida

I primi riferimenti in letteratura riguardanti l'espansione rapida risalgono al 1860, anno in cui Angle ha documentato l'espansione delle arcate in una paziente di 15 anni, ottenuta in due settimane, per mezzo di un dispositivo a vite centrale collegato a bande in oro adattate, per condizioni cliniche, a sinistra sul primo premolare, mentre a destra sul secondo premolare.

Ad oggi esistono diversi dispositivi per espansione rapida, tutti costituiti essenzialmente da una vite centrale posizionata trasversalmente, che differiscono per il tipo di ancoraggio usato.

- **Dispositivi bandati**

Essi si dividono in dispositivi a supporto dentale e dispositivi a supporto misto:

- Supporto dentale: la vite centrale è collegata tramite fili alle bande applicate sui denti, senza rivestimento acrilico. Il più utilizzato è l'HYRAX, introdotto da Biederman nel 1968, prende il nome dalla particolare vite utilizzata (Hygenic Rapid Expander): questa è un martinetto a vite senza molla con un telaio interamente in filo. Le viti sono fornite di bracci di grosso spessore che vengono saldati alle bande di premolari e molari (fig. 31). Per ogni attivazione della vite si produce un'espansione laterale di circa 0.2mm. L'espansore a supporto dentale tipo Isaacson usa una speciale vite caricata a molla chiamata Minne expander (sviluppata dall'università del Minnesota) che viene saldata direttamente alle bande dei primi premolari e molari (Bishara 1987) e viene attivata ruotando un dado per comprimere la bobina (Sivaraji 2013); è necessario tenere in considerazione che essa continua ad esercitare forze di espansione dopo il completamento della fase attiva a meno che non venga parzialmente disattivata.

  Questi dispositivi non irritano la mucosa palatale, sono facili da pulire e forniscono solo minime interferenze con l'articolazione dei suoni.



Figura 31 Hyrax expander (Agarwal e Mathur 2010)

.

- Supporto misto: sono costituiti da una vite e da un rivestimento acrilico adattato sulle creste alveolari (fig. 32). Il dispositivo proposto da Haas è stato progettato per il massimo ancoraggio dentale, è rigido e utilizza un martinetto a vite per produrre espansione in 10-14 giorni. Egli riteneva che questo massimizzerà gli effetti ortopedici e le forze prodotte da questo apparecchio sono stati riportati in un range da 3 a 10 libbre. Sebbene questi dispositivi siano inclini a determinare maggiore irritazione ai tessuti, vengono spesso utilizzati per i vantaggi descritti da Hass nel 1970 ovvero espansione più parallela, minori recidive, maggiore guadagno in ampiezza della cavità nasale e della base apicale, rapporti più favorevoli anche nel piano antero-posteriore, maggiore spostamento delle basi alveolari.

Derichsweilr nel 1965 ha proposto un dispositivo caratterizzato da bande sui primi premolari e molari, sul cui versante palatale vengono saldati dei fili. Questi ultimi sono inseriti in una placca palatale acrilica che ospita una vite lungo la linea mediana.



Figura 32 Dispositivo a supporto misto (Agarwal e Mathur 2010)

- **Dispositivi bondati**

Il prototipo di questi dispositivi è stato realizzato da Cohen e Silverman nel 1973: sulle superfici occlusale, vestibolare e palatale dei denti posteriori viene cementato un rivestimento acrilico, collegato alla vite centrale per mezzo di tubi (fig. 34). È diventato popolare non solo per la facilità di cementazione e per la riduzione del numero degli appuntamenti, ma soprattutto per gli effetti che risultano dal suo utilizzo:

- ridotti movimenti di estrusione e tipping dei segmenti posteriori: possono beneficiare i pazienti con tendenza all'iperdivergenza in quanto l'estrusione molare provocherebbe una postrotazione mandibolare con conseguente aumento della dimensione verticale della faccia e aumento della convessità facciale; (Sarver e Johnston 1989)
- effetto Bite Block: facilita la correzione del morso inverso anteriore (McNamara Jr 1987)
- sono semplici da fabbricare (Timms, 1981)
- il rivestimento delle superfici occlusali elimina le interferenze occlusali durante lo spostamento laterale dei segmenti ossei (Spolyar, 1984, Alpern e Yurosko, 1987).



Figura 34 Espansore palatale bondato (Agarwal e Mathur 2010)

Cozzani e coll. hanno proposto un nuovo dispositivo sviluppato (fig. 33) completamente in modo digitale, dal primo momento della presa dell'impronta con uno scanner ottico alla fase finale di solidificazione mediante l'utilizzo di una stampante 3D: l'HIRME (Haas-inspired rapid maxillary expander). È individualizzato in base alla bocca del paziente e realizzato completamente in cromo-cobalto, garantendo così una maggiore adattabilità e stabilità. È adattato per mezzo di bande ai denti decidui, in particolare ai secondi molari e ai canini decidui e fissato con cemento vetroionomerico. Vi sono molti vantaggi in termini di velocità di applicazione e compliance del paziente perché non è richiesta alcuna impronta per la costruzione, inoltre l'intero processo è molto più semplice di quelli tradizionalmente utilizzati nella pratica clinica.



Figura 33 HIRME (Cozzani et al. 2020)

- **IPC (Inman power component) rapid palatal expander**

È stato progettato per ottenere l'allineamento labiale degli incisivi oltre all'espansione ortopedica. Quando si verifica l'espansione, l'IPC controlla la forza della molla elicoidale aperta Ni-Ti applicata alla superficie linguale dei denti anteriori. Il filo attorno all'estremità distale degli incisivi laterali limita il diastema della linea mediana che spesso si verifica durante il trattamento RPE (fig. 35).

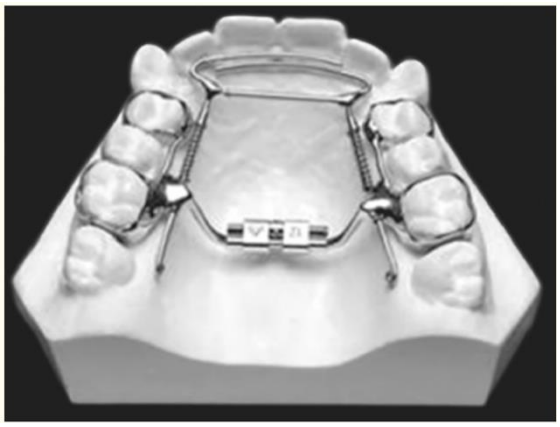


Figura 35 IPC (Agarwal e Mathur 2010)

5.3 Dispositivi per espansione lenta

- **Dispositivi rimovibili**

Il dispositivo capostipite è la placca di Schwarz: realizzata in resina acrilica è ancorata con ganci di Adams e arco vestibolare. Lungo la linea mediana è sezionata ed alloggia una vite telescopica ad azione trasversale (fig. 36). La lunghezza dell'asta filettata (6-8 mm) determina l'apertura massima e il passo della vite è costruito in modo che una rotazione completa corrisponda a un allargamento di 0,8-1 mm. L'attivazione viene eseguita una volta alla settimana con un quarto di rotazione, ottenendo un allargamento di 0,1 mm circa per parte.



Figura 36 Placca di Schwarz superiore. Tratta da Montagna, L'ortodonzia e i suoi dispositivi, Elsevier Masson, 2007, pag 9

È possibile inserire elementi ausiliari attivi per ottenere movimenti dentali (molle, microviti, arco vestibolare di retrazione) e passivi (griglie, fili modellati per mantenere spazi). I piani occlusali rialzati piatti o inclinati (anteriori, laterali, totali) sbloccano l'intercuspidazione e facilitano la vestibolo-versione dentale.

- **Dispositivo di Coffin**

Walter Coffin nel 1875 realizza questo dispositivo rimovibile capace di fornire un'espansione dento-alveolare lenta. È costituito da un filo a forma di omega dello spessore di 1,25 mm, posto nella regione mediana del palato. Le estremità libere del filo sono incorporate nell'acrilico che copre palato. La molla viene attivata separando manualmente due lati.

È utilizzato in placche rimovibili o in bande, saldo o disinseribile. Può essere associato ad arco di Duyzing e griglia linguale.

- **W-arch**

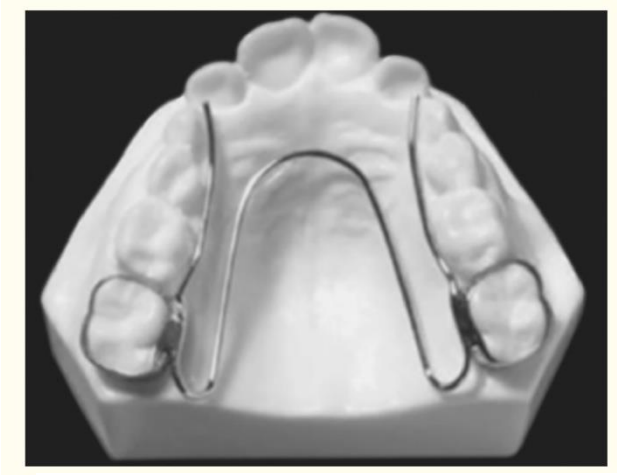


Figura 37 W-arch (Agarwal e Mathur 2010)

Ideato da Ricketts e colleghi per trattare i pazienti con palatoschisi, si tratta di un apparecchio fisso costruito con filo di acciaio da 36mils saldato a bande molari. L'arco linguale (fig. 37) è costruito in modo tale da distare 1-1,5 mm dai tessuti molli palatali. L'apparecchio si attiva aprendo gli apici dell'arco a W ed è facilmente regolabile per fornire una maggiore espansione anteriore che posteriore. Piegando la porzione anteriore palatale del filo si incrementa la larghezza nel settore posteriore; piegando il filo in prossimità della saldatura sulle bande molari si incrementa la larghezza anteriore. L'apparecchio fornisce una forza adeguata quando viene allargato di 3-4 mm oltre la sua posizione passiva prima di inserirlo. L'espansione deve procedere con una velocità di 2 mm al mese (1 mm di movimento dentale per lato) sino a ottenere un'ipercorrezione del crossbite. L'attivazione intraorale dell'apparecchio può provocare degli effetti indesiderati perciò viene consigliato di rimuoverlo dalla cavità orale e ricementarlo a ogni riattivazione. Una variante di questa apparecchiatura utilizza delle

bande con attacchi e permette di rimuovere l'arco e attivarlo senza dover decementare le bande, ma è risultato difficile mantenerlo attivo nella direzione desiderata e passivo negli altri piani. Si sono osservate frequenti intrusioni o estrusioni indesiderate; inoltre questo apparecchio è più soggetto a rotture.

- **Quad Helix**

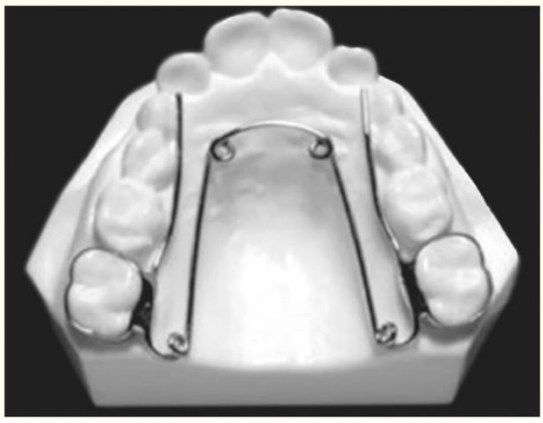


Figura 38 Quad-helix (Agarwal e Mathur 2010)

Il quadhelix è stato descritto da Ricketts ed è una modifica della molla W. L'incorporazione di quattro eliche ha contribuito ad aumentare la flessibilità e il raggio di attivazione (fig. 38). La lunghezza dei bracci palatali dell'apparecchio può essere modificata a seconda dei denti in crossbite. Recentemente è stata introdotta una nuova generazione di apparecchi realizzati in nichel titanio, le cui proprietà superelastiche possono produrre un movimento dei denti più fisiologico con una correzione più rapida dei morsi incrociati.

Frank ed Engel hanno effettuato uno studio cefalometrico su 20 pazienti dai 7 ai 13 anni per le ragazze; e 7 e 17 anni per i ragazzi, ed hanno trovato i seguenti risultati:

1) la separazione della sutura mesopalatina era in media 0,92 mm

2) la maggior parte delle modifiche sono state di tipo ortodontico; la media dell'espansione intermolare era di 5,88 mm, mentre nei canini era di 2,74 mm;

3) nel loro studio hanno anche concluso che c'era un rapporto di 6: 1 tra effetti ortodontici ed effetti ortopedici.

- **Spring jet**

  I componenti attivi del dispositivo vengono saldati alle bande molari. L'unità telescopica è posizionata fino a 5 mm dal centro dei tubi molari in modo che le forze passino vicino al centro di resistenza dei denti mascellari e a 1,5 mm di distanza dal tessuto palatale. La forza applicata nella dentatura mista è di 240 gm e 400 gm nella dentizione permanente. L'attivazione avviene spostando orizzontalmente la vite di bloccaggio lungo il tubo telescopico. La compressione della molla è consentita da un fermo a forma di sfera posto sul filo transpalatale (fig. 39).



Figura 39 Spring jet. (Agarwal e Mathur 2010)

- **Magneti**

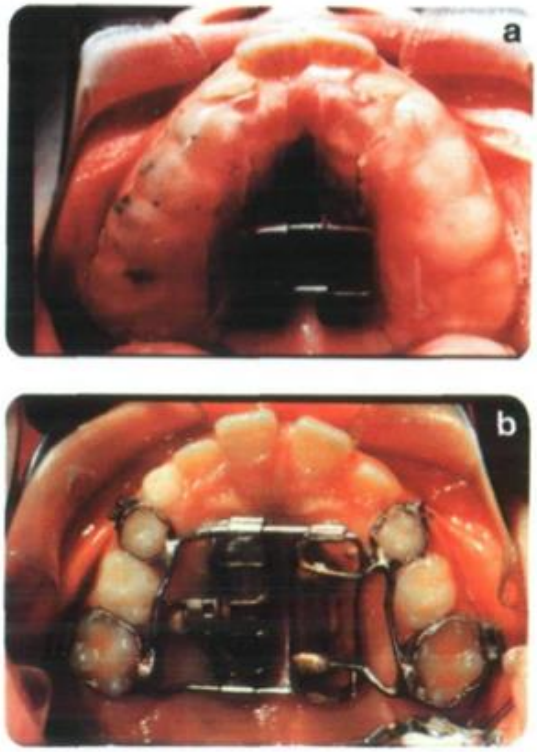


Figura 40 Magneti (Darendeliler MA et al., 1994)

L'obiettivo dei dispositivi di espansione magnetica è quello fornire forze continue di entità minore rispetto ai dispositivi di espansione tradizionali (fig. 40). I magneti vengono applicati in modo che la loro direzionalità si contrapponga, creando così una forza repulsiva ed espansiva. Teoricamente, ciò si tradurrebbe in una stimolazione della sutura mascellare più biologicamente amichevole e meno traumatica, simile agli apparecchi a molla. Il maggior grado di espansione scheletrica si è verificato in apparecchi a bande con quattro magneti (Darendeliler MA et al., 1994).

Vantaggi:1) I magneti impartiscono una forza continua misurata per un lungo periodo di tempo; quindi il rischio di riassorbimento della radice esterna è minore rispetto ad altri dispositivi. 2) Sono strutturalmente stabili in tutte le direzioni, il che aiuterà a prevenire risultati indesiderati (Romanyk et all. 2010)

Svantaggi: 1) tendono ad ossidarsi nell'ambiente orale a causa della potenziale formazione di prodotti corrosivi, ma questo può essere superato rivestendo i magneti. 2) sono piuttosto ingombranti in quanto devono essere adeguatamente stabilizzati e contenere robuste aste guida per evitare che i magneti fuoriescano dalla linea e causino movimenti rotatori indesiderati. (Yethadka, 2017)

- **Espansori in NiTi**

Introdotti da Arndt agli inizi degli anni ‘90, generano forze di espansione ottimali e costanti. Il componente centrale è costituito da una lega NiTi attivata termicamente e il resto del componente è in acciaio inossidabile. L'espansore può essere utilizzato contemporaneamente ad apparecchi fissi convenzionali, richiedendo solo una guaina linguale aggiuntiva sulle bande molari. L'azione dell'apparecchio è dovuta alla memoria di forma del nichel titanio ed agli effetti della temperatura di transizione. Il nichel titanio ha una temperatura di transizione di 94 ° F. A temperatura ambiente, l'espansore è troppo rigido per piegarsi per l'inserimento; il raffreddamento dell'espansore ammorbidisce il componente centrale consentendo una facile manipolazione.

Una volta posizionato, esso si irrigidisce e comincia a tornare alla sua forma originale. Un incremento di espansione di 3 mm esercita solo circa 350 gm di forza (Marzban e Nanda 1999); inoltre la lega di nichel-titanio, nel momento in cui l'espansore si disattiva, fornisce livelli di forza relativamente uniformi.

In letteratura sono stati riscontrati ottimi risultati con l’uso di dispositivi a memoria di forma, ma la scarsa stabilità strutturale intrinseca del dispositivo è uno svantaggio da considerare (Romanyk 2010).

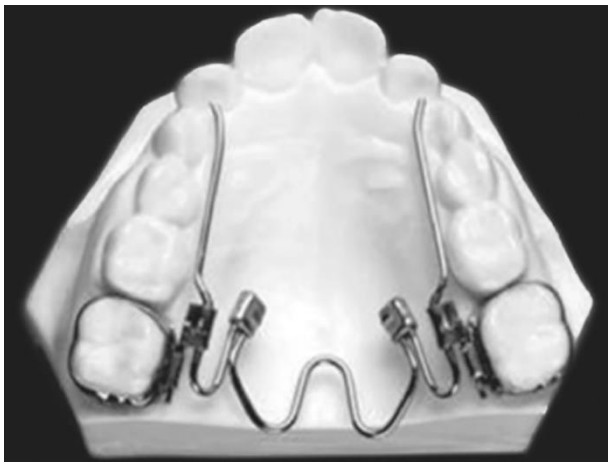


Figura 42 Espansore in NiTi (Agarwal e Mathur 2010)

- **ESPANSORE LENTO AMMORTIZZATO**

L’E.L.A, proposto da Lanteri e Francolini, è stato messo a punto e posto in commercio a partire dal 2003. Appare molto simile al classico espansore rapido ma è nettamente differente per aspetti sia tecnici sia biomeccanici. Infatti, all’interno della struttura metallica della vite specifica per E.L.A si trova una molla precaricata in Ni-Ti, da 500gr o da 800gr a scelta del clinico, che genera forze leggere e continue. Dunque è la molla la vera componente attiva del sistema, e la vite serve a comprimere la molla e non esercita alcuna azione diretta nei denti pilastro. Nei soggetti a fine crescita con insufficienza trasversale da deficit alveolare può rappresentare un mezzo di prima scelta; nei pazienti più giovani nei quali è conservata la risposta suturale, può essere un’alternativa ad altri metodi con gestione clinica più complessa.

CARATTERISTICHE E.L.A IN SOGGETTI IN CRESCITA

Dispositivo (fig 43):

- 4 bande (abitualmente 1.6 - 1.4 - 2.4 - 2.6)
- attacchi e tubi molari puntati sulle bande se si prevedono altre correzioni contemporanee
- cementazione con apparecchio già pre-attivato in laboratorio

Espansione:

- di tipo ortopedico con diastasi della sutura palatina mediana
- movimento di tipping in direzione vestibolare dei denti fissati all'apparecchio, direttamente proporzionale all'età del soggetto
- velocità massima di espansione 6-8 mm/mese, inversamente proporzionale all'età del soggetto
- espansione massima ottenibile con l'attuale vite 8 mm
- attivazioni necessarie in media 2,5

- **LEAF EXPANDER**

Nato nel 2013 dallo sviluppo del precedente dispositivo, l'E.L.A. (Espansore Lento Ammortizzato), è dotato di caratteristiche analoghe basate sull'impiego di una molla compressa riattivabile in acciaio. Ad oggi sono disponibili numerose varianti, tutte caratterizzate dalla capacità di realizzare l'espansione del mascellare, in modo predicibile, mediante forze leggere e continue, predeterminate per intensità, direzione ed ammontare della correzione. La distinzione fondamentale riguarda le due tipologie di base: riattivabile e preattivato.

- RIATTIVABILE (fig.44): è costituito da una struttura metallica in acciaio Cr-Co, dotata di una vite centrale la cui attivazione genera la compressione di due o più molle a balestra in nichel-titanio. Prevede l'impiego di due bande posizionate preferibilmente sui secondi molari decidui, se utilizzato in epoca ancora sufficientemente lontana dalla permuta, o sui primi molari permanenti, se in epoca prossima al completamento della permuta. La struttura metallica deve essere accuratamente modellata in modo da risultare aderente al colletto linguale degli elementi diatorici mentre i bracci di congiunzione devono essere scostati dalla mucosa palatina (2.5 mm circa), per evitare il rischio di decubiti durante l'espansione. Quando è possibile si modellano due estensioni appoggiate alla superficie linguale dei canini, al fine di aumentare l'effetto espansivo nel settore anteriore ed incrementare la stabilità dell'apparecchio. La cementazione si effettua con cementi di tipo vetroionomerico a rilascio di fluoro. È disponibile in quattro varianti: 1) 6 mm - 450 gr; 2) 6 mm - 900 gr ; 3) 9 mm - 450 gr; 4) 9 mm - 900 gr. 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. In caso di crossbite monolaterale è indicata la vite da 6 mm mentre nel crossbite bilaterale è consigliabile la vite da 9 mm.

Il protocollo di attivazione del LeafExpander riattivabile prevede:

- nel tipo da 6 mm, normalmente si eseguono 10 attivazioni ogni 4 settimane, in un'unica seduta, raggiungendo in 12 settimane il numero massimo di attivazioni effettuabili, pari a 30;
- nel tipo da 9 mm l'espansione massima si ottiene con 45 attivazioni, al ritmo di 15 attivazioni ogni 6 settimane, raggiungendo in 18 settimane il numero massimo di attivazioni consentite.

In caso di pazienti non collaboranti, che necessitano di sedazione oppure quando vi sono esigenze logistiche e organizzative del paziente e/o del clinico, si può attuare il protocollo 2, che prevede la riattivazione completa della vite in una sola seduta. Le condizioni per la riattivazione completa in un'unica seduta si verificano in media dopo 18 settimane per la vite 6 mm e 26 settimane per la vite da 9 mm. 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 brevi pause.

- PREATTIVATO (fig 45): La caratteristica principale che contraddistingue questo dispositivo consiste nell'annullamento della necessità della riattivazione intraorale. Il dispositivo prodotto in laboratorio nasce già programmato per realizzare l'espansione richiesta dal clinico senza ulteriori modificazioni o interventi. Altri vantaggi dei LeafExpander preattivati sono: assenza di collaborazione da parte del paziente, movimento prevalentemente corporeo dei denti, nessun dolore durante l'espansione, predicibilità dei risultati.



Figura 43 ESPANSORE LENTO AMMORTIZZATO (Lanteri et al. 2007)

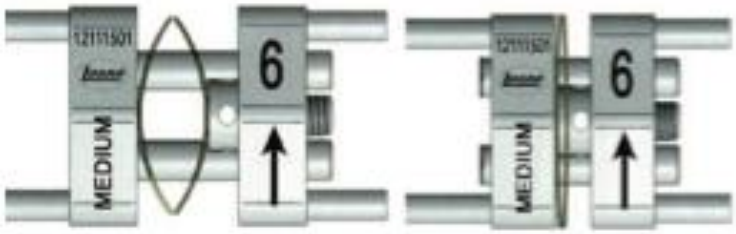


Figura 44 Schema grafico di Leaf Expander riattivabile con vite da 6 mm – 450 gr. (Lanteri et al. 2018)

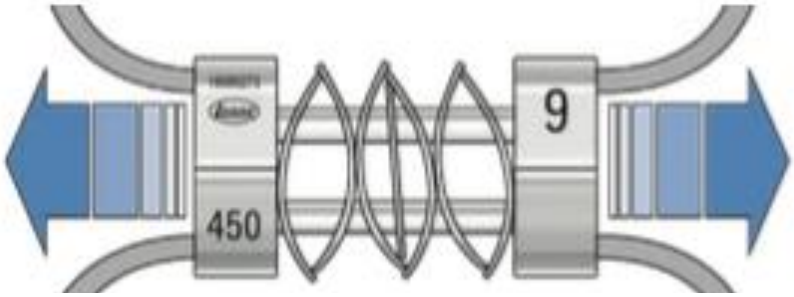


Figura 45 Schema grafico di Leaf Expander preattivato, con molla da 9 mm – 450 gr. (Lanteri et al. 2018)

5.5 Variabili di trattamento

L'ammontare dei cambiamenti scheletrici e dentali che seguono la terapia in questione nonché la stabilità dei risultati ottenuti sono stati discussi da numerosi ricercatori e sono principalmente correlati alle seguenti variabili di trattamento:

- Età del paziente
- Tasso di espansione
- Magnitudine della forza
- Protocollo di ritenzione
- Design del dispositivo.

Età del paziente

L'età del paziente rappresenta un fattore critico quando si intende ottenere un'espansione palatale pertanto è necessario valutare l'età biologica dell'individuo, ovvero l'età scheletrica, prima di iniziare una terapia mirata all'espansione del palato.

Nei pazienti giovani le risposte scheletriche aumentate sono associate ad una maggiore attività cellulare nelle suture in crescita. (Storey 1973-Bell 1982-Cotton 1978-Ten Cate e coll. 1977). Brin e colleghi hanno effettuato uno studio su gatti e, utilizzando nucleotidi ciclici come indicatori dell'attività cellulare e della neo-formazione di osso, hanno riportato una maggiore reattività alle forze espansive nelle cellule suturali di animali giovani rispetto a quelle di animali anziani, ma bisogna prendere con cautela le conclusioni degli studi effettuati su animali in quanto non possono essere applicate all'uomo (Melsen 1975, Brin 1981, Bjork e Skieller 1974).

Diversi clinici hanno riportato difficoltà nel trattamento in individui in età post-pubertale. Con l'avanzare dell'età, infatti, sono stati riscontrati numerosi ponti di spicole ossee intrecciati al sistema di suture circumascellari e si ritengono responsabili dell'aumentata resistenza all'espansione. Pertanto, l'espansione palatale in pazienti adolescenti e adulti può implicare una frattura delle

interdigitazioni ossee suturali. (Haas 1970, Melsen 1972, 1975). Pazienti trattati prima del picco puberale hanno mostrato cambiamenti significativi e stabili nel lungo termine a livello scheletrico sia nelle suture mascellari sia nelle suture circumascellari (Baccetti et al. 2001). Dopo questo periodo gli effetti sui cambiamenti scheletrici tendono a diminuire in relazione a quelli osservati sull'arcata dentale (cambiamenti dentali).

Bishara e Staley suggeriscono che l'età ottimale per l'espansione sia prima dei 13-15 anni. Ciò è in accordo con gli studi effettuati da Bjork e Melsen: il primo è uno studio su impianti attraverso cui si è potuto dimostrare che in condizioni di normalità l'aumento della larghezza mascellare cessa tra i 16 ei 17 anni per i ragazzi, mentre per le ragazze già a 14 anni; il secondo è uno studio istologico che ha permesso di sottolineare che l'elevata risposta agli stimoli meccanici lungo la sutura mesiopalatina nei pazienti preadolescenziali è dovuta ad un minore grado di interdigitazione tra le due metà dell'osso mascellare; Anche Wertz e Dreskin hanno riportato cambiamenti ortopedici migliori e più stabili nei pazienti trattati prima dei dodici anni.

Un altro effetto età-correlato è il dislocamento inferiore del fulcro di separazione (Wertz e Dreskin 1977). È stato riportato che nei giovani pazienti, il fulcro può essere all'altezza sutura fronto-nasale (Storey 1973), mentre negli adolescenti è molto più in basso il ché produce anche un effetto cardine e le porzioni sopra il fulcro si muovono leggermente mesialmente (Timms 1981, Pavlin 1984).

Tasso di espansione

Il tasso di espansione palatale è stato studiato da numerosi ricercatori. Oggi vengono utilizzate tre modalità di trattamento: espansione mascellare rapida (RME), espansione mascellare lenta (SME) ed espansione mascellare assistita chirurgicamente (Agarwal e Mathur 2010).
Gli effetti scheletrici e dentali indotti da espansione rapida e lenta sono stati documentati attraverso numerosi studi istologici, radiografie e considerazioni cliniche. Ciononostante le controversie relative a quale tasso di espansione scegliere sono notevoli.

Tipicamente, l'espansione rapida è ottenuta per mezzo di dispositivi dotati di vite in grado di generare delle forze che si distribuiscono nei tre piani dello spazio, di intensità tale da superare i limiti necessari per il movimento ortodontico e determinare effetti ortopedici quali l'apertura graduale della sutura palatino-mediana, la compressione del legamento parodontale e la flessione dei processi alveolari (Haas 1970, Wertz 1970, Sandikcioglu e Hazar 1997).

In letteratura sono stati proposti numerosi schemi di attivazione per ottenere l'espansione rapida del palato, ma sono stati determinati da basi empiriche dettate dall'entità dell'espansione desiderata e dalla tolleranza del paziente stesso (Cozza 2010). Lo schema proposto da Haas nel 1965 prevede l'esecuzione di due giri alla poltrona durante la prima seduta e la vite centrale viene attivata di 0.4 mm al giorno (due giri/die; uno al mattino ed uno la sera) per una settimana. Wertz (1970), il giorno stesso in cui l'apparecchio viene cementato esegue l'attivazione dello stesso con un giro completo di vite; successivamente esegue l'attivazione con 1⁄4 di giro la mattina e 1⁄4 di giro la sera. Timms (1980) utilizza un protocollo per l'espansione sostenuto anche da Silva Filho (1991): dopo l'esecuzione di un giro completo all'applicazione, eseguono 1⁄2 giro di vite la mattina e 1⁄2 giro di vite la sera in modo da ottenere un giro completo della vite al giorno.

Isaacson e Ingram hanno indagato sulle forze espresse durante il trattamento ed hanno constatato come una singola attivazione della vite produca da 3 a 10 pounds di forza nei pazienti sotto

osservazione. Le ripetute attivazioni giornaliere cumulano forze fino a 20 pounds, ma nonostante ciò raramente il paziente accusa dolore.

Studi istologici sulla modalità di espansione palatale rapida mostrano frammenti ossei fluttuanti, numerose microfratture, formazioni simili a cisti, una disorganizzazione del tessuto connettivo di natura infiammatoria, una ossificazione distrofica del tessuto osseo immaturo e lacerazioni nella rete di fibre collagene della sutura che si traduce in una minore risposta scheletrica al margine osseo suturale (Bell 1982, Melsen 1972, Bjork e Skieller 1974, Storey 1973, Ekstrom et al., 1977).

Negli ultimi anni è cresciuto l'interesse per l'applicazione di LLLT (Low Level Laser Terapy) durante l'espansione rapida. LLLT sembra stimolare la proliferazione degli osteoblasti, la deposizione di collagene e la maturazione ossea precoce, portando alla neoformazione ossea; inoltre modula il profilo di espressione dei geni angiogenici e infiammatori. L'uso combinato di espansione rapida e LLLT sembra facilitare una guarigione ossea più veloce e prevedibile, che porterebbe a risultati più stabili nel lungo termine; è stata riscontrata una minore recidiva e si presume che sia necessario un minore tempo di ritenzione. La letteratura esistente mostra un basso livello di evidenza scientifica al riguardo, per cui sono necessari ulteriori studi, in particolare studi clinici randomizzati prospettici a lungo termine, per generare risultati sicuri e rendere il metodo clinicamente accettabile (Darendeliler e col. 1994).

Ad ogni modo, il periodo di trattamento attivo dura da una a quattro settimane in cui si raggiungono 0,5-1 mm di espansione al giorno. (Bell 1982, Timms 1978, Haas 1961, Haas 1970, Wertz 1970, Proffit 2000). La ritenzione dev'essere considerata parte del trattamento per consentire la dissipazione della forza residua, il rimodellamento e la riorganizzazione degli elementi ossei e suturali. Korkhaus, Krebs e Storey consigliano, al termine del trattamento attivo, un periodo di ritenzione tra i tre e i sei mesi; Brogan, Haas e Timms raccomandano invece una ritenzione più prolungata.

Nel 2005, è stato introdotto il protocollo Alt-RAMEC che consente la mobilizzazione suturale attraverso l'apertura e la chiusura della vite RME per 7–9 settimane consecutive senza espansione non necessaria (Liou 2005). Il suo fondamento logico è simile a quello della semplice estrazione del dente in cui scuotiamo ripetutamente il dente buccalmente e lingualmente fino a quando il dente non è "disarticolato" fuori dall'alveolo. La mascella viene espansa di 7 mm nella settimana 1 tramite un dispositivo di espansione che si espande di 1 mm / giorno; nella settimana 2 la vite viene chiusa a una velocità di 1 mm / s. Nelle settimane rimanenti, la vite del dispositivo di espansione viene aperta per 1 settimana e chiusa per 1 settimana e il protocollo viene completato alla fine del ciclo di 9 settimane, al termine del quale viene applicata una forza di protrazione per spostare le mascelle in avanti. Liou ha schematizzato i cambiamenti che si verificano nelle mascelle con RME e Alt-RAMEC (fig.47). Con l'RME di tipo Hyrax il centro di rotazione delle mascelle viene aperto nel punto del PNS ed i tuber mascellari si muovono avanti e indietro poiché il punto A si trova nella stessa posizione in base alla quantità di riassorbimento nella mascella. Con Alt-RAMEC, il centro di rotazione delle mascelle viene aperto nel punto del PNS ed i tuber mascellari si muovono più in avanti senza alcun riassorbimento nella mascella. Grazie a questo protocollo, c'è molta più mobilizzazione nelle suture e le strutture di resistenza sono indebolite.

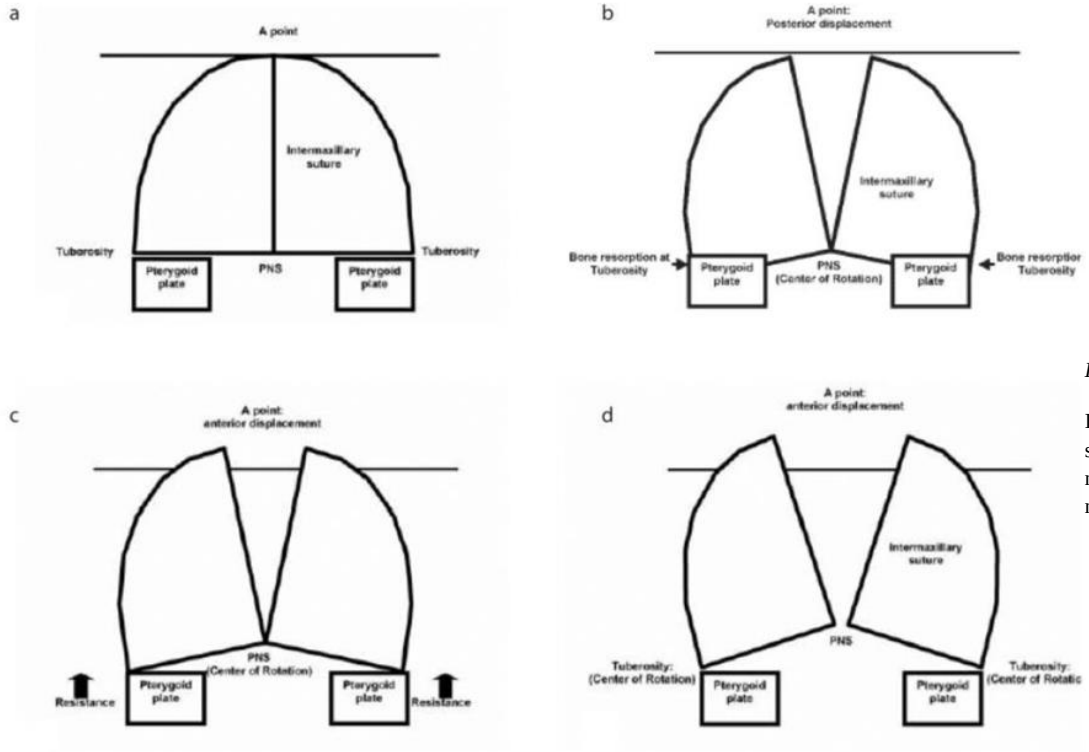


Figura 47

Illustrazioni schematiche dello spostamento mascellare mediante RME (a-b) e mediante AltRamec (c-d) *(Liou 2005)*

È noto che la forza totale applicata risulta minore se la forza attraverso la sutura mediopalatina viene applicata più lentamente. Studi riportano che il massimo grado di espansione al quale i tessuti della sutura mediopalatina possano adattarsi sia 1 mm circa per settimana. In tal modo la lacerazione e l'emorragia sono minimizzate. Per produrre un'espansione di questo grado, sono preferibili forze che vanno da 0,9 a 1,8 kg, a seconda dell'età del paziente (Hicks 1978).

L'espansione lenta può essere realizzata per mezzo di apparecchi rimovibili, con l'attivazione di una molla speciale, con magneti, con apparecchi dotati di memoria di forma o, in modo più pratico, attivando con frequenza minore la tipica vite palatale. Gli archi di espansione linguale che producono una forza di 0,45-0,9 kg sono in grado di aprire la sutura nei bambini più piccoli, ma negli adolescenti queste apparecchiature producono più un'espansione dentale che scheletrica (Proffit 2000). La procedura di espansione lenta avviene a una velocità di 0,4 mm-1.1mm a settimana ed il periodo di trattamento attivo è solitamente compreso tra 2 e 6 mesi (Bishara, 1987).

Gli studi istologici mostrano che l'espansione lenta consente il mantenimento dell'integrità suturale durante il riposizionamento e il rimodellamento mascellare (Bell 1982, Cotton 1978, Ekstrom 1977, Hicks 1978), inoltre consente ad un osso maturo di mantenere nel tempo le relazioni ossee modificate e permette un sufficiente adattamento delle matrici dei tessuti molli. In letteratura sono stati riportati altri vantaggi tra cui minori stress residui, ridotto tipping del dente pilastro e potenzialmente una minore recidiva, ma quest'ultima osservazione è fondata su dati empirici.

Entità della forza

La meccanica del complesso nasomascellare durante il trattamento è influenzata dal fatto che esiste un'elevata variabilità nella struttura della sutura mesiopalatina in base all'età (Persson, 1995) e dal fatto che i fasci di fibre presenti all'interno della stessa cambiano orientamento in risposta alle forze espansive generate dal disposivo. Gli studi su modelli computazionali hanno studiato la risposta meccanica del cranio all'espansione mascellare adattando le proprietà elastiche lineari del legamento parodontale alla sutura. Tuttavia, i tessuti molli mostrano un comportamento viscoelastico non-lineare, che è difficile da prevedere. Dal momento che la sutura mesiopalatina rivela una complessa geometria dovuta a diversi tessuti molli, le previsioni quantitative dello spostamento rispetto alla forza diventano estremamente difficili (Romanyk, 2010).

I diversi dispositivi a disposizione del clinico permettono di sviluppare vari gradi di forze, l'entità delle quali dipende dal design del dispositivo, in particolare dall'unità di attivazione (vite, molla, magneti, SMA). È importante notare che qualsiasi deformazione dell'apparecchio possa provocare delle forze incontrollate (Shah et al. 2017).

Le forze generate nella mascella da una vite, rispetto sia al tempo sia allo spostamento, sono essenzialmente una funzione delle proprietà tissutali individuali, e ciò rende impossibile una qualsiasi previsione (Romanyk et al. 2010). Gli studi di Isaacson, Wood, Zimring e Ingram hanno riscontrato notevoli variazioni tra i pazienti nelle forze generate dalle viti attivate tramite procedure d'espansione palatale rapida. Secondo gli autori, nel momento in cui l'apparecchio viene attivato, lo scheletro facciale offre una certa resistenza all'espansione e non risponde con un movimento immediato, ma piuttosto il carico viene immagazzinato come energia potenziale nell' apparecchio stesso (Isaacson e Ingram 1964). Inoltre, il tempo necessario al completo dissipamento dei carichi (la frequenza delle attivazioni) e la forza necessaria per ottenere uno spostamento aumenta con l'età. Se i carichi non vengono dissipati si accumulano sull'apparecchio e residuano per 5-7 settimane oltre il termine del trattamento attivo; ciò consente il raggiungimento di un nuovo equilibrio circumascellare nel periodo post-espansione (Isaacson e Ingram 1964, Zimring e Isaacson 1965, Isaacson Wood e Ingram 1964).

Le viti producono le forze più elevate rispetto alle altre unità di attivazione, i cui valori raggiungono circa i 100N (Isaacson e Ingram 1964). È possibile ridurre l'intensità della forza diminuendo la frequenza delle attivazioni della vite, tuttavia non è possibile evitare l' aumento della forza che si evince nel momento in cui la vite viene attivata.

Romanyk e collaboratori hanno studiato i metodi di attivazione per i dispositivi di espansione mascellare da una prospettiva ingegneristica e clinica. Gli autori di questa review affermano che differenza di ciò che accade per le viti, per gli altri metodi di attivazione è possibile prevedere la relazione forza-spostamento. Le molle mostrano una relazione lineare tra forza e spostamento (fig. 48-a) . Non vale lo stesso per i magneti, i cui grafici mostrano una curva (fig. 48-b): ciò è dovuto al fatto che le forze tra i due magneti usati in repulsione è proporzionale al quadrato della distanza che li separa. Molle e magneti esplicano delle delle forze continue; queste risultano continue nelle molle durante tutto il trattamento, i magneti invece necessitano di una forza iniziale significativa per essere attivati.

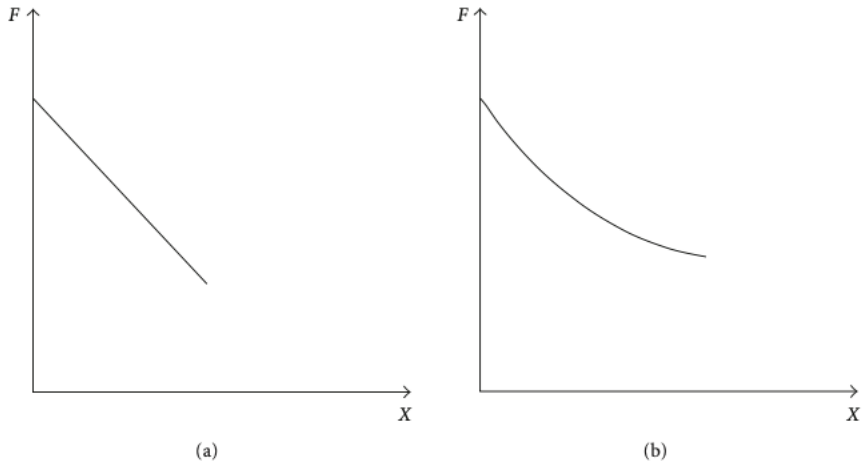


Figura 48 Curve tipiche della forza rispetto allo spostamento per i metodi di attivazione del tipo a molla (a) e magnetica (b). (Romanyk 2010)

Considerando i diversi livelli di forze, la durata dell'espansione varia:

- circa 1 mese con RME (Rapid Maxillary expansion) le cui forze arrivano fino a 10Kg (Krebs, 1958),
- 2-4 mesi con SME (Slow Maxillary expansion) le cui forze vanno dai 400 ai 900 g (Mossaz-Joelson e Mossaz, 1989)
- 4 -8 mesi con MED (Magnetic Expansion Device) le cui forze vanno da 250 a 500g (Darendeliler, 1994)

I metodi di attivazione SMA rappresentano delle implementazioni delle configurazioni a vite e a molla, per cui valgono le considerazioni che sono state appena discusse per gli altri metodi. Darendeliler e Lorenzon, utilizzando una molla elicoidale Ni-Ti, hanno notato che durante l'espansione la forza è diminuita da 800g (7,85N) a circa 400g (3,92N), segno questo di una scarsa stabilità strutturale del dispositivo. Wichelhaus e coll. nel 2004 hanno introdotto la "Memory Palatal Split Screw"; hanno testato questa vite sia nella pratica clinica che in laboratorio utilizzando la UTM (Universal Testing Machine) e hanno tracciato le curve forza (N) / deflessione (mm) per la 6a, 12a e 24a attivazione. Gli investigatori hanno scoperto che quando la vite veniva attivata 6 volte al giorno, produceva una forza costante di 12 - 14 N (1.224 - 1.428 g), che è 2-3 volte inferiore a quella prodotta dalla vite convenzionale. Le viti SMA risultano quindi molto promettenti.

La resistenza alla deformazione del tessuto del paziente influenza la velocità con cui la forza diminuisce nel tempo; per un paziente con scarsa resistenza all'espansione, o con un maggiore rilassamento dei tessuti, la forza diminuirà velocemente rispetto ad un paziente con un'elevata resistenza.

Protocollo di ritenzione

La stabilità del risultato non viene raggiunta fino a quando non vengono dissipate tutte le forze residue che tendono a far collassare le mascelle espanse (Korkhaus 1960).

Periodi di ritenzione insufficienti hanno provocato una sostanziale recidiva scheletrica, come dimostrato da Storey, Bell e Thorne. Hicks sostiene che l'entità della recidiva è correlata al metodo di ritenzione dopo l'espansione: in uno studio clinico sull'espansione palatale lenta, ha riportato un ammontare di recidiva dal 10 al 23% con ritenzione fissa, dal 22 al 25% con ritenzione rimovibile e il 45% senza ritenzione. In accordo ai risultati di Hicks ci sono diversi studi (Haas 1961-1980, Wertz 1968, Cotton 1978) che hanno indicato un controllo delle recidive più favorevole con apparecchi di ritenzione fissa. Dopo l'interruzione della ritenzione fissa l'ampiezza dell'arcata dentale si riduce significativamente in 5 anni ma l'aumento della larghezza della base apicale mascellare non mostra differenze (Krebs, 1964)

In seguito a procedure di espansione palatale rapida sono raccomandati periodi di ritenzione da 3 a 6 mesi per consentire la riorganizzazione e la stabilizzazione delle mascelle (Ekstrom et al. 1977, Korkhaus 1960, Krebs 1964-1959, Wertz 1968). Haas e Brogan suggeriscono periodi di ritenzione ancora più lunghi. Empiricamente (Isaacson e Ingram 1964, Storey 1973, Bell 1982, Cotton 1978, Hicks 1978) è stato osservato un ridotto potenziale di recidiva scheletrica con un'espansione lenta in quanto viene mantenuta l'integrità suturale e gli stress all'interno dei tessuti sono ridotti. Perciò periodi di ritenzione di tre mesi o meno vengono ritenuti adeguati. (Storey 1973, Bell 1982-1981, Hicks 1978)

Secondo Proffit dopo l'espansione è necessario applicare un retainer anche dopo l'ossificazione dell'apertura e l'apparecchiatura per l'espansione attiva deve rimanere in posizione per 3 o 4 mesi, sia nel caso in cui questa sia avvenuta rapidamente che lentamente; più oltre può essere sostituita con

un retainer rimovibile o altre forme di contenzione. Haas suggerisce l'uso di una placca palatale acrilica dopo la rimozione dell'apparecchio stabilizzato, il quale aiuterà il paziente a posizionare inconsciamente la lingua in una corretta posizione.

Design del dispositivo

Oggi esistono numerosi dispositivi, modificati o realizzati dalla voglia dei ricercatori di avere sempre più controllo dell'espansione. Timms ha commentato il semplice design del dispositivo a vite proposto da Angle affermando: "questo non significa che non possa essere migliorato o che i miglioramenti non siano necessari"; ha suggerito poi un elenco di criteri necessari come approccio oggettivo alla progettazione degli apparecchi, che si basa sui requisiti biomeccanici della procedura terapeutica di espansione, di seguito elencati per ordine decrescente di importanza:

1. rigidità: è considerata di primaria importanza a causa dei notevoli carichi che vengono trasmessi dall'apparecchio; un dispositivo rigido massimizza i movimenti ortopedici e rende minimi i movimenti ortodontici. Alcuni ricercatori hanno sconsigliato l'uso di bande ortodontiche, preferendo a queste le corone in metallo fuso perché intrinsecamente più rigide (Broadway 1967, Brudvik e coll. 1981, Howard 1969). Inoltre l'area di contatto con il dente pilastro è maggiore nelle corone in metallo fuso piuttosto che nelle bande ortodontiche.

2. numero di denti incorporati nel design dell'apparecchio: influenza direttamente la distribuzione del carico e la ritenzione dell'apparecchio. All'aumentare del numero di denti incorporati nel design, la distribuzione del carico varia direttamente con l'aumentare della superficie parodontale. Ciò riduce la probabilità di trovare carichi isolati in punti specifici, consentendone la distribuzione su un'area più ampia. Anche la ritenzione dell'apparecchio varia direttamente con il numero di denti incorporati nel design dell'apparecchio, tuttavia si

possono trovare crescenti difficoltà d’inserimento del dispositivo nella cavità orale. La ritenzione dell'apparecchio dipende anche dall'adesione tra l'apparecchio e i denti, dalla precisione dell'adattamento dell'apparecchio e dalla forma delle corone cliniche.

3. Unità di espansione: molle, viti, magneti, SMA. Dalla revisione condotta da Romanyk e coll. si possono trarre le seguenti conclusioni riguardo ai metodi di attivazione attualmente in uso:
    - Nonostante la loro popolarità nelle pratiche cliniche, l'attivazione del tipo a vite ha dimostrato di avere i maggiori svantaggi in quanto richiede grandi quantità di coinvolgimento del paziente e induce forze discontinue e di grande entità
    - Gli apparecchi a molla hanno mostrato un miglioramento rispetto alle viti in quanto forniscono un'applicazione continua della forza. Tuttavia, il livello di forza dipende dallo spostamento dell'espansore e le molle a filo non hanno stabilità strutturale; inoltre il dispositivo in caso di guasto o decementazione potrebbe arrecare danni al paziente
    - l'applicazione della forza magnetica repulsiva può fornire forze di basso livello e continue durante lo spostamento, ma lo svantaggio di tali dispositivi è che la forza diminuirà quando i magneti si spostano ulteriormente
    - la tecnologia SMA può fornire le caratteristiche forza-spostamento più fisiologiche rispetto ad altri metodi; tuttavia, quando usato in modi convenzionali come con una vite o una molla, il metodo soffre ancora di molti degli svantaggi visti con i materiali convenzionali.

4. Economia: Il design dell'apparecchio dovrebbe essere tale da ridurre al minimo il tempo alla poltrona clinica ed essere meno invadente possibile nella cavità orale. Inoltre, l'apparecchio dovrebbe essere progettato in modo da poter essere semplicemente fabbricato con materiali facilmente accessibili.

5. Igiene: tutti gli effeti deleteri dei dispositivi di espansione palatale sono superficiali e reversibili se il paziente viene gestito correttamente.

5.6 Effetti indotti dall'espansione

Prima di descrivere i cambiamenti dentali e scheletrici dell'espansione palatale, bisogna considerare, oltre alle variabili di trattamento, anche il fatto che la sede del fulcro da cui parte l'espansione cambia sede a seconda dell'età del paziente e in particolare:

-fino ai cinque anni di età il fulcro è situato molto in alto e l'espansione si accompagna ad un allontanamento delle orbite con una lieve diplopia.

- Tra i cinque e gli otto anni di età il fulcro è situato nella zona dell'etmoide

- Dopo gli otto anni di età il fulcro è situato a livello di sutura fronto-nasale e si assiste ad una lieve contrazione sopra questo punto.

Dopo la sua reintroduzione l'espansione rapida è stata largamente utilizzata tra i clinici perché si pensava producesse maggiori cambiamenti scheletrici che dentali, a differenza dell'espansione lenta in cui sono maggiori i movimenti ortodontici data l'impossibilità di sopraffare la resistenza alla trazione della sutura (Bell 1982, Hicks 1978, Storey 1973). Di recente si è accertato che le affermazioni suddette non corrispondano al vero. Osservando il grafico proposto da Proffit che schematizza i risultati scheletrici o dentali all'espansione palatale rapida e lenta, si nota come essi sembrano molto differenti a 2 settimane, ma sono quasi simili a 10 settimane. Per quel che riguarda l'espansione rapida nelle prime due settimane il rapporto tra cambiamenti scheletrici e dentali è 8:2. Durante le successive 8 settimane, aumenta la percentuale dovuta al movimento dentale e diminuisce quella dovuta all'espansione scheletrica. Con l'espansione lenta, alla velocità di 1 mm alla settimana,

il rapporto tra l'espansione dentale e quella scheletrica è costante e circa 1:1; l'espansione totale è quindi per circa metà scheletrica e per metà dentale fin dall'inizio. (fig.48)

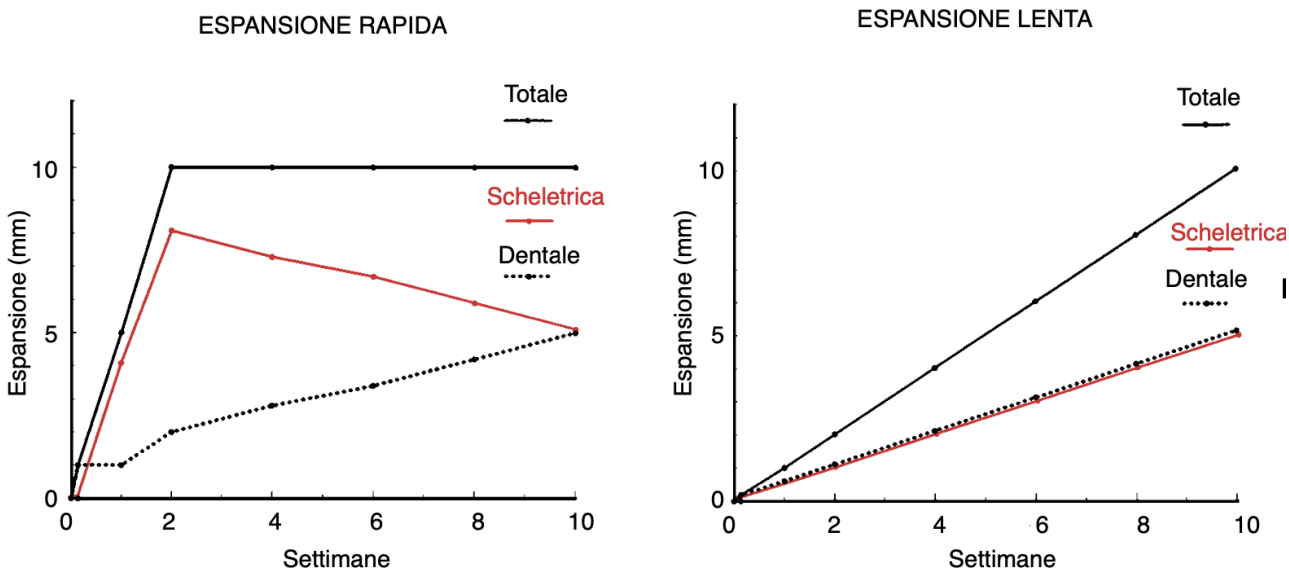


Figura 49 Rappresentazione schematica della tipica risposta scheletrica o dentale all'espansione palatale rapida (**A**) o lenta (**B)** da William R. Proffit, *Contemporary Orthodontics*, 3ed, Mosby, Inc. 2000 pag 275

In letteratura viene descritto da molti autori un caratteristico pattern geometrico della separazione delle mascelle: esso non è parallelo ma asimmetrico a forma di V. Da una visione occlusale l'apertura della sutura avviene con un rapporto di 3:1 dalla spina nasale anteriore fino al palato duro (Cozza, 2010). Ciò è dovuto al fatto che il complesso dei tessuti molli che riveste le strutture scheletriche è relativamente elastico potendosi stirare ed adattare in modo permanente alla nuova situazione (Wertz 1970, Haas 1970, Bell 1982, Bishara e Taley 1987). Posteriormente numerosi autori sono concordi nell'affermare che la resistenza all'apertura non è data dalla sutura stessa, ma dalle strutture circostanti e ciò è dovuto al fatto che i processi pterigoidei dello sfenoide, posizionati bilateralmente, non presentano una sutura che permette loro di dislocarsi seguendo la direzione delle forze, ma possono essere resi solo più divergenti. Da una visione frontale, le suture

mascellari si separano non parallelamente (Bishara, 1987) ma con forma piramidale con la base della piramide situata sul lato orale dell'osso.

Haas e Wertz hanno riscontrato che la mascella era spesso spostata verso il basso e in avanti. Haas ha inoltre riferito che il processo palatino della mascella è stato abbassato a causa dell'inclinazione verso l'esterno delle metà mascellari. Data la scarsa resilienza dell'osso, si verifica una flessione laterale dei processi alveolari, che riacquisisce la posizione originale entro pochi giorni (Lee 2010). Il rimodellamento dei processi alveolari continua fino a quando la forza trasversale applicata non viene dissipata. Haas suggerisce la necessità di una correzione eccessiva della discrepanza della base apicale per compensare la flessione alveolare e la tendenza dei denti a ritornare nella posizione originare; essa inoltre consente il successivo up-righting dei denti posteriori.

L'espansione mascellare è in grado di indurre cambiamenti nelle strutture cranio-facciali come l'aumento del volume della cavità nasale e la riduzione delle resistenze nasali al flusso d'aria che può comportare anche una riduzione dell'indice di apnea ipopnea (AHI) dei pazienti affetti da apnea ostruttiva del sonno (Carlson e coll. 2016, Brunetto e coll. 2017). Latook ha riportato miglioramenti della funzione uditiva riportando l'apertura dell'ostio- faringeo della Tromba di Eustachio ad avere una funzione più fisiologica.

Per quanto riguarda gli effetti dentali, uno dei più studiati effetti della RME è il diastema interincisivo. Haas (1961) sostiene che questo effetto sia dovuto alle fibre transettali e ne ha illustrato il meccanismo; appena la mascella si separa, le corone degli incisivi centrali iniziano a muoversi lateralmente e le fibre transettali lungo la linea mediana si allungano; ciò causa un tip mesiale delle corone degli incisivi mentre le radici divergono lateralmente, con il fulcro lungo il terzo medio della radice. Dopo la stabilizzazione del dispositivo, l'azione continua delle fibre causa un rapido tip della corona verso la linea mediana e le radici si muovono lateralmente quasi altrettanto velocemente; durante questa fase il fulcro è localizzato vicino all'apice radicolare. Quando le corone si sono

avvicinate, queste diventano il fulcro e la forza delle fibre transettali stirate causa il movimento mesiale verso la posizione originale (fig. 50).

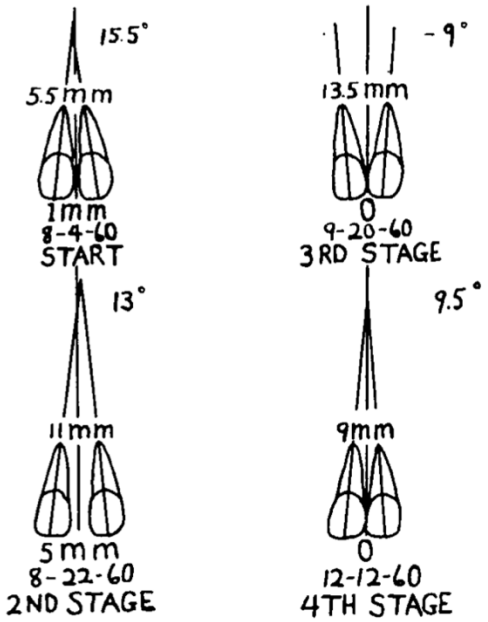


Figura 50 Illustrazione del movimento degli incisivi centrali durante l' espansione palatale rapida (Haas 1961)

Haas ha ipotizzato che l'aumento della larghezza dell'arcata mandibolare in seguito al trattamento di espansione del palato, riportato da diversi ricercatori, possa essere dovuto al fatto che:

1. Le forze occlusali sono state alterate dall'espansione in modo da perdere il normale vettore della forza linguale esercitato sui denti mandibolari;
2. Il movimento laterale della mascella induce uno spostamento delle inserzioni muscolari permettendo così alla muscolatura della lingua di esercitare una forza sproporzionata.
3. Lo spessore del dispositivo di espansione causa uno spostamento verso il basso della lingua e di conseguenza aumentano le forze laterali contro i denti mascellari.

Il protocollo SME causa un movimento corporeo significativo a livello degli apici dei primi molari (Brunetto e coll. 2013), mentre il protocollo RME ha prodotto un maggiore movimento di tipping nei molari (Martina e coll. 2012); tuttavia la review sistematica condotta da Algharbi e coll. nel 2018 ha indagato sugli outcomes dei diversi dispositivi e, riguardo al tipping dentale, hanno concluso che non era possibile trarre conclusioni evidence-based per i risultati contradditori che hanno riscontrato. Grossmann e Stockfish ritengono che la componente estrusiva dei denti posteriori, che spesso viene riportata in letteratura insieme al tip buccale, contribuisca all'effetto di apertura del morso.

Molti autori riportano il riassorbimento esterno della radice in soggetti sottoposti a RME (Bayome 2013, Silverstein 1997) valutato mediante scansione elettronica e microscopia ottica (Pereira e coll. 2017) e indagini TC a fascio conico (Silverstein 1997). Questo riassorbimento è probabilmente una conseguenza della grande quantità di forze cumulative prodotte da RME (Siqueira e coll. 2015). Diversi autori (Rinderer, 1966; Barber e Sims, 1981; Vardimon et al., 1991) hanno riscontrato deiescenze alveolare e la fenestrazione dovute ad un'espansione non corretta. Inoltre, sono state riportate sensazioni fastidiose più elevate nei soggetti che subiscono espansione mascellare con due giri al giorno rispetto a un giro al giorno. L'espansione palatale sembra influenzare la salute parodontale: sia i trattamenti di espansione rapida che quelli di espansione lenta presentano un potenziale effetto irritante (aumento della placca e sanguinamento) sul parodonto.

Ci sono due presupposti generali alla base dei trattamenti ortopedici di espansione palatale: 1) le forze pesanti separano le due emimascelle creando tensioni di trazione a livello della sutura mesio-palatina, e 2) la tensione di trazione ha un effetto osteogenico diretto sulla sutura mesio-palatina. Basandosi su queste considerazioni, l'apertura della sutura mesio-palatina è stata considerata un risultato diretto dello spostamento laterale dell'emimascella in risposta alla forza trasversale, quindi perlopiù un fenomeno fisico piuttosto che il risultato dell'attività cellulare. Questo concetto è così radicato che la maggior parte degli studi sullo stress e sulla distribuzione delle forze sono stati

condotti utilizzando teschi asciutti o analisi di elementi finiti. Se però la risposta biologica non è solo una parte del processo ma la parte principale, le previsioni di questi studi, che non considerano la risposta biologica, possono travisare la realtà clinica, e ciò potrebbe spiegare i risultati contrastanti tra studi in vitro e in vivo (Tindlund 1993, Walter 1975).

Nel 2019 Alikhani e coll. hanno esaminato, in ratti di 21 giorni, i cambiamenti scheletrici, cellulari e molecolari che avvengono durante i primi 28 giorni di trattamento. Hanno misurato le larghezze della sutura, del palato e dei denti in immagini 3D μCT per comprendere i cambiamenti morfologici suturali in risposta alle forze trasversali. La larghezza della sutura mesio-palatina è aumentata significativamente nei giorni 3, 7, 14 ed è ritornata alla larghezza originale nel giorno 28. Sorprendentemente, le larghezze dentali e palatali sono aumentate significativamente nel giorno 14 (0.89mm e 0.54mm rispettivamente) e 28 (1.26mm e 0.92mm rispettivamente). Al punto temporale dei 28 giorni, i cambiamenti dentali erano maggiori dei cambiamenti scheletrici. Nei giorni 1, 3 e 7 non si osservarono significativi cambiamenti dento-scheletrici, mentre la sutura mesio-palatina apparve più ampia nei giorni 3 e 7.

Gli autori, per correlare i cambiamenti morfologici ai cambiamenti cellulari hanno utilizzato la colorazione TRAP per investigare sulla presenza degli osteoclasti. In effetti, hanno notato evidenti cambiamenti nell'organizzazione cellulare suturale nei giorni 7 e 14, che coincidono con l'apertura della sutura; è stato rilevato un aumento del numero di osteoclasti TRAP-positivi nella sutura mesio-palatina e nelle ossa adiacenti specialmente nei giorni 3,7 e 14. Per analizzare l'attività degli osteoclasti hanno valutato l'espressione dei marker RANKL e Ctsk, i quali hanno mostrato un aumento nei giorni 1, 3, 7 e 14. Avendo inoltre osservato che le forze tensili trasversali aumentano il numero e l'attivazione degli osteoclasti, gli autori di questo studio hanno ipotizzato che i cambiamenti locali, che avvengono lungo la sutura mesio-palatina subito dopo l'applicazione di forze, promuovono l'osteoclastogenesi attraverso mediatori dell'infiammazione: hanno infatti riscontrato un picco nei livelli di IL-1β e TNF-α nei giorni 1 e 14, per poi tornare al base-line al giorno 28 (fig. 51)

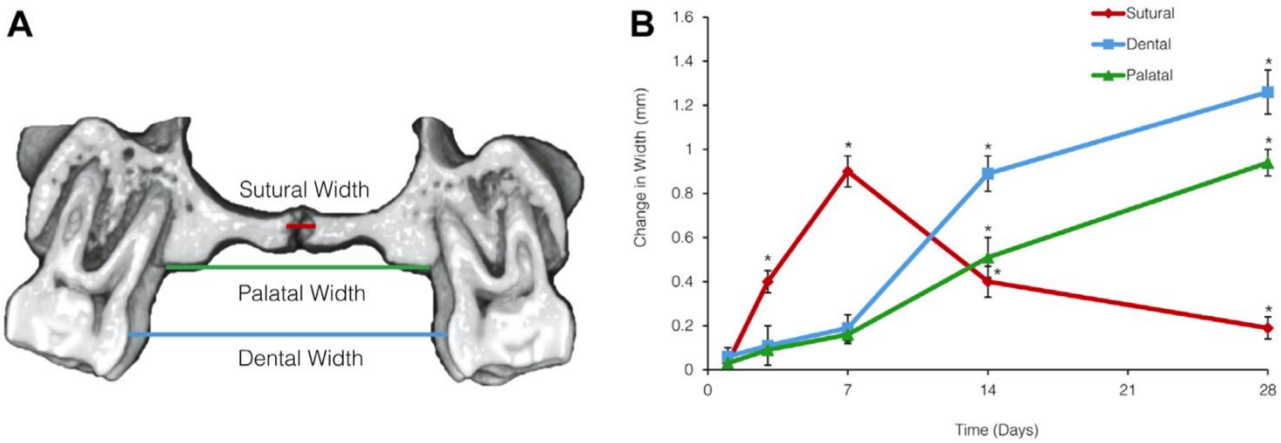


Figura 31. Cambiamenti nel tempo delle larghezze suturali, palatali e dentali (Alikhani et al. 2019)

Per valutare come l'attività osteoclastica e l'inibizione dell'infiammazione influenzano la risposta scheletrica alle forze trasversali, è stata effettuata un'espansione sia in presenza sia in assenza di farmaci antinfiammatori non steroidei (NSAID). Per capire come i NSAID agiscono sul numero degli osteoclasti, le sezioni della sutura mesio-palatina sono state colorate con H&E e TRAP e sono state confrontate sia con il gruppo che ha ricevuto la sola espansione, sia con il gruppo controllo. Durante il giorno 7, il gruppo con sola espansione ha mostrato un'apertura suturale associato ad un marcato riassorbimento sui contorni ossei della sutura ed inoltre un aumento significativo del numero degli osteoclasti. Nel gruppo a cui sono stati somministrati i farmaci non sono stati osservati riassorbimenti marginali e apertura suturale, il numero degli osteoblasti era ridotto e non sono avvenuti cambiamenti dentali o scheletrici.

Hanno inoltre studiato l'attività osteogenica esaminando l'espressione dei marker ALP e osteopontina. Nel gruppo che ha ricevuto sola espansione, i livelli di ALP sono aumentati significativamente il giorno 3, hanno visto un picco il giorno 7 e sono rimasti elevati nei giorni 14 e 28; mentre i livelli di osteopontina sono aumentati significativamente solo nei giorni 7, 14 e 28 (fig. 52).

Per quanto riguarda il gruppo espansione + NSAID i livelli di ALP e osteopontina nel giorno 14 erano significativamente ridotti rispetto al gruppo che ha ricevuto la sola espansione. Infine hanno studiato valutato l'espressione di TGF-β e BMP6 nel gruppo espansione per valutare la relazione osteoclasti-osteoblasti: il TGF-β è risultato aumentato nei giorni 3 e 7 ed è ritornato al baseline il giorno 28; BMP6 ha mostrato un picco al giorno 1 ed è rimasto basso per tutto il resto del tempo studiato. L'espressione dei marker degli osteoblasti e delle molecole di transizione nella sutura suggerisce una risposta anabolica ritardata alle forze di espansione.

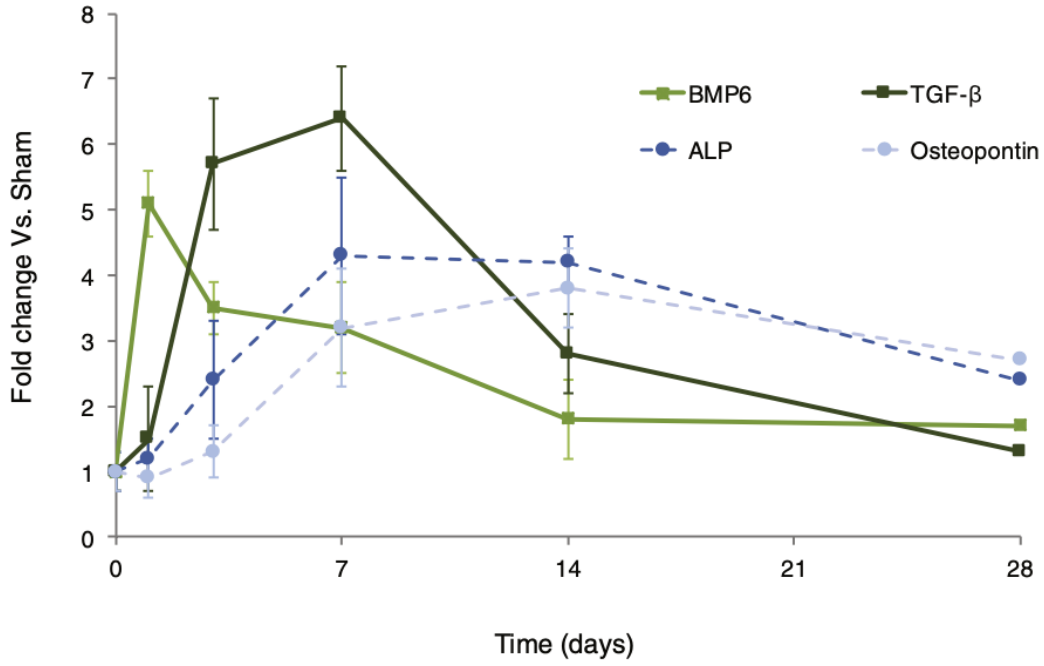


Figura 52 Espressione dei geni BMP6, ALP, Osteopontina e TGF-β (Alikhani et al. 2019)

Gli autori sono riusciti ad avvalorare la loro ipotesi che, similmente a ciò che avviene al legamento parodontale, le forze tensili applicate alla sutura mesio-palatina, stimolano il rilascio di marker infiammatori da cui deriva il reclutamento e l'attivazione degli osteoclasti, che causa l'apertura della sutura durante la fase catabolica; quest'ultima è seguita dall'allargamento scheletrico e dentale e dall'attivazione degli osteoblasti che ristabiliscono l'integrità suturale durante la fase anabolica. Tali risultati hanno ribaltato la venerata teoria compressione-tensione e supportano la teoria cosiddetta "bifasica" come chiave dell'espansione palatale.

CAPITOLO 6: CONCLUSIONI

L'obiettivo dell'odontoiatra dovrebbe essere quello di favorire lo sviluppo di corrette relazioni scheletriche ed ottenere la più ottimale occlusione funzionale possibile. L'indicazione principale all'espansione del palato è un deficit trasversale mascellare il quale è attribuibile a fattori eziologici intrinseci o estrinseci e può presentarsi in forma scheletrica, dento-alveolare o mista. Le altre indicazioni fornite dalla letteratura sono: pazienti con labiopalatoschisi, selezionati problemi di lunghezza d'arcata e condizioni mediche quali sinusiti e otiti ricorrenti, ostruzione nasale, deformità del setto, riniti allergiche e asma.

L'espansione rapida si ottiene per mezzo di dispositivi dotati di vite, i cui protocolli di attivazione consentono di ottenere da 0,5 a 1mm di espansione al giorno. Le forze sono pesanti e possono arrivare fino a 10 Kg e studi istologici ne hanno documentato la traumaticità. Sono necessari dai 3 ai 6 mesi di ritenzione per poter dissipare i carichi residui e permettere la riorganizzazione e la stabilizzazione delle mascelle. L'AltRamec Protocol, che prevede cicli alternati di rapida espansione e costrizione della vite per 7-9 settimane consecutive, consente una maggiore mobilitazione delle suture e indebolimento delle strutture di resistenza; questo protocollo (effettuato prima della protrazione mascellare) sembra essere più efficace nel trattamento delle III classi rispetto alla semplice espansione rapida.

L'espansione lenta si può raggiungere o attivando con minore frequenza la vite mediana o con dispositivi idonei, quali ad esempio Quad Helix, SpringJet, magneti, ecc.., ed ammonta a 0,8-1mm a settimana con forze leggere a cui si associa una risposta suturale più fisiologica. Empiricamente, l'espansione lenta è associata ad un ridotto potenziale di recidiva per cui vengono consigliati 3 mesi o meno di ritenzione dopo il trattamento attivo.

Dopo la sua reintroduzione l'espansore rapido veniva utilizzato perché si credeva producesse maggiori cambiamenti scheletrici. Nonostante si sia oggi visto che gli effetti indotti dai due protocolli, molto diversi a 2 settimane ma simili a 10 settimane, la scelta tra espansione mascellare rapida o lenta

si basa ancora sull'attitudine ed esperienza clinica a causa della scarsa qualità delle evidenze scientifiche.

La comprensione degli studi del 2019 di Alighan e coll. può avere un impatto significativo in futuro riguardo le decisioni cliniche, sull'entità delle forze trasversali e sul tasso di applicazione delle stesse. Secondo gli autori, l'utilizzo di forze elevate volte a superare la resistenza suturale (soprattutto in pazienti adulti), sarebbero giustificate se la separazione mascellare fosse un fenomeno puramente fisico; considerando però che alla base del trattamento di espansione palatale vi è un fenomeno biologico, la forza ottimale deve favorire la risposta biologica ottimale.

Il trattamento ortopedico nelle strutture cranio-facciali ha due fasi consecutive: una fase catabolica definita dall'apertura suturale, e una fase anabolica che ristabilisce la larghezza suturale. La fase catabolica definisce l'entità dei cambiamenti mascellari e perciò dovrebbe essere perfezionata per realizzare la massima correzione ortopedica; la fase anabolica contribuisce alla stabilità e all'integrità dello scheletro dopo il dislocamento mascellare. Il regime di forze ottimali per queste due fasi non è lo stesso e sono necessarie ulteriori ricerche per proporre nuovi protocolli *tailor-made*.

BIBLIOGRAFIA

- Anirudh Agarwal and Rinku Mathur, Maxillary Expansion, Int J Clin Pediatr Dent., 2010 Sep-Dec; 3(3): 139–146.
- Mani Alikhani, Biphasic sutural response is key to palatal expansion, Journal of the World Federation of Orthodontists, 2019
- Alpern, Yurosko, Rapid palatal expansion in adults with and without surgery, Angle Orthod, 1987 Jul; 57(3):245-63.
- Andrade Annicele da Silva, Posterior Crossbite and Functional Changes,A Systematic Review, Angle Orthodontist, Vol 79, No 2, 2009
- Andrews LF, Andrews WA. Andrews analysis. In: Syllabus of the Andrews Orthodontic Philosophy. 9th ed. Six Elements Course Manual; 2001.
- Angell E.: Treatment of irregularity of the permanent or adult teeth, The dental cosmos, 1860, pag 540-544.
- Arndt WV: Nickel titanium palatal expander., *J* Clin Orthod. 1993 Mar; 27(3):129-37
- Baccetti T, Franchi L, Ratner Toth L, McNamaraJr: Treatment timing for twin block therapy. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2000; 118:159–170.
- Baccetti T, Franchi, Cameron, McNamara: Treatment timing for rapid maxillary expansion, Angle Orthod. 2001, 71:343-350.
- Baccetti, Franchi L, McNamara Jr: The cervical vertebral maturation method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial ortho- pedics. Seminars in Orthodontics 2005; 11,: 1L9- 29.
- Bayome M, Park JH, Kook YA: New three- dimensional cephalometric analyses among adults with a skeletal class I pattern and normal occlusion. Korean J Orthod 2013;43:62-73.
- Barber AF, Sims MR: Rapid maxillary expansion and external root resorption in man: a scanning electron microscope study. Am J Orthod 1981;79:630–52.

- Bell, R.A.: A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patient's age, Am. J. Orthod. 1982; 81:32-37.
- Bell, R.A., Lecompte, E.J.: The effects of maxillary expansion using a quad-helix appliance during the deciduous and mixed dentitions, Am. J. Orthod, 1981; 79:152-161.
- Betts NJ, 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, Justus R, Graber TM: Proceedings of the Workshop discussions on early treatment held by the College of Diplomates of the American Board of Orthodontics in Quebec City, Canada, on July 13–17, 1997. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1998;113: 5–6.
- Bishara SE, Staley RN, Maxillary expansion: clinical implications., Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1987 Jan; 91(1):3-14.
- Björk, A., and Skieller, V: Growth in width of the maxilla studied by the implant method, Scnd. J. Plast. Reconstr. Surg. 8: 26-33, 1974
- Brin, I., Hirshfeld, Z., Shanfeld, J.L., Davidovitch, Z.: Rapid palatal expansion in cats: Effect of age on sutural cyclic nucleotides, Am. J. Orthod., 1981; 79:162-175.
- Broadway, E.S.: An appliance for the rapid expansion of the maxilla. Trans. E.O.S. 1967; 441-443.
- Brodie, A. G.: The fourth dimension in orthodontia, Angle Orthodontist 24: 15-30, 1954.
- Brudvik, J.S., Nelson. D.R.: Adult palatal expansion prostheses. J. Pros. Dent. 1981; 45:315-320.
- Brunetto, M., Andriani Jda, S., Ribeiro, G. L., Locks, A., Correa, M. and Correa, L. R. Three-dimensional assessment of buccal alveolar bone after rapid and slow maxillary expansion: a clinical trial study, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2013
- Carlson C, Sung J, McComb RW, Machado AW, Moon W: Microimplant- assisted rapid palatal expansion appliance to orthopedically correct transverse maxillary deficiency in an adult. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2016;149(5):716-28.

- Chung CH: Diagnosis of transverse problems. Semin Orthod 2019;25:16-23.
- Cortella S, Shofer FS, Ghafari J: Transverse development of the jaws: norms for the posteroanterior cephalometric analysis. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1997;112:519–522.
- Cotton LA: Slow maxillary expansion: Skeletal vs. dental response to low magnitude force in Macaca mulatta., Am. J. Orthod. 1978; 73:1-23.
- Cozza P., Espansione rapida palatale: terapia del deficit trasversale scheletrico del mascellare superiore, Leone S.P.A., 2010
- Mauro Cozzani, Salima Antonini, Daniela Lupini, Davide Decesari, Fabrizio Anelli, Tiziana Doldo: A New Proposal: A Digital Flow for the Construction of a Haas-Inspired Rapid Maxillary Expander (HIRME), Materials (Basel). 2020 Jul; 13(13): 2898.
- M. A. Darendeliler and C. Lorenzon: Maxillary expander using light, continuous force and autoblocking, Journal of Clinical Orthodontics, vol. 30, no. 4, pp. 212–216, 1996.
- Darendeliler MA, Strahm C, Joho JP: Light maxillary expansion forces with the magnetic expansion device. A preliminary investigation. The European Journal of Orthodontics. 1994 Dec 1;16(6):479-90.
- Ekstrom, C., Henrikson, C.O., Jensen, R.: Mineralization in the midpalatal suture after orthodontic expansion. Am. J. Orthod. 1977; 71:449-455.
- Engel G, Spolter BM: Cephalometric and visual norms for a Japanese population. Am J Orthod. 1981;80(1):48-60.
- Filippo e Franco Francolini: R.E.P. espansore rapido palatino – cenni storici e note costruttive, Bollettino di informazioni ortodontiche Leone, n°38, Gennaio 1990
- Freitas JAS et al. : Rehabilitative treatment of cleft lip and palate: experience of the Hospital for rehabilitation of craniofacial anomalies USP – HRAC – Part 2: Pediatric Dentistry and orthodontics, J Appl Oral Science, Mar-Apr 2012;20(2):268-81.
- Geetanjali Sharma: Orthodontic Management of Cleft Lip and Palate Patients, 2019
- Giannì E., La nuova ortognatodonzia. Padova: Piccin, 1980

- Haas AJ: The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. Angle Orthod. 1965 July;35(3):200-17.
- Haas, A.J.: Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. Angle Orthod. 1961; 31:73-90.
- Hass AJ. Palatal expansion: Just the bigining of the dentofacial orthopedics. Amer J Orthodont 1970;57(3):219-55.
- Howe RP: An examination of dental crowding and its relationship to tooth size and arch dimension, Am J Orthod, 1983 May;83(5):363-73.
- Howe RP, McNamara JA Jr, O'Connor KA: An examination of dental crowding and its relationship to tooth size and arch dimension. Am J Orthod 1983;83:363-73.
- Howard, R.D.: A removable component appliance system for rapid maxillary expansion. Trans. E.O.S. 1969; 485-488.
- Giorgio Iodice, Gianluca Danzi, Roberta Cimino, Sergio Paduano and Ambra Michelotti: Association between posterior crossbite, masticatory muscle pain, and disc displacement: a systematic review, European Journal of Orthodontics 35 (2013) 737–744
- Hicks EP: Slow maxillary expansion: a clinical study of the skeletal versus dental response to low-magnitude force, Am J Orthod 73:121-141, 1978.
- R. J. Isaacson, J. L. Wood, and A. H. Ingram: "Forces produced by rapid maxillary expansion—part 1: design of the force measuring system," Angle Orthodontist, vol. 34, pp. 256–260, 1964.
- R. J. Isaacson and A. H. Ingram: "Forces produced by rapid maxillary expansion—part 2: forces present during treatment," Angle Orthodontist, vol. 34, pp. 261–270, 1964.
- N. R. Krishnaswamy: Expansion in the absence of crossbite – rationale and protocol, APOS Trends in Orthodontics, Volume 9, Issue 3, July-September 2019

- Koo YJ, Choi SH, Keum BT, Yu HS, Hwang CJ, Melsen B, et al. : Maxillomandibular arch width differences at estimated centers of resistance: Comparison between normal occlusion and skeletal class III malocclusion. Korean J Orthod 2017;47:167-75.
- Korkhaus, G.: Present orthodontic thought in Germany: Jaw widening with active appliances in cases of mouth breathing. Am. J. Orthod. 1960; 46:187-206.
- Krebs, A.: Expansion of the midpalatal suture studied by means of metallic implants. Acta. Odont. Scand. 1959; 17:491-501.
- Krebs, A.: Midpalatal suture expansion studied by the implant method over a seven-year period. Trans. E.O.S. 1964; 131-142.
- Claudio Lanteri, Matteo Beretta, Alessandro Gianolio, Claudia Cherchi, Valentina Lanteri: Nuove prospettive dell'espansione mascellare: il Leaf Expander, Doctor OS, novembre-dicembre 2018, pagg. 24-27
- Claudio Lanteri, Matteo Beretta, Valentina Lanteri: L'Espansore Lento Ammortizzato (E.L.A.), bollettino di informazione Leone, Ottobre 2007
- Lee KJ, Choi SH, Choi TH, Shi KK, Keum BT: Maxillary transverse expansion in adults: Rationale, appliance design, and treatment outcomes. Semin Orthod 2018;24:52-65.
- 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 June;137(6):830-9.
- 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;42:21–7. doi: 10.1597/03-107.1.
- Martina R., Cioffi I., Farella M., Leone P., Manzo P., Matarese G., Portelli M., Nucera R., Cordasco G: Transverse changes determined by rapid and slow maxillary expansion – a low-dose CT-based randomized controlled trial Orthod Craniofac Res 2012;15:159–168.

- Major PW, Johnson DE, Hesse KL, Glover KE: Effect of head orientation on posterior anterior cephalometric landmark identification. Angle Orthod 1996;66:51-60.
- Marzban R, Nanda R.: Slow maxillary expansion with nickel titanium, J Clin Orthod. 1999 Aug; 33(8):431-41.
- McNamara JA: Maxillary transverse deficiency. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, May 2000
- McNamara JA Jr: An orthopedic approach to the treatment of Class III malocclusion in young patients., J Clin Orthod. 1987 Sep; 21(9):598-608.
- McNamara J A, Brudon W L: The transverse dimension. Orthodontics and dentofacial orthopedics. 2001. Needham Press, Ann Arbour, pp. 104–108
- Melsen B.: A histological study of the influence of sutural morphology and skeletal maturation on rapid palatal expansion in children. Trans. E.O.S. 1972; 499-507.
- Melsen B.: Palatal growth studied on human autopsy material, American Journal of Orthodontics, July 1975
- Michelon D.: Estudo de grandezas cefalométricas em telerradiografias em norma frontal [tese]. Piracicaba (SP): Universidade Estadual de Campinas; 1999
- Matthew Miner, Salem Al Qabandi, Paul H. Rigali and Leslie A. Will: Cone-beam computed tomography transverse analysis. Part I: Normative data, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics September, 2012, Vol 142, Issue 3.
- Katarina Mossaz-Joelson and Claude F Mossaz: Slow maxillary expansion: a comparison between banded and bonded appliances European Journal of Orthodontics 11 (1989) 67-76
- Nicholls W: Dental anomalies in children with cleft lip and palate in Western Australia. European Journal of Dentistry. 2016;10(2):254

- Morteza Orboubazary, A Hamid Zafarmand, Ali Madami, Atousa Orboubazary: Comparison of Pont's and Korkhaus indices at different populations, Hellenic Orthodontic Review, 2007
- Pavlin, D., Vukicevic, D.: Mechanical reaction of facial skeleton to maxillary expansion determined by laser holography. Am. J. Orthod. 1984; 85:498-507.
- Pereira JS, Jacob HB, Locks A, Brunetto M, Ribeiro: Evaluation of the rapid and slow maxillary expansion using cone-beam computed tomography: a randomized clinical trial. Dental Press J Orthod. 2017 Mar- Apr;22(2):61-8.
- Persson M.: The role of sutures in normal and abnormal craniofacial growth. Acta Odontologica Scandinavica, vol. 53, no. 3, pp. 152–161, 1995.
- Proffit W., *Contemporary Orthodontics*, third edition, Mosby, Inc., 2000
- Rakosi T., Orthodontic Diagnosis (Color Atlas of Dental Medicine), Thieme, 1993
- Ricketts RM: Perspectives in the clinical application of cephalometrics. Angle Orthod 1981;51:115-50
- Rinderer L: The effects of expansion on the palatal suture. Transactions of the European Orthodontic Society pp. 365-377 , 1966
- D. L. Romanyk, M. O. Lagravere, R. W. Toogood, P. W. Major and J. P. Carey: Review of Maxillary Expansion Appliance Activation Methods: Engineering and Clinical Perspectives, SAGE-Hindawi Access to Research Journal of Dental Biomechanics, Volume 2010, Article ID 496906, 7 pages
- Sandikçioğlu M, Hazar S: Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition, Am J Orthod Dentofacial Orthop., 1997.
- Sarver DM, Johnston MW: Skeletal changes in vertical and anterior displacement of the maxilla with bonded rapid palatal expansion appliances, Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1989 Jun; 95(6):462-6.

- Sato K: Estudo cefalométrico radiográfico de padrões crânio-faciais, em normas lateral e frontal, em adolescentes brasileiros, leucodermas, com oclusão dentária normal [tese]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 1982.
- Shah et al.: Palatal Expansion and its Effects in Orthodontics, Adv. J. Grad. Res.; Vol. 2 Issue 1, pp: 31-36, July 2017
- Sharath Kumar Shetty: Expand the constricted - review article, International Journal of Dental Research, 5 (x) (2017) 103-107
- Silva JJ, Oliveira MG.: Estudo cefalométrico computadorizado, em norma frontal, de dimensões lineares e angulares em indivíduos da raça negra. Rev Fac Odontol Porto Alegre. 1997;38(1):7-11.
- Silverstein K, Quinn PD: Surgically-assisted rapid palatal expansion for management of transverse maxillary deficiency. J Oral Maxillofac Surg. 1997 July;55(7):725-7.
- Siqueira DF, Cardoso MA, Capelozza Filho L, Goldenberg DC, Fernandes MS: Periodontal and dental effects of surgically assisted rapid maxillary expansion, assessed by using digital study models. Dental Press J Orthod. 2015 May-June;20(3):58-63.
- Sivaraji A. 1st ed. Jaypee Brothers Medical Publishers. 2013; p. 258–9.
- John Spolyar: The design, fabrication, and use of a full-coverage bonded rapid maxillary expansion appliance. AJO-DO, volume 86, issue 2, p 136-145, august 01, 1984
- Storey E.: "Tissue response to the movement of bones," American Journal of Orthodontics, vol. 64, no. 3, pp. 229–247, 1973.
- Ten Cate, A.R., Freeman, E., Dickinson, J.B.: Sutural development: Structure and its response to rapid expansion. Am. J. Orthod. 1977; 71:622-636.
- Timms, D.J.: Rapid Maxillary Expansion. Chicago, IL: Quintessence Publishing Co., Inc., 1981.
- Timms D.J.:The dawn of rapid maxillary expansion. Angle Orthod., 1999
- Timms, D.J.: What are you doing after the R.M.E.?. Intern. J. Orthod. 1978; 6:9-12.

- Tindlund RS et al.: Maxillary protraction: different effects on facial morphology in unilateral and bilateral cleft lip and palate patients., Cleft Palate Craniofacial Journal, 1993.
- Alexander D. Vardimon, Thomas M. Graber, Lawrence R. Voss, John Lenke: Determinants controlling iatrogenic external root resorption and repair during and after palatal expansion, *Angle Orthod* (1991) 61 (2): 113–122.
- Vargervik K, Oberoi S, Hoffman WY: Team care for the patient with cleft: UCSF protocols and outcomes. J Craniofac Surg 2009;20 Suppl 2:1668-71.
- Vanarsdall RL Jr.: Transverse dimension and long-term stability. Semin Orthod 1999;5:171-80.
- Wagner D, Chung C-H: Transverse growth of the maxilla and mandible in untreated females with low, average, and high MP-SN angles: a longitudinal study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2005;128:716–723.
- Walter CD: Secondary nasal revisions after rhinoplasties. Trans Sect Otolaryngol Am Acad Ophthalmol Otolaryngol 1975;80:519e26.
- Wertz, R.A.: Changes in nasal airflow incident to rapid maxillary expansion. Angle Orthod. 1968; 38:1-11.
- Wertz R., Dreskin M., : Midpalatal suture opening: a normative study. Amer J Orthodont 1977;71:367-381.
- Wertz, R.A.: Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening, American Journal of Orthodontics, Volume 58, Issue 1, July 1970, Pages 41-66
- A. Wichelhaus, M. Geserick, and J. Ball: A new nickel titanium rapid maxillary expansion screw. Journal of Clinical Orthodontics, vol. 38, no. 12, pp. 677–680, 2004.
- Yethadka M., : Expand the constricted-review article, International Journal of Dental Research · June 2017
- Zimring, J.F., Isaacson, R.J.: Forces produced by rapid maxillary expansion: III. Forces present during retention. Angle Orthod. 1965; 35:178-186.