

**INDAGINE CEFALOMETRICA SULLA MALOCCLUSIONE DI II
CLASSE:**

**ANALISI DELLE CARATTERISTICHE DENTO-SCHELETRICHE DI
PAZIENTI NON TRATTATI IN ETA' EVOLUTIVA**

1. Introduzione.....	pag. 3
2. Inquadramento delle Malocclusioni.....	pag. 5
2.1. Classificazione secondo Angle.....	pag. 7
2.2. Classificazione anatomo-topografica delle malocclusioni secondo la Scuola di Firenze.....	pag. 11
3. Malocclusione di II Classe	
3.1. Caratteristiche e Diagnosi.....	pag. 13
3.2. Eziologia.....	pag. 18
4. Componenti della Malocclusione di II Classe.....	pag. 22
4.1. Deficit Trasversale Mascellare.....	pag. 23
4.2. Retrusione Mandibolare.....	pag. 28
5. Crescita Cranio-Facciale.....	pag. 33

6. Modalità Generali di Accrescimento Mandibolare.....	pag. 41
6.1. Teorie sulla Crescita Mandibolare.....	pag. 44
6.2. Rotazione mandibolare secondo Bjork.....	pag. 48
7. Indicatori Biologici di Maturità Scheletrica Mandibolare (metodo CVM + Rx falange media del dito medio della mano)	pag. 59
8. Caratteristiche Anatomico-Morfologiche Ideali.....	pag. 69
9. Crescita delle Malocclusioni di II Classe NON trattate (Analisi della Letteratura)	pag. 71
10. Introduzione allo Studio.....	pag. 78
11. Materiali e Metodi.....	pag. 79
11.1. Analisi Cefalometrica.....	pag. 81
11.2. Analisi Statistica.....	pag. 83
12. Risultati.....	pag. 89
13. Discussione.....	pag. 121
14. Conclusioni.....	pag. 127
15. Bibliografia.....	pag. 128

INTRODUZIONE

Le malocclusioni rappresentano entità cliniche complesse in cui sono presenti più elementi di squilibrio distribuiti su più settori anatomo-topografici. Quasi sempre si manifestano in forma semplice nelle fasi precoci di evoluzione del sistema stomatognatico per modificarsi successivamente in forme progressivamente più complesse, con un andamento tipicamente evolutivo.

Alcuni fattori di rischio possono agire localmente e dare origine alla malocclusione iniziale in forma semplice, malocclusione che si stabilizza progressivamente sovvertendo il normale andamento di crescita e creando meccanismi di compenso ovvero di forme di “adattamento” delle strutture contigue alla sede dello squilibrio. La terapia ortodontica intercettiva ha lo scopo di eliminare i fattori che sostengono o aggravano una malocclusione primaria e va intesa, quindi, come una modalità di prevenzione secondaria.

Un corretto intervento terapeutico è quindi possibile solo se si conoscono in maniera approfondita i meccanismi biologici dell’insorgenza e dell’aggravamento delle malocclusioni.

Pertanto per approfondire la conoscenza dei meccanismi di aggravamento delle singole malocclusioni è importante poter disporre di studi effettuati su gruppi di pazienti, selezionati in maniera più rigorosa possibile, affetti dallo stesso tipo di malocclusione e analizzati nelle diverse fasi evolutive di crescita.

Tale necessità si scontra il più delle volte con la difficoltà di poter disporre di quantità adeguate di pazienti non trattati affetti da malocclusione e in misura maggiore di soggetti con occlusione normale da reclutare come gruppo controllo di confronto.

L'interesse che storicamente viene riservato ai pazienti in età evolutiva presso l'Ortodonzia dell'Università di Firenze e la meticolosa raccolta dei dati eseguita per lunghi periodi di tempo hanno permesso di avere a disposizione una documentazione di quantità e qualità tali da rendere possibile la realizzazione di questo genere di studi retrospettivi.

INQUADRAMENTO DELLE MALOCCLUSIONI

L'“occlusione” è una relazione interdentale abituale di massima intercuspidação: si realizza cioè più frequentemente di altre posizioni di contatto dentale interarcata (tipicamente avviene all'inizio della deglutizione) ed è caratterizzata dal massimo contatto tra le superfici di lavoro dei denti dell'arcata superiore ed inferiore.

Per essere considerata normale l'occlusione deve possedere determinati requisiti (in dentatura permanente):

- Gli elementi dentali devono essere allineati nell'ambito delle rispettive arcate con buoni rapporti di reciproca contiguità.
- Tutti i denti dell'arcata inferiore devono essere mesializzati di mezza cuspidè rispetto ai denti dell'arcata superiore, il cosiddetto rapporto intermolare.
- Ogni dente deve occludere con due denti dell'arcata antagonista: questo modello naturale è definito anche “dente a due denti”. Ci sono due eccezioni a questa regola: gli incisivi centrali inferiori ed i terzi molari superiori che si articolano con un solo dente, rispettivamente gli incisivi centrali superiori ed i terzi molari inferiori.
- Linee interincisive coincidenti tra loro.
- Overbite: la distanza sul piano verticale tra il margine libero degli incisivi superiori ed il margine libero degli incisivi inferiori deve essere tale da permettere agli incisivi superiori di coprire gli inferiori per circa un terzo della corona di quest'ultimi. L'entità della sovrapposizione ha un valore normale di circa 2mm.
- Overjet: la distanza sul piano sagittale tra il margine libero degli incisivi superiori e la superficie vestibolare degli incisivi inferiori. Anche in questo caso il valore normale è circa 2mm

- Combaciamento Trasversale: l'arcata inferiore è inscritta nell'arcata superiore in modo tale che tutti i denti del mascellare superiore sopravanzino vestibolarmente i denti dell'osso mandibolare, un rapporto del tipo "scatola-coperchio".
- Le ossa mascellari e mandibolari devono possedere un corretto e reciproco equilibrio posizionale e dimensionale.

Le arcate dentarie, le strutture ossee, la muscolatura della faccia dovrebbero essere tra di loro in un rapporto armonico per poter compiere le funzioni fonetiche, masticatorie ed estetiche. Quando questo rapporto tra le strutture della faccia non è armonico ci troviamo di fronte ad una malocclusione che allo stesso tempo può essere causa di disarmonia morfologica o funzionale.

Le malocclusioni possono realizzarsi nelle tre direzioni dello spazio (verticale, sagittale e trasversale) e nell'ambito di tipi facciali diversi possono esistere delle malocclusioni dentali anche non coerenti con la morfologia scheletrica.

INQUADRAMENTO DELLE MALOCCLUSIONI

Classificazione Secondo Angle

Il primo schema classificativo delle malocclusioni fu proposto da Edward Angle: questo sistema si basa sulle relazioni antero-posteriori dei mascellari. Angle, originariamente, fondò la sua classificazione sulla teoria secondo cui il primo molare superiore permanente si trova sempre in posizione corretta. La successiva ricerca cefalometrica però non ha convalidato la sua ipotesi. La classificazione di Angle presenta altri limiti, come quello di concentrare l'attenzione sui rapporti di tipo dentali e non scheletrici, perciò le alterazioni funzionali dei muscoli ed i problemi dovuti alla crescita delle basi ossee sono stati spesso trascurati; ed ancora il fatto che non tenga conto delle discrepanze sul piano verticale e sul piano frontale, trascurando relazioni come overbite ed overjet o problematiche come la contrazione delle arcate.

La classificazione di Angle (*Angle, 1907*) inquadra le malocclusioni in tre classi:

- I Classe (neutrocclusione) (Fig. 1):

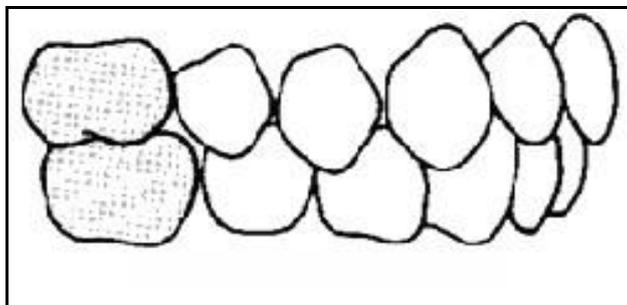


Figura 1: rappresentazione schematica rapporto di I Classe (Angle, 1907).

La Cuspide mesiovestibolare del 1° molare permanente superiore occlude nel solco vestibolare del 1° molare permanente inferiore, mentre la cuspide del canino superiore è situata tra il canino ed il 1° premolare inferiore. Corrisponde alla norma nei rapporti fra il mascellare superiore e la mandibola. L'arcata superiore è in posizione corretta rispetto a quella inferiore.

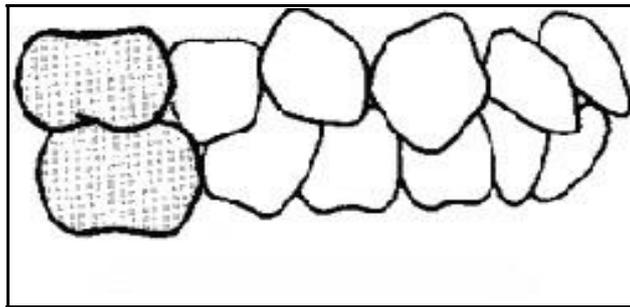


Figura 2: rappresentazione schematica rapporto di I Classe (Angle, 1907).

L'eventuale malocclusione in questa classe è caratterizzata da anomalie dentali quali: protrusione, affollamento, rotazioni, etc. (Fig. 2)

- Il Classe (distocclusione) (Fig. 3):

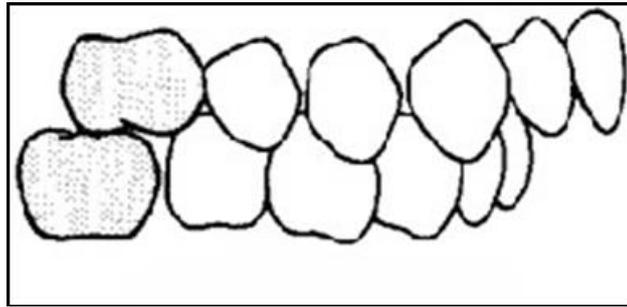


Figura 3: rappresentazione schematica rapporto di II Classe (Angle, 1907).

Il rapporto intermolare di II Classe è caratterizzato dal solco mesiovestibolare del 1° molare permanente inferiore collocato distalmente rispetto alla cuspidè mesiovestibolare del 1° molare permanente superiore. Vi è quindi una relazione distale della mandibolare rispetto al mascellare superiore oppure è il mascellare superiore ad essere mesializzato rispetto alla mandibola: da una relazione molare simile possono perciò derivare morfologie craniofacciale differenti.

La II Classe comprende due sottoclassi definite come segue:

- Il Classe I Divisione:

Distocclusione in cui gli incisivi superiori sono inclinati vestibolarmente, con un conseguente aumento dell'overjet ed un caratteristico profilo retrognatico. Spesso il morso è profondo, il muscolo mentale è tipicamente ipertonico dovendosi contrarre con molta forza per sollevare l'orbicolare delle labbra e creare il sigillo anteriore.

- Il Classe II Divisione:

Distocclusione in cui gli incisivi centrali superiori sono inclinati normalmente o anche in direzione palatina mentre gli incisivi laterali superiori sono inclinati vestibolarmente e mesialmente. Spesso è presente un morso profondo. La funzione labiale ed il profilo scheletrico non sono così anomali come nella I Divisione.

- III Classe (mesiocclusione) (Fig. 4):

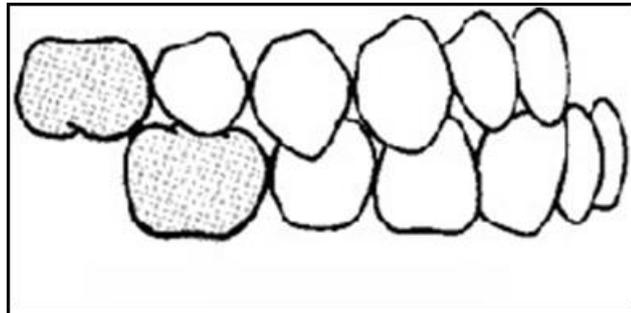


Figura 4: rappresentazione schematica rapporto di III Classe (Angle, 1907).

Malocclusioni caratterizzate da un rapporto intermolare di III Classe, dove cioè il solco mesiovestibolare del 1° molare permanente inferiore si trova mesializzato rispetto alla cuspidè mesiovestibolare del 1° molare permanente superiore. Possono esserci quindi una protrusione mandibolare o una retrusione mascellare che conferiscono l'aspetto tipico del prognatismo. Gli incisivi presentano un'inversione di combaciamento.

INQUADRAMENTO DELLE MALOCCLUSIONI

Classificazione Anatomo-Topografica Delle Malocclusioni Secondo La Scuola Di Firenze

Un sistema che permette un completo inquadramento delle malocclusioni è quello in uso presso la Scuola di Ortognatodonzia di Firenze: la classificazione anatomo-topografica tridimensionale (*Tollaro, 2004*) (Fig. 5).

Questa classificazione permette di catalogare anomalie eterogenee sulla base di criteri classificativi via via più specifici, fino ad ottenere raggruppamenti omogenei.

Il primo criterio classificativo è la sede anatomo-topografica dello squilibrio:

- Livello Basale (scheletrico)
- Livello Dento-Alveolare
- Livello Dentale

I successivi criteri classificativi comprendono le tre direzioni dello spazio (sagittale, trasversale e verticale, il rapporto intermolare (I, II e III Classe), il rapporto interincisivo (overjet e overbite) e la concordanza trasversale dei settori latero-posteriori.

MALOCCLUSIONI

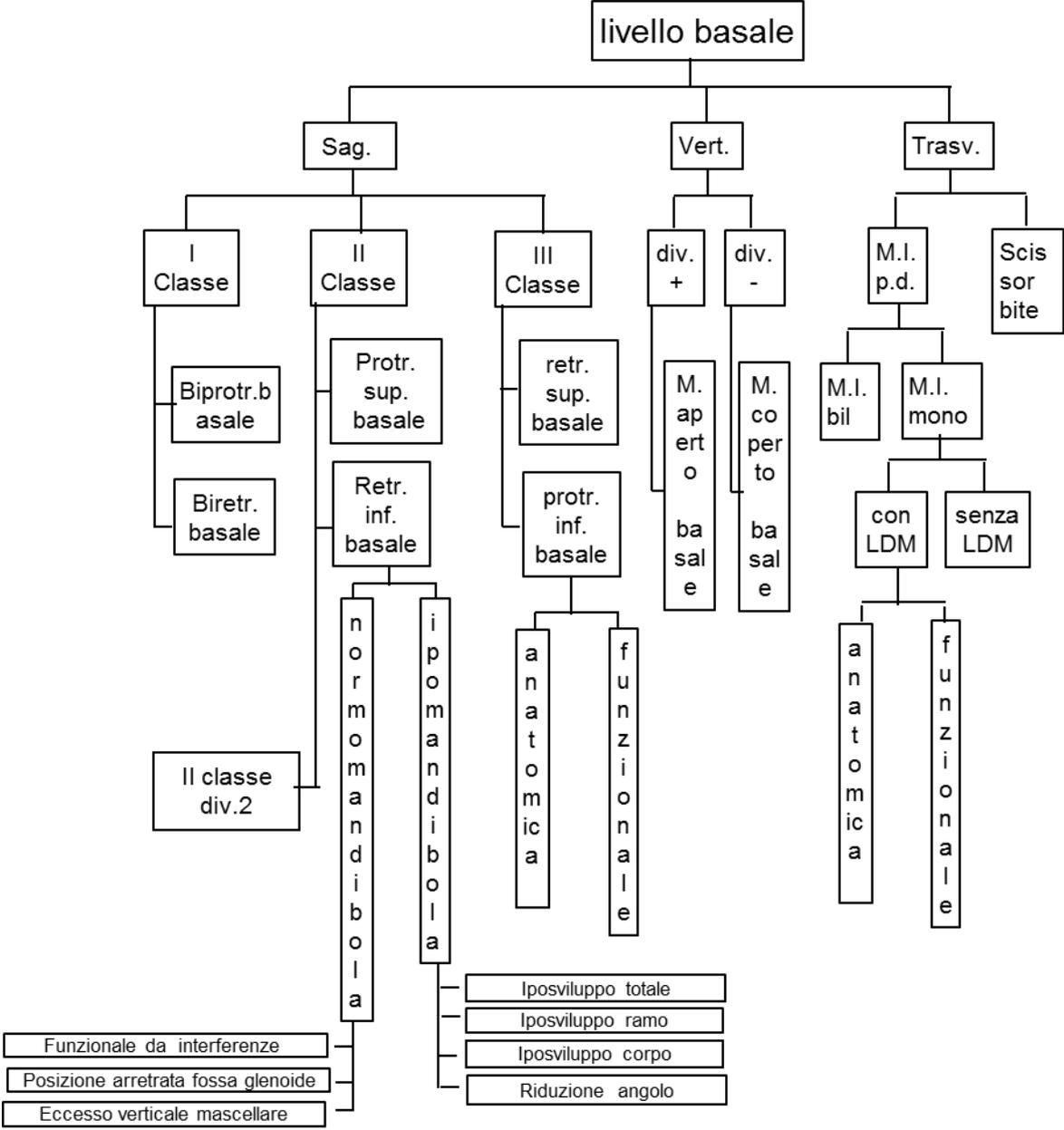


Figura 5: Schema classificazione malocclusioni (Tollaro,2004).

LA MALOCCLUSIONE DI II CLASSE SCHELETRICA

Diagnosi e Caratteristiche

La classificazione della Scuola di Firenze permette un chiaro inquadramento della II Classe. Secondo tale classificazione queste malocclusioni sono anomalie del livello scheletrico sul piano sagittale, del rapporto tra i due mascellari. Questo rapporto alterato è causa di un aumento della distanza antero-posteriore tra mascellare superiore e mandibola.

A livello basale questa distanza viene espressa dall'angolo cefalometrico ANB, ricavato dalla differenza degli angoli SNA e SNB che indicano rispettivamente la posizione sul piano sagittale del mascellare superiore e della mandibola rispetto alla base cranica anteriore, $SNA - SNB = ANB$.

Di seguito sono riportate le definizioni dei punti cefalometrici che delimitano gli angoli in questione (*Downs, 1952*) (Fig. 6):

- ✕ N: Nasion. Il punto più anteriore della sutura frontonasale
- ✕ S: Sella. Il punto centrale della fossa ipofisario o meglio il punto in cui la parete anteriore della sella si riflette per continuare nel processo clinoido anteriore
- ✕ A: punto A di Downs, sottospinale. Punto più posteriore del mascellare superiore.
- ✕ B: punto B di Downs, sopramentale. Punto più posteriore del contorno esterno del processo alveolare mandibolare.

Secondo Ballard, viene classificata come II Classe, una malocclusione che presenta una misura dell'angolo cefalometrico ANB superiore a 4° (tra 2° e 4° è considerata una I Classe, inferiore a 2° è considerata una III Classe).

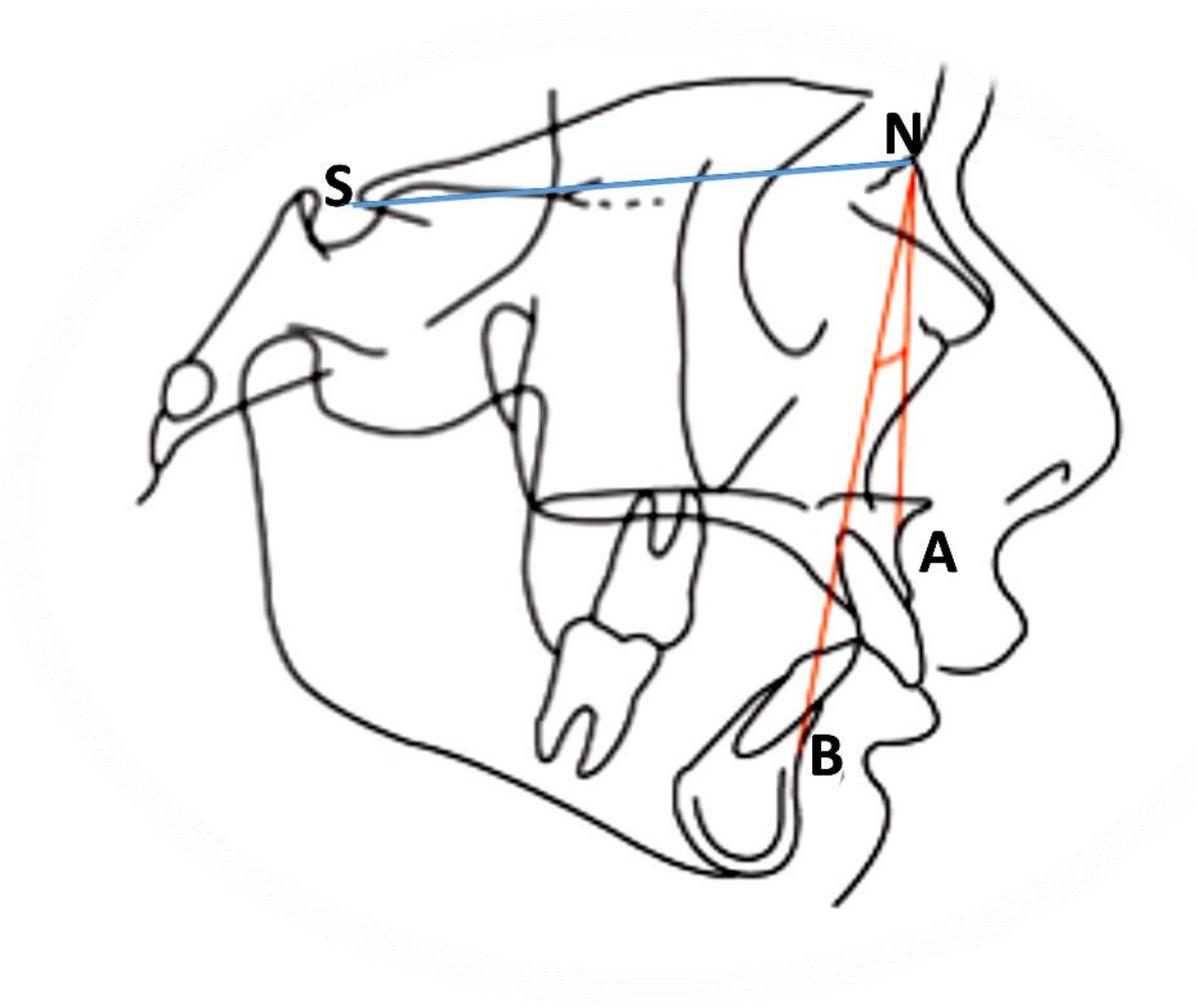


Figura 6: Esempio di tracciato cefalometrico dove sono presenti i punti S (Sella), N (Nasion), A, B, il segmento SN e l'angolo di interesse ANB.

Secondo la Classificazione della Scuola di Firenze quindi le malocclusioni di II Classe sono anomalie del livello basale sul piano sagittale che possono essere caratterizzate da:

- *Protrusione superiore basale*
- *Retrusione inferiore basale*
 - Con dimensioni mandibolari normali
 - Retrusione funzionale da interferenze occlusali
 - Retrusione mandibolare anatomica da posizione arretrata della fossa glenoide
 - Retrusione mandibolare anatomica da eccesso verticale del mascellare superiore
 - Con dimensioni mandibolari ridotte
 - Iposviluppo totale
 - Iposviluppo ramo
 - Iposviluppo corpo
 - Ridotta ampiezza angolo mandibolare
- *II Classe divisione 2*

Come evidenziato dalla classificazione e sostenuto da attente analisi cefalometriche, le cause delle anomalie sagittali del livello basale con rapporto di II Classe non sono infatti da attribuire solamente ad una retrusione mandibolare, ma anche a una protrusione del mascellare superiore.

La *protrusione superiore basale* è identificabile con un rapporto intermolare di II Classe, un aumento dell'overjet, un'inclinazione degli incisivi normale, un aumento

degli angoli SNA e SNB. Dato diagnostico ben visibile è la netta protrusione del labbro superiore in tutta la sua estensione.

La *retrusione inferiore basale* può avere cause anatomiche o funzionali.

La *retrusione inferiore basale anatomica* è caratterizzata da un rapporto intermolare di II Classe, un aumento dell'overjet, incisivi inferiori inclinati vestibolarmente come tentativo di compenso per ridurre l'overjet, una retrusione del labbro inferiore e del mento.

La mandibola è solitamente di dimensioni ridotte rispetto alla norma.

Nella *retrusione inferiore basale funzionale* abbiamo un rapporto intermolare di II Classe, un aumento dell'overjet, incisivi inferiori inclinati lingualmente ed estrusi, una retrusione del labbro inferiore e del mento. La mandibola ha una conformazione e un volume normali: in particolare risultano nella norma la lunghezza mandibolare (Co-Gn), la lunghezza del corpo mandibolare (Go-Me), la lunghezza del ramo (Ar-Go) e dell'angolo goniale (Ar-Go-Me).

L'analisi cefalometrica evidenzia l'angolo SNB diminuito, mentre l'angolo ANB risulta aumentato.

La forma funzionale di II Classe associata a dimensioni mandibolari normali può essere associata alla presenza di interferenze occlusali che obbligano la mandibola in una posizione retrusa.

Le interferenze occlusali possono essere dentali, dento-alveolari, basali e muscolari:

- interferenze dentali:
 - Inclinazione o gressione palatina degli incisivi centrali e/o laterali superiori;
 - Anomalie della superficie palatina degli incisivi superiori (cingolo accentuato).
- Interferenze dento-alveolari:
 - Aumento dell'overbite per estrusione degli incisivi superiori e inferiori;
 - Ridotta altezza dento-alveolare nei settori posteriori;
 - Inclinazione vestibolare degli incisivi inferiori (tentativo di compenso);
 - Inclinazione palatina dei denti latero-posteriori;
 - Minus trasversale superiore con discrepanza trasversale.
- Interferenze muscolari:
 - Interposizione del labbro inferiore nell'overjet, determinato in prima istanza da problematiche dento-alveolari degli incisivi superiori e/o inferiori;
 - Ipertono del labbro inferiore.
- Interferenze basali:
 - Riduzione trasversale del mascellare superiore.

LA MALOCCLUSIONE DI II CLASSE SCHELETRICA

Eziologia

L'eziologia dello squilibrio di II Classe, come quella delle altre malocclusioni, è legata alla combinazione ed all'interferenza di più fattori, i quali possono dare risultati clinici diversi secondo la loro durata e livello di azione (dentale, dento-alveolare o scheletrico), la biotipologia facciale e l'età del soggetto nel loro periodo di azioni.

Si possono considerare come possibili cause di II Classe agenti eziologici di ordine ereditario, traumatico, disfunzionale, accanto a fattori strettamente locali in grado di provocare una mesializzazione dei primi molari superiori.

Per quanto riguarda la prima categoria, è noto come ogni segmento osseo possieda un potenziale di crescita individuale geneticamente predeterminato. Una maggiore tendenza all'espansione in senso sagittale del mascellare superiore, o una minor esuberanza di crescita della mandibola, possono porre le basi per lo sviluppo di una II Classe.

I fattori eziologici di tipo traumatico possono condurre verso una II Classe scheletrica, agendo prevalentemente a livello mandibolare: difetti di posizione del feto o traumi al momento del parto possono ostacolare in misura maggiore o minore l'accrescimento della mandibola, determinandone un'ipoplasia, in genere conseguente ad un'anchilosi successiva al trauma.

Come già accennato, anche vari tipi di disturbi funzionali possono influire sulla genesi di una II Classe. A questo proposito occorre sottolineare l'importanza di una corretta funzione muscolare per un armonico accrescimento delle arcate dento-alveolari e, di conseguenza, delle basi ossee. Uno dei disturbi funzionali collegabili

allo squilibrio di II Classe è la deglutizione atipica anteriore, o semplice, cioè l'attitudine, frequente nella prima infanzia, a deglutire interponendo la lingua tra le arcate a livello incisivo. In genere, il mantenimento di tale abitudine, pur di durata individualmente variabile, non supera i sei anni di età; in alcuni casi, tuttavia, si può estendere anche a fasi successive.

Tra le ipotetiche cause del permanere di questo disturbo si annoverano l'allattamento artificiale, l'incoordinazione muscolare dovuta a immaturità dei centri nervosi deputati alla deglutizione, un'occlusione destabilizzata da contatti prematuri. Esistono alterazioni morfologiche predisponenti all'instaurarsi di questa disfunzione, quali l'assenza di combaciamento interincisivo, dovuta ad esempio a succhiamento pregresso, o la presenza di lacune del settore anteriore, successive a perdita di tessuti dentali per carie o trauma. Nel soggetto con deglutizione atipica, la lingua agisce sugli incisivi, promuovendone la vestibolarizzazione sia a livello superiore che inferiore, oppure causando proclinazione dei superiori e lingualizzazione degli inferiori, con conseguente aumento dell'overjet (*Faria et al., 2002*).

In generale, i possibili risultati dell'azione della lingua sono legati alla posizione che questa assume nelle varie tipologie scheletriche: nei soggetti con crescita mandibolare prevalentemente orientata in basso ed in avanti, la spinta linguale dà più facilmente luogo a biprotrusione; in quelli con crescita in basso ed indietro, invece, si riscontra più frequentemente protrusione superiore e retrusione inferiore (*Bondi, 1985*).

Altro disturbo funzionale, correlabile allo sviluppo della II Classe, è la respirazione orale, situazione dovuta a malattie della rinofaringe quali deviazione del setto nasale, ipertrofia dei turbinati, flogosi e congestione cronica delle mucose della rinofaringe, a genesi infettiva o allergica (*Bondi, 1985*).

La sindrome malocclusale tipica comprende la contrazione del diametro trasversale dell'arcata superiore (questa è considerata caratteristica ed ipotetica concausa di II Classe scheletrica, in quanto costituisce un'interferenza in grado di indurre retrusione basale inferiore), vestiboloversione dei denti frontali superiori, affollamento anteriore bimascellare, ipertrofia del labbro inferiore, ipotonia ed incompetenza funzionale del superiore. L'alterata funzionalità muscolare si estende anche a livello del palato molle, che si presenta sollevato nella creazione di un suggello nasale con la parte posteriore della rinofaringe; la mandibola si abbassa (da qui la tendenza ad un aumento di sviluppo facciale verticale) per consentire un maggior passaggio d'aria, la lingua si spinge avanti e frequentemente si instaura una deglutizione atipica complessa.

Anche le abitudini alimentari delle prime fasi di vita hanno grande influenza sull'accrescimento.

Tra i fattori disfunzionali che possono avere un ruolo nella genesi di una II Classe, si contano anche le abitudini viziate, tra le quali spicca il succhiamento di dito, succhiotto o biberon. Questo conduce verso una protrusione dento-alveolare anteriore superiore, associata quasi sempre ad una retrusione dento-alveolare inferiore, accompagnate da morso aperto e contrazione del diametro trasversale del mascellare superiore. Ciò può determinare l'instaurarsi di una II Classe dentale o scheletrica (alcuni studi, in particolare, riportano una correlazione diretta tra vizi di succhiamento e protrusione mascellare (*Antonini et al., 2005*); inoltre tale vizio è considerato un'interferenza di II Classe in grado di portare a retrusione mandibolare); in ogni caso si ha tendenza ad un aumento dell'overjet. Il tipo e l'entità della malocclusione dipendono dalla durata, dalla frequenza e dall'intensità del vizio, ma anche dalle caratteristiche del soggetto (età e substrato ereditario) e dal livello d'azione delle forze coinvolte. In casi estremi, la pressione esercitata, ad esempio, da un succhiotto, può deformare la volta palatina, con eventuali

ripercussioni sul pavimento delle fosse nasali, da cui possono conseguire difficoltà alla respirazione nasale.

In alcuni casi si può avere l'instaurarsi di una II Classe molare, mono o bilaterale, in seguito alla mesializzazione di uno o entrambi i molari superiori. Questo può avvenire a causa di carie dei secondi molaretti, che ne determini la distruzione o l'avulsione, di ricolisi prematura atipica evolutiva o di reinclusione, sempre a carico dei secondi molaretti, o di agenesia dei secondi premolari.

Questi fattori determinano una mesioversione o una mesiogressione dei primi molari permanenti, con conseguenze sul rapporto molare e sulla perdita di spazio in arcata a disposizione della dentatura permanente.

I risultati sono variabili, ad esempio a seconda della presenza di una disarmonia dento mascellare macrodontica, che può favorire sia la causa (la ricolisi prematura atipica del secondo molaretto), sia l'effetto (la perdita di spazio per l'eruzione del secondo premolare, con conseguente mesializzazione del primo molare). Importante si rivela anche l'influenza di un'intercuspidazione marcata: una maggiore altezza delle cuspidi dei primi molari può limitare il movimento mesiale di tali denti. Infine, nella determinazione della perdita di spazio, entrano in gioco anche l'età del paziente al momento in cui si realizza la lacuna e la sua biotipologia facciale: la mesializzazione è notevole e rapida nei soggetti con iperdivergenza, mentre in genere è scarsa e lenta negli individui ipodivergenti.

COMPONENTI MALOCCLUSIONE DI II CLASSE SCHELETRICA

La II Classe è una malocclusione complessa e composita, cioè risultante dalla combinazione di più componenti che, dal punto di vista diagnostico e terapeutico, devono essere distinte e analizzate in maniera precisa.

Le due componenti in assoluto più frequenti sono rappresentate dal deficit trasversale mascellare e dalla retrusione inferiore basale, presenti nel 65- 70% dei casi.

In altre parole, in una elevata percentuale di casi di malocclusione dento-scheletrica di II Classe, si riscontra un mascellare superiore contratto trasversalmente che è spesso in relazione corretta con la base cranica ma associato ad una mandibola caratterizzata da deficit scheletrico. (*McNamara, 1981*)

La componente sagittale e la componente trasversale possono avere una diversa gravità nell'ambito della disarmonia scheletrica e richiedono strategie di trattamento differenziate perché hanno due timing diversi di intervento.

COMPONENTI MALOCCLUSIONE DI II CLASSE SCHELETRICA

Deficit Trasversale Mascellare

La valutazione delle dimensioni trasversali delle arcate dentali è un fattore di indubbia importanza nella fase diagnostica dei casi ortodontici. In particolare in casi con occlusione ideale deve esistere una “concordanza trasversale” tra le distanze delle arcate nei punti in cui deve verificarsi un contatto occlusale ideale.

Qualora tale armonia di valori non sussista, come spesso avviene in numerose malocclusioni, si verificherà una “discrepanza trasversale”.

Bisogna distinguere una discrepanza trasversale posteriore ed una discrepanza trasversale anteriore.

Volendo definire e misurare la discrepanza trasversale posteriore (*Tollaro et al., 1996*) si devono fare delle differenze tra dentatura decidua e dentatura permanente.

Dentatura Decidua:

- Distanza intermolare mascellare decidua: distanza fra le fosse centrali dei primi molari superiori decidui destro e sinistro.
- Distanza intermolare mandibolare decidua: distanza fra le cuspidi disto-vestibolari dei primi molari inferiori decidui destro e sinistro.
- Discrepanza Trasversale (DT): differenza fra la distanza intermolare mascellare e mandibolare decidua (Fig. 7).

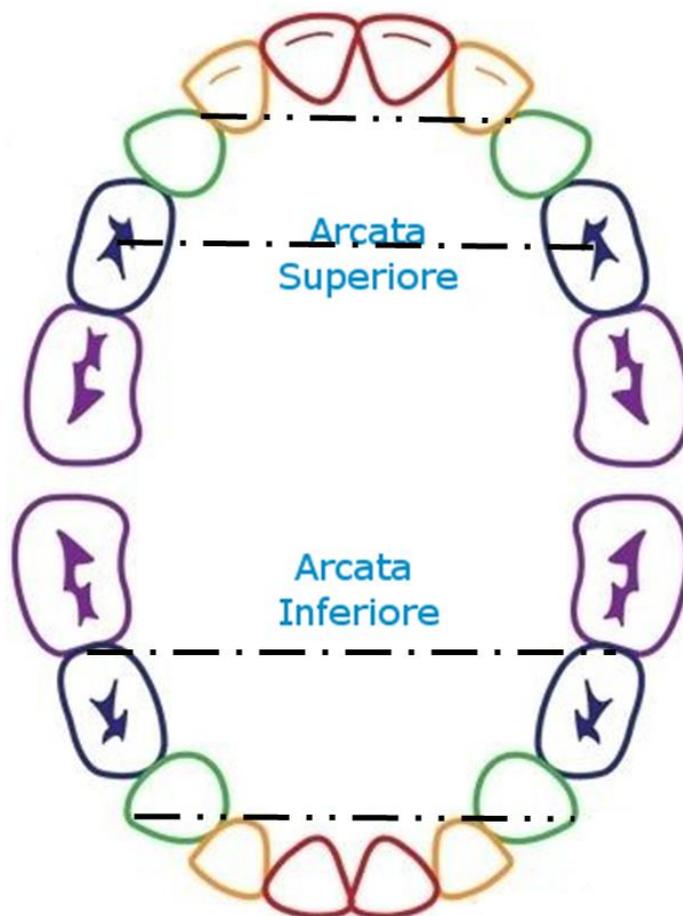


Figura 7: Dentatura Decidua.

Dentatura Mista e Permanente:

- Distanza intermolare mascellare: distanza fra le fosse centrali dei primi molari superiori destro e sinistro.
- Distanza intermolare mandibolare: distanza fra le cuspidi centro-vestibolari o disto-vestibolari dei primi molari inferiori destro e sinistro, a seconda che i primi molari inferiori presentino rispettivamente tre o due cuspidi vestibolari.
- Discrepanza Trasversale posteriore interarcata (DT): differenza fra la distanza mascellare e mandibolare.

Nei soggetti con occlusione normale (I Classe molare), la cuspidi disto-buccale del primo molare inferiore occlude con la fossa centrale del primo molare superiore. In presenza di occlusione normale, perciò, le distanze intermolari mascellare e mandibolare, sono uguali e la discrepanza trasversale è uguale a zero, in questo caso si parla di Rapporto di Congruenza Trasversale.

Se la discrepanza trasversale presenta segno negativo l'ampiezza intermolare mascellare è inferiore rispetto all'ampiezza intermolare mandibolare o la distanza intermolare inferiore è maggiore di quella superiore.

Viceversa, una discrepanza trasversale positiva indica un'ampiezza intermolare mascellare maggiore rispetto all'ampiezza intermolare mandibolare o una distanza intermolare inferiore ridotta rispetto a quella superiore.

Nell'ambito della discrepanza trasversale anteriore (*Defraia et al., 2006*) bisognerà misurare:

- Distanza intercanina mascellare: distanza fra i margini mesiali dei canini superiori destro e sinistro.
- Distanza intercanina mandibolare: distanza fra le cuspidi dei canini inferiori destro e sinistro. (se le cuspidi sono abrase si considera il centro dell'area abrasa)
- Discrepanza trasversale anteriore interarcata: differenza fra la distanza intercanina mascellare e quella mandibolare (Fig. 8).

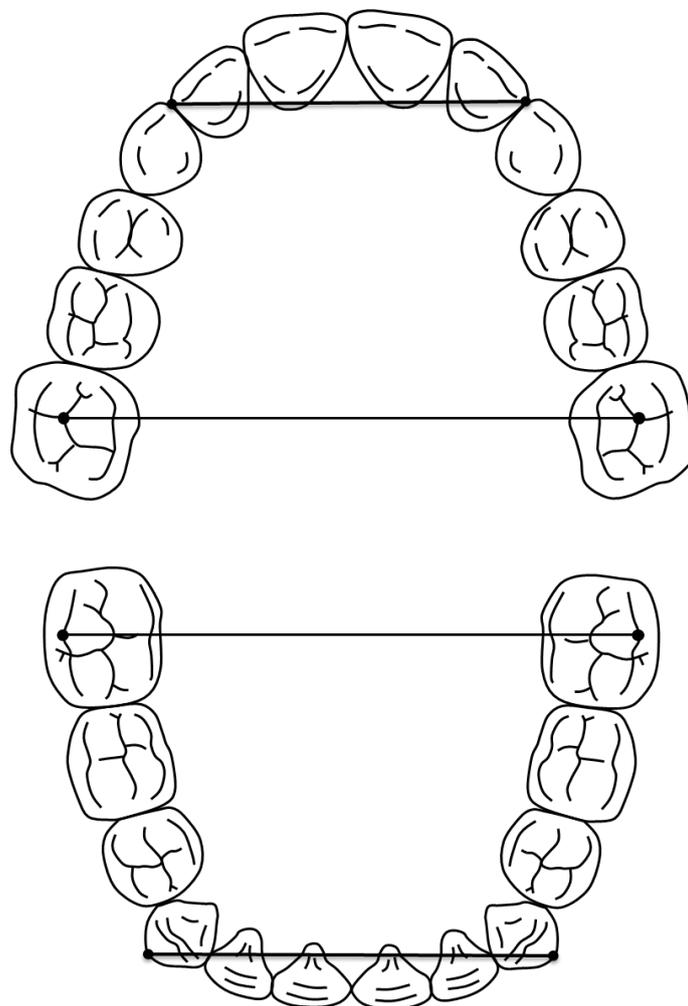


Figura 8: Dentatura Mista e Permanente.

I soggetti con malocclusione di II Classe presentano una discrepanza trasversale negativa in media di - 3.5mm e necessitano di trattamento mediante espansione del mascellare superiore.

Il deficit non è soltanto a livello dentale ma anche a livello scheletrico; Franchi e Baccetti (*Franchi e Baccetti, 2005*) misero in evidenza che l'ampiezza del mascellare superiore è significativamente più stretta, di circa - 2.5mm, nei soggetti con malocclusione di II Classe rispetto ai soggetti con occlusione di I Classe.

COMPONENTI MALOCCLUSIONE DI II CLASSE SCHELETRICA

Retrusione Inferiore Basale

Come citato in precedenza, il fattore più comunemente riscontrato nelle malocclusioni di Classe II è la retrusione scheletrica mandibolare.

Secondo la Classificazione delle Malocclusioni della Scuola di Firenze, la retrusione basale inferiore può avere cause funzionali o anatomiche.

Nel primo caso non ci sono alterazioni dello scheletro mandibolare: in particolare risulta nella norma la lunghezza mandibolare, che viene espressa con il parametro lineare cefalometrico Co-Gn:

- Co: Condylion, è il punto più superiore e posteriore del contorno della testa del condilo;
- Gn: Gnathion, questo punto è stato definito in diversi modi:
 - Secondo Martin e Saller (*Martin e Saller, 1956*) è localizzato nel piano mediano della mandibola, dove la curvatura anteriore del contorno del mento si continua nel corpo mandibolare;
 - Molti Autori hanno localizzato lo gnathion tra il punto più anteriore e quello più inferiore della sinfisi mentale, cioè tra i punti Me (Menton) e Pg (Pogonion);
 - Rakosi (*Rakosi, 1982*) definisce il punto Gn come il punto più anteriore ed inferiore del contorno sinfisario, ottenibile mediante una costruzione geometrica: intersecando con il profilo osseo una perpendicolare alla linea congiungente Me e Pg;
 - Ricketts (*Ricketts, 1960*) localizza questo punto in corrispondenza dell'intersezione del bordo anteriore della sinfisi con l'asse Y;

- Secondo la Scuola di Firenze, il punto Gn, viene determinato dall'intersezione del bordo anteriore della mandibola con la bisettrice dell'angolo formato dal piano facciale (Nasion-Pogonion) ed il piano mandibolare (Gonion-Menton) (Fig. 9).

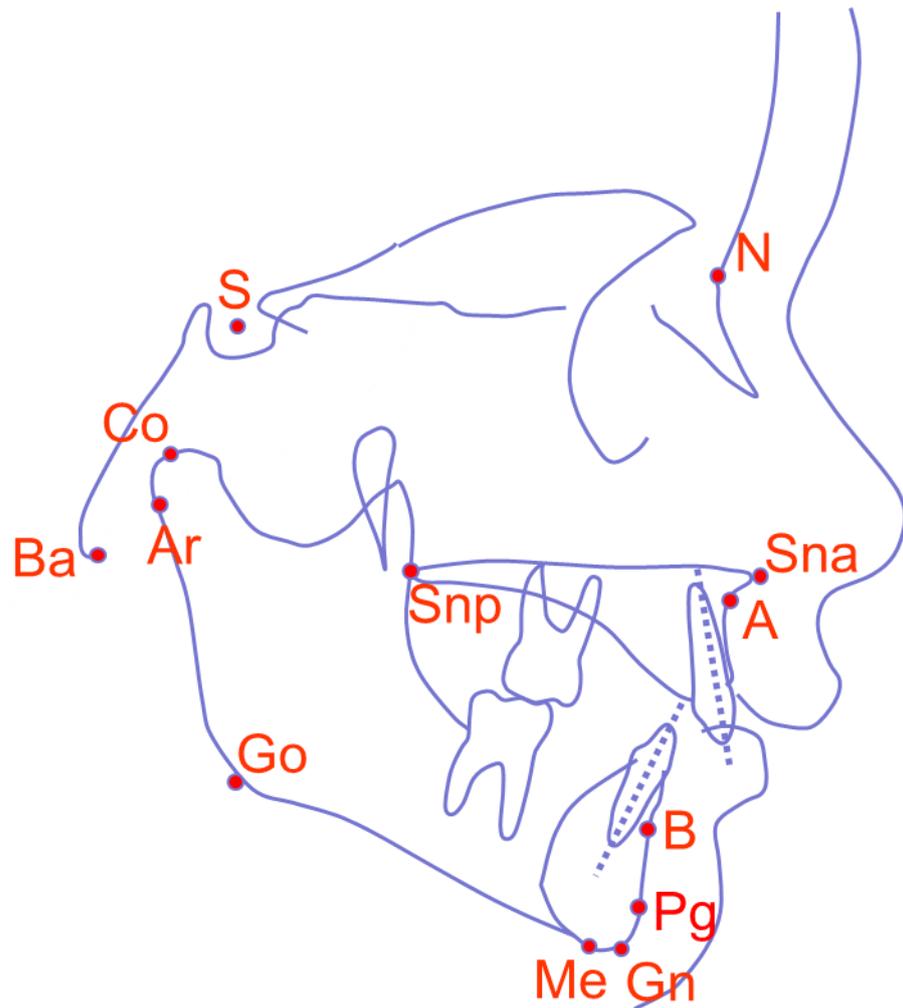


Figura 9: rappresentazione grafica punti cefalometrici.

Risultano normali anche la lunghezza del corpo mandibolare (Go-Gn) e del ramo (Co-Go) e dell'angolo goniale (ArGoMe) (Fig. 10).

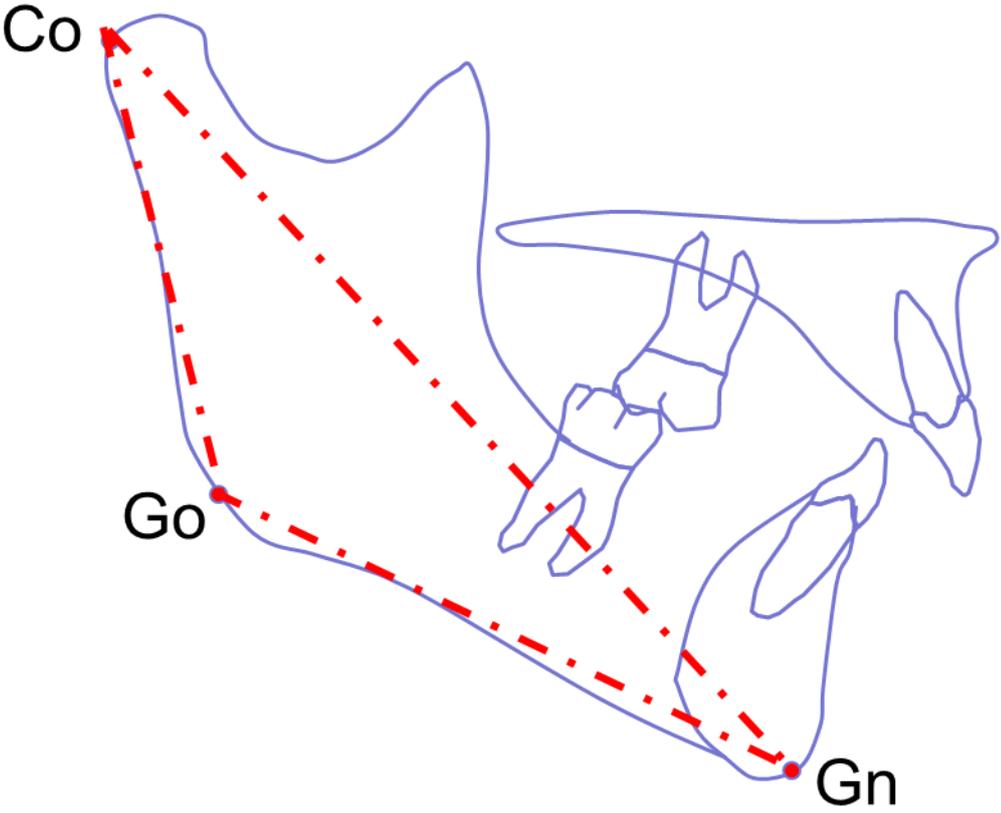


Figura 10: rappresentazione grafica punti cefalometrici mandibolari.

La retrusione mandibolare funzionale non dipende quindi da un'anomalia del livello basale ma da un insieme di elementi che durante la funzione costringono una mandibola normale (quindi un livello basale normale) in una posizione più arretrata: questi elementi, definiti come "interferenze di II Classe", sono già stati descritti nel paragrafo delle interferenze occlusali (*Elsasser e Wylie, 1943*).

Queste interferenze, di vario genere e origine, oltre a determinare una posizione scorretta dell'osso mandibolare possono anche condizionarne il mantenimento e l'aggravamento tramite la mancata sollecitazione alla crescita mandibolare. Se non corrette, le interferenze possono indurre un cambiamento da un tipo di malocclusione funzionale ad una malocclusione anatomica (Tab. 1).

Una retrusione basale anatomica è caratterizzata da una alterazione del livello basale sul piano sagittale o verticale. L'anomalia scheletrica può avere una molteplice localizzazione e può interessare:

- *La mandibola*: essa si presenta più corta con una riduzione della sua lunghezza totale (Co-Gn) per alterazione del corpo (Go-Me), del ramo (Ar-Go) o dell'angolo mandibolare (ArGoMe): questo è il caso del microgenismo.
- *Il Mascellare Superiore*: un suo eccessivo sviluppo verticale costringe la mandibola ad una posizione ruotata in basso e all'indietro. Questo comporta lo spostamento in senso antero-posteriore della sinfisi mentoniera rispetto alla base cranica.
- *La Cavità Glenoide*: l'alloggiamento del condilo mandibolare è dislocato più indietro del normale condizionando così la posizione della mandibola, anche se questa ha dimensioni normali.

RETRUSIONE INFERIORE BASALE	
<i>Con dimensioni mandibolari normali</i>	<i>Retrusione funzionale, da interferenze occlusali</i>
	<i>Retrusione anatomica, da posizione arretrata della fossa glenoide</i>
	<i>Retrusione anatomica, da eccesso verticale del mascellare superiore</i>
<i>Con dimensioni mandibolari ridotte</i>	Iposviluppo mandibolare totale
	Iposviluppo verticale del ramo mandibolare
	Iposviluppo del corpo mandibolare
	Ridotta ampiezza dell'angolo mandibolare

Tabella 1 La tabella fornisce un quadro riassuntivo sulle anomalie mandibolari alla base della malocclusione di II Classe.

CRESCITA CRANIO-FACCIALE

La crescita del complesso cranio-facciale è argomento di grande interesse in quanto influenza lo sviluppo dell'occlusione dentale. Lo studio di come avvengono i processi di crescita, della sua dinamica e dei fattori ambientali che la influenzano, permettono una completa comprensione dell'anomalia stessa e indirizzano l'operatore verso il trattamento più corretto.

Nel corso degli anni molti ricercatori hanno trovato stimolante confrontarsi sul problema della crescita, elaborando numerose interpretazioni, talvolta molto contrastanti ma comunque utili per cercare comprendere al meglio quello che accade nello sviluppo di queste strutture.

Nella crescita dell'essere umano è previsto uno sviluppo fisico, mentale, psicologico, sociale e morale; questa sintesi si focalizza nella crescita fisica, incredibile sequenza di eventi, in seguito ai quali da una singola cellula si origina un individuo maturo e complesso.

La crescita è interazione tra eredità e ambiente; è incremento e cambiamento.

Molti autori hanno formulato ipotesi sulle modalità di crescita del complesso oro-facciale.

Scott (*Scott, 1954*) affermava che fosse solo il controllo genetico a regolare lo sviluppo delle cartilagini del cranio durante la vita fetale, e che tale controllo continuasse anche dopo la nascita.

Latham (*Latham, 1974*) suppose che la cartilagine del setto nasale regolasse in maniera diretta lo sviluppo della regione maxillofacciale, regolando l'accrescimento delle suture mascellari, che ipotizzò essere inizialmente delle

articolazioni mobili che in seguito si sarebbero adattate alle forze esercitate da altri luoghi di crescita, sviluppando, per tale motivo, attività osteogenetica maggiore.

Petrovic (*Petrovic, 1974*), elaborando la sua teoria dei servo-sistemi, ammise, invece, che la crescita del complesso craniofacciale dipendesse dall'influenza reciproca di una serie di meccanismi di feed-back: il controllo delle cartilagini primarie sarebbe stato paragonabile ad un comando cibernetico, le cartilagini secondarie, invece, si sarebbero accresciute per effetto diretto di proliferazione cellulare, ma anche per altri tipi di effetti indiretti, non strettamente genetici.

Secondo Moyers (*Moyers et al., 1979*) la crescita è la somma delle normali variazioni della quantità di sostanza vivente: rappresenta l'aspetto quantitativo dello sviluppo e viene misurata in unità di aumento per unità di tempo.

Il controllo della crescita è regolato da tre ordini di fattori:

- genetici, ovvero fattori intrinseci all'individuo;
- epigenetici: locali (ad es. encefalo) e generali (ad es. ormoni);
- ambientali: locali (ad es. forze muscolari e funzioni dell'apparato stomatognatico) e generali (ad es. alimentazione e tensione di ossigeno).

Inoltre, sono riconosciute tre fasi fondamentali nell'andamento della crescita: l'ossificazione, che inizia nel periodo prenatale e continua dopo la nascita; l'organizzazione, che fa sì che le strutture si accrescano armonicamente anche se con modalità e ritmi differenti; e l'adattamento, assetto architettonico dell'apparato stomatognatico.

Lo scheletro cranio-facciale deriva da tre distinti processi: la condrogenesi, formazione della cartilagine; la formazione di osso encondrale, processo di trasformazione di cartilagine in osso in sedi sottoposte a pressione, regolata da ormoni e dotazione genetica; la formazione di osso intramembranoso, processo di

formazione dell'osso da tessuto mesenchimale indifferenziato in sedi sottoposte a tensione, regolata, oltre che da stimoli ormonali e dotazione genetica, da stimoli funzionali.

Sembra che la crescita della volta cranica sia dovuta quasi interamente alla crescita encefalica. Infatti se si ammette che l'encefalo a 10 anni ha completato il 95% del suo sviluppo, esso necessita di un recipiente con capacità volumetriche tali da poterlo contenere. Di contro il massiccio facciale, alla stessa età, ha completato solo il 75% della sua crescita. Le due entità prendono rapporto tra di loro tramite la base cranica che, con la sua parte endocranica contiene la massa cerebrale e con la sua parte esocranica sorregge la faccia. Dato il differente stadio di sviluppo, richiedono tempi diversi per raggiungere insieme, nello stesso periodo, lo stadio completo di crescita.

Lo sviluppo della base cranica è il risultato principale della crescita encondrale e dell'apposizione ossea a livello delle sincondrosi.

La crescita del mascellare superiore e delle strutture associate avviene per una combinazione di crescita suturale e per rimodellamento diretto delle superfici ossee. La maxilla trasla in basso e in avanti man a mano che la faccia cresce e nuovo osso viene formato a livello delle suture e probabilmente anche la crescita del setto nasale e dei tessuti molli circostanti contribuiscono al riposizionamento in avanti della stessa.

La crescita della mandibola avviene per proliferazione encondrale a livello condilare e per apposizione e riassorbimento superficiale di osso. Sembra chiaro che la mandibola venga traslata nello spazio dalla crescita dei muscoli e degli altri tessuti molli adiacenti e che l'osteogenesi a livello condilare avvenga in risposta alle variazioni dei tessuti molli. Un osso crescerebbe nello spazio che si verrebbe a creare quando lo stesso viene riposizionato, nella misura determinata dall'entità di

sviluppo del tessuto molle circostante, capace di creare delle forze tali da provocare questo tipo di spostamento. La crescita di ogni osso procede, dunque, di pari passo con la crescita dei tessuti molli che gli competono.

Il complesso orofacciale è, dunque, un'area multifunzionale di notevole complessità.

Secondo Moss (*Moss e Salentijn, 1969*) l'informazione genetica non è, da sola, sufficiente a regolare tutti i processi di crescita locale, ma sono necessarie delle informazioni epigenetiche aggiuntive. Moss afferma che non vi è nessuna influenza genetica diretta sulle dimensioni, forma e posizione dei tessuti scheletrici, ma essa si manifesta primariamente sulle matrici funzionali e in via secondaria sui tessuti scheletrici: le matrici funzionali stimolano, le unità scheletriche rispondono. L'ipotesi della matrice funzionale afferma esplicitamente che l'origine, la crescita e il mantenimento di tutti i tessuti e gli organi scheletrici sono sempre fenomeni necessariamente secondari e compensatori di altri avvenimenti precedenti che si verificano in tessuti non scheletrici, organi o spazi funzionali (matrici funzionali) ad essi specificatamente correlati.

Van Limborgh (*Van Limborgh, 1970*) aveva introdotto il concetto di "controllo epigenetico" della crescita cranio-facciale. Studiando lo sviluppo facciale in embrioni di pollo, l'autore aveva evidenziato come il mesenchima mesodermico non poteva assicurare una normale crescita senza l'intervento di influenze induttive fornite dalle cellule della cresta neurale che lo invadono. L'informazione genomica è necessaria per permettere l'attività sintetica delle cellule capaci di differenziazione osteoblastica e osteoclastica, mentre l'informazione epigenetica è necessaria alla regolazione dei processi di crescita e di sviluppo. Avviene quindi una costante integrazione tra fattori genetici ed epigenetici. A livello dei siti di crescita cranio-facciale l'attività osteogenica codificata dal genoma è controllata e stimolata da meccanismi induttivi esercitati dalle strutture adiacenti.

In base quindi alla teoria di Moss, la testa è costituita da una serie di matrici funzionali, che influenzano la crescita delle unità scheletriche cui sono correlate. Le matrici funzionali si dividono in: matrici periostali, unità microscheletriche, rappresentate dalle strutture muscolari la cui attività influenza i processi di apposizione e riassorbimento e quindi di rimodellamento a livello delle unità scheletriche adiacenti; matrici capsulari, unità macroscheletriche, rappresentate dalla capsula oro facciale e da quella neurocranica, la cui attività provoca una modifica spaziale nella posizione delle ossa e quindi una loro traslazione. Infatti l'aumento volumetrico degli spazi e delle masse che si trovano comprese nelle matrici capsulari, agisce provocando un'espansione secondaria della capsula avvolgente.

Ciascuna componente di una matrice funzionale svolge una funzione vitale (respirazione, vista, udito, equilibrio, fonetica, masticazione, digestione etc.), mentre le formazioni scheletriche la sostengono e la proteggono.

Moss considera i fattori genetici come importanti per la formazione ossea primaria, ma la crescita scheletrica dipende dallo stato funzionale dei tessuti molli, cioè dalle matrici funzionali. La crescita risulta essere quindi un processo multifattoriale in cui i fattori genetici, neurologici e ormonali, coesistono sotto l'influenza della funzione cosicché quando essa è alterata si altera anche la crescita.

Un esempio di crescita sotto la guida della matrice funzionale è quello della scatola cranica. Essa cresce sotto la spinta dell'encefalo che, nel periodo prenatale, raggiunge uno sviluppo maggiore di qualsiasi altro organo. Alla luce di questa teoria, può essere ora spiegata la sproporzione esistente tra crescita del neuro e dello splancnocranio.

Il neonato ha già un encefalo abbastanza sviluppato per poter svolgere la sua attività vitale, ovvero la conduzione delle funzioni periferiche da parte del sistema

nervoso, mentre la porzione viscerale del cranio non utilizzata dal feto per alcune funzioni come parlare, respirare o mangiare deve ancora svilupparsi.

Nel caso della cavità nasale la funzione delle vie aeree è tale da provocare riassorbimento, così il diametro delle vie aeree superiori aumenta progressivamente con la crescita garantendo una normale capacità respiratoria.

Per quanto riguarda, invece, la fossa cranica, al suo interno ci sarà riassorbimento dovuto all'espansione degli emisferi cerebrali, mentre all'esterno avremo apposizione.

Infine, l'aumento in altezza del mascellare è dovuto alla crescita suturale a livello delle ossa frontale e zigomatico e alla crescita per apposizione dei processi alveolari: le gemme e gli elementi dentali veri e propri costituirebbero la matrice funzionale di crescita per l'osso alveolare.

L'apposizione ed il riassorbimento osseo si verificano contemporaneamente ma su lati opposti della stessa superficie ossea ed in conseguenza di una precisa stimolazione funzionale.

Secondo Fränkel (*Fränkel, 1983*) affinché lo sviluppo dell'area orofacciale avvenga fisiologicamente, è necessario che siano presenti diverse condizioni biofisiche e biomeccaniche:

- Condizioni di spazio fisiologiche nella cavità orale e in quella nasofaringea;
- Corretto atteggiamento posturale della muscolatura oro facciale durante l'infanzia;
- Appropriato funzionamento delle valvole nell'area oro facciale.

Eventuali anomalie dei suddetti parametri biomeccanici e biofisici possono condurre ad un alterato sviluppo cranio-facciale e quindi all'instaurarsi di un quadro disgnatico.

Secondo Enlow (*Enlow e Harris, 1964*) esistono distinte modificazioni regionali che avvengono simultaneamente tra parti e controparti strutturali: il bilanciamento di tali parti fa sì che la crescita sia armonica; un loro squilibrio conduce ad una disarmonia. L'autore ha definito tale fenomeno come crescita bilanciata. Tuttavia, egli ha ammesso che, nella realtà, non si verifica mai una crescita perfettamente bilanciata in tutte le parti: durante i processi di sviluppo sono, per così dire, "fisiologici" gli squilibri che avvengono ed essi si ripercuotono sullo sviluppo della corrispondente struttura. Questo processo può essere considerato "normale" e può essere considerato una componente integrata nel processo di sviluppo e maturazione. Per tale motivo, il massiccio facciale del bambino, durante la crescita, subisce alterazioni nelle proporzioni e nel profilo.

Ad esempio la mandibola di un bambino è caratteristicamente più piccola del mascellare superiore, e solo in seguito raggiunge un equilibrio anatomico. Dopo la nascita e durante la fase di eruzione degli incisivi decidui si ha una crescita intensa in direzione sagittale e trasversale, sia nell'arcata mascellare, sia in quella mandibolare a livello del segmento anteriore. Durante la fase funzionale della dentizione decidua (3 anni) non si registrano variazioni di rilievo dei diametri trasversali e sagittali. Nella fase di passaggio da dentizione decidua a quella mista iniziale, con la permuta degli incisivi permanenti si registra a livello del segmento anteriore una crescita trasversale in entrambe le arcate, mentre lo sviluppo sagittale avviene solo in quella mascellare. Inoltre la misura, le collocazioni e le modalità delle modificazioni di crescita sono altamente variabili e individualizzate e, secondo Enlow, il processo di compensazione gioca un ruolo importante (*Enlow, 1975 e 1990*).

Quest'ultimo è una caratteristica dello sviluppo; esso causa un certo squilibrio in alcune zone, per compensare gli effetti di sproporzioni verificatesi in altre regioni, in modo tale da poter mantenere un equilibrio funzionale. Ciascuna area cranio-

facciale è messa in relazione con controparti strutturali e geometriche del cranio e della faccia. Ad esempio, l'arcata mascellare è la controparte dell'arcata mandibolare.

Se ogni parte e la sua particolare controparte si ampliano nella stessa misura, dunque, ne risulterà una crescita equilibrata reciproca.

Questo concetto rappresenta la chiave di quello che determina la presenza o la mancanza di equilibrio in ogni regione. Gli squilibri sarebbero, infatti, prodotti da differenze nelle rispettive quantità o direzioni di crescita fra parti e controparti strutturali (*Enlow e Moyers, 1971*).

La mandibola riveste un ruolo di primaria importanza ed ha una sua rilevante valenza, sia per impostare una corretta strategia di trattamento, sia per poter effettuare previsioni accurate sulla possibile futura evoluzione di crescita dell'individuo.

Con il termine sviluppo si intendono tutte quelle trasformazioni che avvengono nel corso della vita come somma delle variazioni quantitative, intese come aumento naturale delle dimensioni per moltiplicazione cellulare, delle variazioni qualitative, intese come differenziazione, e delle variazioni di posizione.

La mandibola presenta un enorme grado di variabilità, sia dal punto di vista strettamente morfologico che dimensionale, ed è una componente scheletrica di rilievo nel determinismo della cosiddetta biotipologia facciale, soprattutto per quello che concerne la morfologia della sinfisi, lo sviluppo e l'inclinazione del condilo e l'ampiezza dell'angolo goniale.

MODALITA' GENERALI DI ACCRESCIMENTO MANDIBOLARE

Prima di tutto è necessario premettere che l'accrescimento del tessuto osseo e quindi della mandibola, è di tipo interstiziale, visto che i suoi incrementi si realizzano nell'ambito delle componenti tissutali esistenti, infatti, dato che le sue cellule sono inglobate in una matrice mineralizzata, non possono andare incontro a mitosi, o ipertrofizzarsi (come avviene per esempio nei tessuti epiteliali) e neppure la matrice può aumentare di volume dopo la sua calcificazione.

Esistono varie modalità di accrescimento osseo ed è importante tener presente che l'aumento di volume si accompagna sempre a rimodellamento, per mantenere un corretto svilupparsi della funzione.

Il rimodellamento si svolge attraverso una serie continua di processi combinati di apposizione e di riassorbimento (Fig. 11).

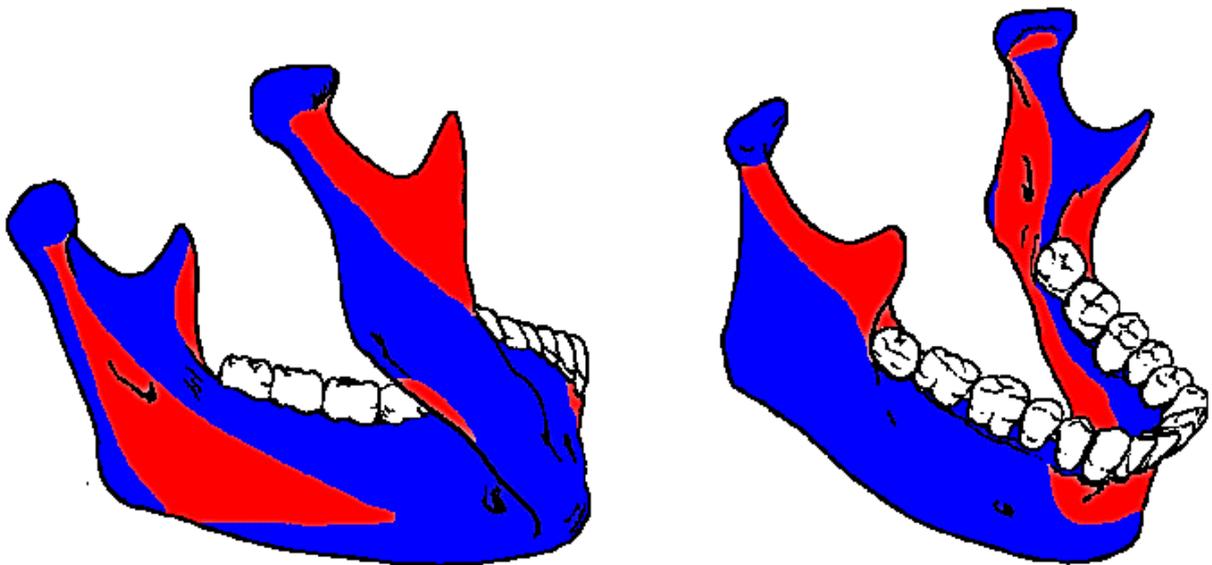


Figura 11: zona di apposizione (blu), zona di riassorbimento (rosso).

La crescita mandibolare avviene attraverso un'attività sia endocondrale sia intramembranosa. Il primo meccanismo (tipico della crescita epifisaria) è caratterizzato dalla formazione di cartilagine da tessuto mesenchimale, successivamente invasa e sostituita da tessuto osseo: si verifica a livello del condilo mandibolare. Nel secondo caso le cellule mesenchimali elaborano la matrice osteoide, successivamente calcificata: questo avviene sulle superfici periostali ed è responsabile della maggior parte della crescita mandibolare.

Il modello di crescita mandibolare può essere rappresentato in due modi (*Proffit e Fields, 2001*): se la struttura scheletrica di riferimento è il cranio, il mento si muove in basso e in avanti; se invece il riferimento è la sinfisi, il corpo si allunga all'indietro e il ramo con i processi condilare e coronoide cresce verso l'alto (Fig. 12).

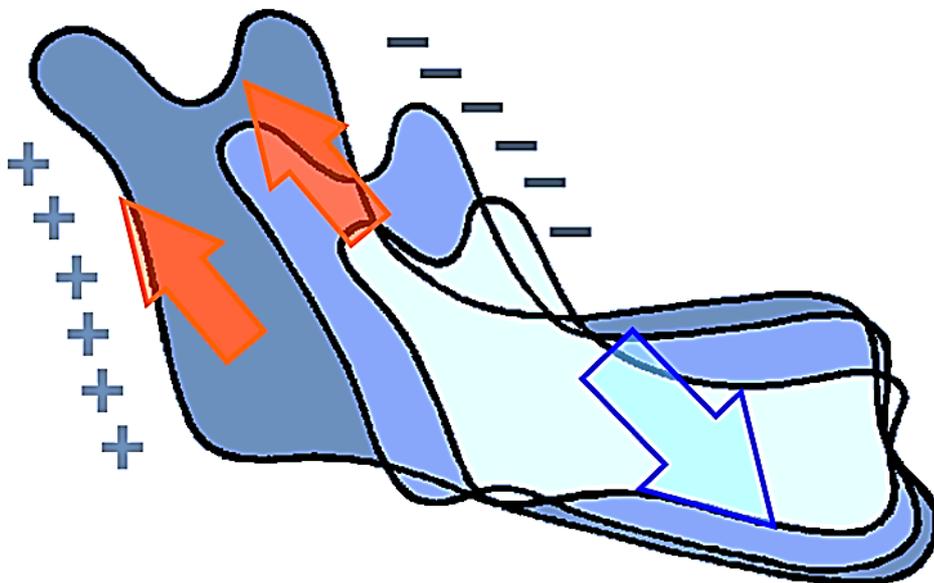


Figura 12: rappresentazione grafica direzione di crescita mandibolare (*Proffit e Fields, 2001*).

Entrambi i modelli sono corretti. I principali siti di crescita della mandibola sono i processi condilari e coronoide e la superficie posteriore del ramo, il mento è invece un centro pressoché inattivo e si sposta in conseguenza della crescita di ramo e condilo. Concettualmente la mandibola si sposta in basso e in avanti mentre cresce la sua dimensione in alto e indietro.

Il corpo si allunga per apposizione ossea periostale nella sua parte posteriore; il ramo con lo stesso meccanismo subisce un forte rimodellamento con riassorbimento sulla superficie anteriore e apposizione di osso sul versante posteriore, sviluppandosi indietro e verso l'alto; il condilo si allunga per formazione di osso encondrale consentendo lo sviluppo verticale.

La quantità maggiore di sviluppo avviene a livello del ramo: quella che un tempo era la superficie posteriore diviene, mediante il rimodellamento, il suo centro e più tardi la superficie anteriore. Nell'infanzia il ramo è localizzato circa nel punto dove erompe il primo molare deciduo. Il progressivo rimaneggiamento posteriore crea spazio per i secondi molari decidui e successivamente per i molari permanenti (Fig. 13).

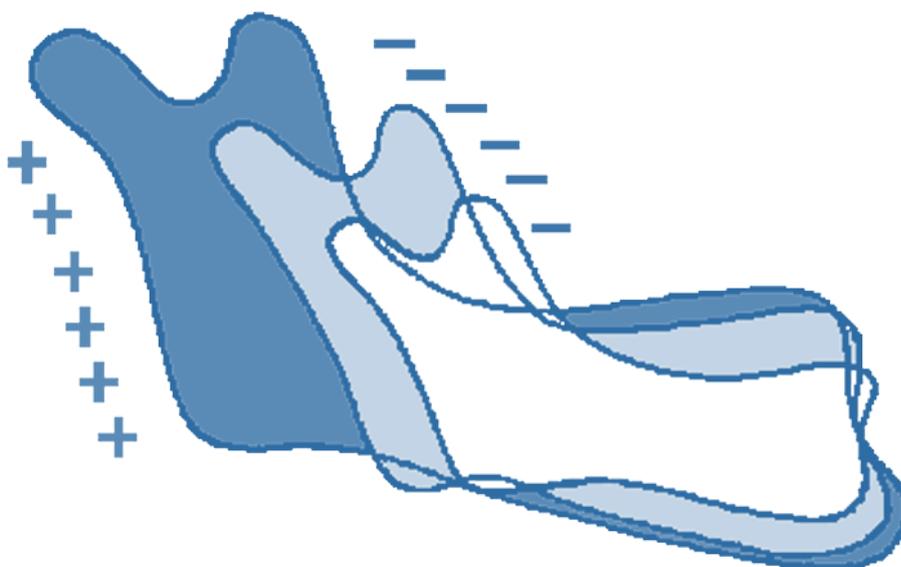


Figura 13: rappresentazione grafica delle zone di apposizione e rimodellamento osseo mandibolare.

TEORIE SULLA CRESCITA MANDIBOLARE

Ogni emimandibola è formata da un corpo, da un ramo, e da quattro processi (alveolare, mentale, goniale e coronoideo) e da due centri cartilaginei: sinfisi e condilo (Fig. 14).

- **Corpo e Ramo:** il corpo è la porzione orizzontale della mandibola e si estende dalla regione degli ultimi molari alla sinfisi, il ramo, porzione verticale, termina in alto con il processo coronoideo e con il condilo. La sede dove si verificano intensi fenomeni di apposizione ossea è quella del margine posteriore, mentre quella in cui avviene principalmente il riassorbimento è rappresentata dal margine anteriore. Questo permette l'allungamento del corpo nel suo insieme, ed in particolare nell'arcata inferiore, il cui sviluppo è strettamente correlato ai fenomeni di eruzione dentale (Fig. 15).
- **Sinfisi:** alla nascita ogni emimandibola è separata dall'altra dalla presenza della cartilagine secondaria localizzata a livello della sinfisi. L'incremento in senso trasversale della mandibola durante il primo anno di vita è sostenuto principalmente dall'accrescimento osseo in questa zona.
- **Condili:** essi si accrescono essenzialmente per accrescimento apposizionale a livello del pericondrio che si ossifica a partire dal suo strato più profondo. I condili rappresentano le zone di maggiore accrescimento mandibolare. In relazione al loro orientamento che è obliquo in alto ed indietro, rispetto alla base cranica, essi si ampliano contro la cavità glenoidea e ciò provoca lo spostamento della mandibola in basso e in avanti. Essi contribuiscono all'aumento delle dimensioni mandibolari nelle tre direzioni dello spazio.

- Processi alveolari: si accrescono esclusivamente in presenza degli elementi dentali e sono influenzati dagli stimoli esterni e rappresentano la più efficace sede dei meccanismi di compenso di eventuali discrepanze dimensionali e posizionali del settore basale.
- Processo mentale: offre inserzioni ai muscoli mentali e presenta una certa quantità di incremento dimensionale a livello della sinfisi.
- Processo goniale: è influenzato dalla presenza del massetere e dello pterigoideo interno; la sua morfologia è soggetta a notevoli variazioni individuali ed ha molte ripercussioni sull'equilibrio dell'intera struttura facciale.
- Processo coronoideo: il suo sviluppo è legato dall'inserzione del muscolo temporale, infatti se il muscolo venisse reciso si avrebbe l'atrofia di tale processo.

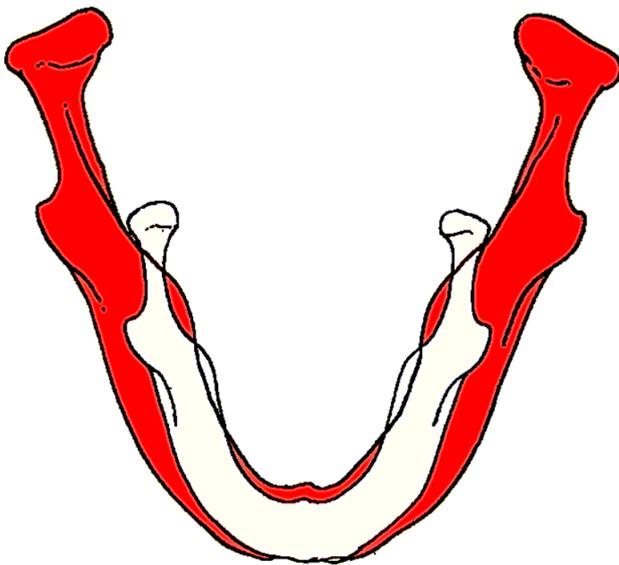


Figura 14: rappresentazione grafica crescita mandibolare.

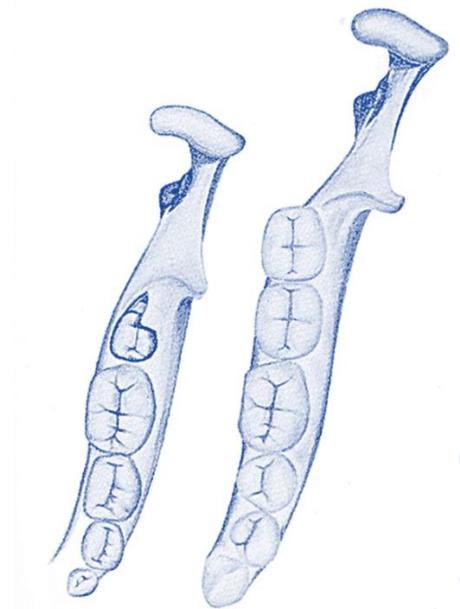


Figura 15: sviluppo del corpo e del ramo mandibolare.

Per descrivere il controllo dello sviluppo cranio-facciale sono state formulate principalmente tre teorie che reputano fattori determinanti della crescita rispettivamente l'osso, la cartilagine e la matrice dei tessuti molli.

La prima teoria sostiene che il controllo genetico sia espresso direttamente a livello dell'osso e il suo centro è il periostio.

La seconda teoria suggerisce che il controllo è a livello cartilagineo, mentre l'osso viene passivamente spostato.

La terza teoria prevede che il controllo sia mediato in larga misura fuori dal sistema scheletrico e che la crescita sia dell'osso sia della cartilagine venga controllata epigeneticamente, come risposta a segnali provenienti da altri tessuti.

Attualmente si ritiene più probabile una sintesi della seconda e terza teoria; la prima, predominante fino al 1960, è stata largamente abbandonata.

Né l'osso né la cartilagine sono determinanti per la crescita cranio-facciale: secondo la teoria della matrice funzionale, formulata da Moss (*Moss, 1969*), il controllo della crescita è attribuito ai tessuti molli: la crescita cioè avviene in risposta a necessità funzionali e risulta mediata dai tessuti molli in cui i mascellari contenuti.

In questa ottica sono i tessuti molli a crescere, mentre osso e cartilagine reagiscono seguendolo. Quindi si ritiene che la crescita mandibolare avvenga ovviamente per proliferazione endondrale a livello condilare e per apposizione e riassorbimento superficiale a livello del ramo e del corpo e che l'apposizione di nuovo osso sia guidata dalla trazione che i tessuti molli (in crescita o perché stimolata da una terapia ortopedico-funzionale che induce una traslazione mandibolare) esercitano su di essa.

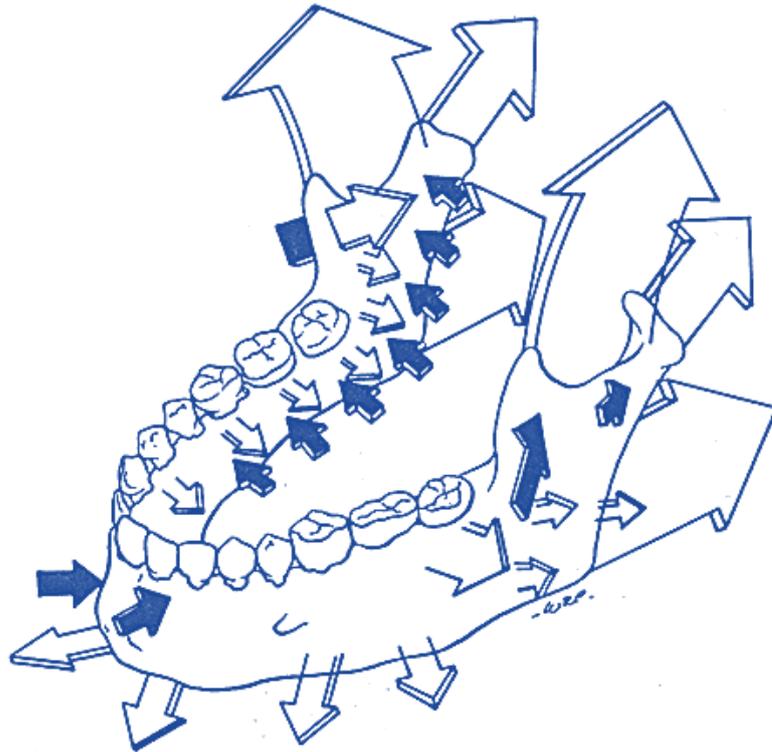


Figura 16: rappresentazione grafica zone di maggiore e minore rimodellamento ed apposizione ossea mandibolare.

La mandibola cresce con un ritmo relativamente costante prima della pubertà: in medio l'altezza del ramo (Co-Go) aumento di 1 o 2mm per anno e la lunghezza del corpo (Go-Pg) di 2 o 3mm per anno.

Nei mascellari esiste una sequenza definita di completamento della crescita nei tre piani dello spazio (intendendo che la crescita è completa quando raggiunge i ritmi lenti caratteristici dell'età adulta). Dapprima la crescita si completa in ampiezza, poi in lunghezza ed infine in altezza (Fig. 16).

La crescita in ampiezza tende a completarsi prima del picco di crescita adolescenziale, invece la crescita in lunghezza continua nel periodo puberale, fino ai 14/15 anni nelle ragazze e fino ai 18 anni nei ragazzi.

Lo sviluppo verticale termina ancora più tardi, con un rallentamento fino al livello tipico dell'adulto che non si verifica prima dei 17/18 anni nella femmina e dei 20 anni nel maschio. (*Proffit e Fields, 2001*)

TEORIE SULLA CRESCITA MANDIBOLARE

Rotazione Mandibolare Secondo Bjork

Attraverso i suoi studi, Björk ha dimostrato che le rotazioni di crescita del mascellare superiore e della mandibola, sono associate a fenomeni di compensazione che determinano i contorni scheletrici periostei della mandibola, (corpo e ramo), e del mascellare superiore (pavimento delle fosse nasali e contorno anteriore), così come del sistema dento-alveolare (Björk, 1969). Tuttavia è nel 1983 che le loro argomentazioni si completano, riconoscendo le componenti delle rotazioni mandibolari, ovvero la rotazione della matrice funzionale e la rotazione all'interno della matrice funzionale (Björk e Skieller, 1983). La rotazione totale è la rotazione del corpo mandibolare misurata come cambiamenti di inclinazione della linea degli impianti (situati nel corpo mandibolare, dei soggetti scelti per le sue sperimentazioni), in rapporto alla base cranica anteriore. La rotazione della matrice rappresenta, invece, la rotazione del tessuto molle della mandibola in relazione con la base cranica. La matrice del tessuto molle è definita come la tangente alla mandibola ed ha il proprio centro di rotazione nei condili (Fig. 17).

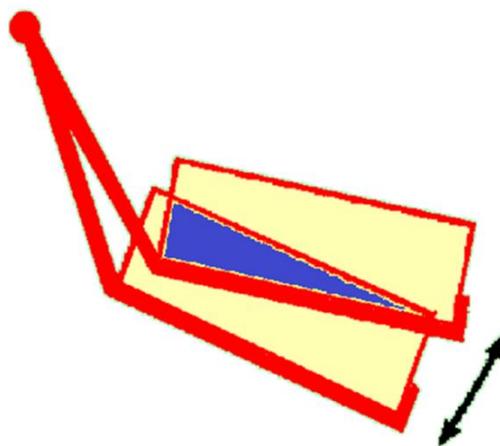


Figura 17: rappresentazione grafica del condilo come centro di rotazione mandibolare.

La rotazione intramatrice è data dal cambiamento di inclinazione degli impianti o di una linea di riferimento della mandibola rispetto alla tangente mandibolare, questa rotazione ha il suo centro in qualche punto del corpo mandibolare. È dovuta ai processi di apposizione e riassorbimento che variano in relazione al verso della rotazione (Fig. 18).

Ovviamente l'intensità e la direzione di queste due rotazioni possono essere notevolmente differenti.

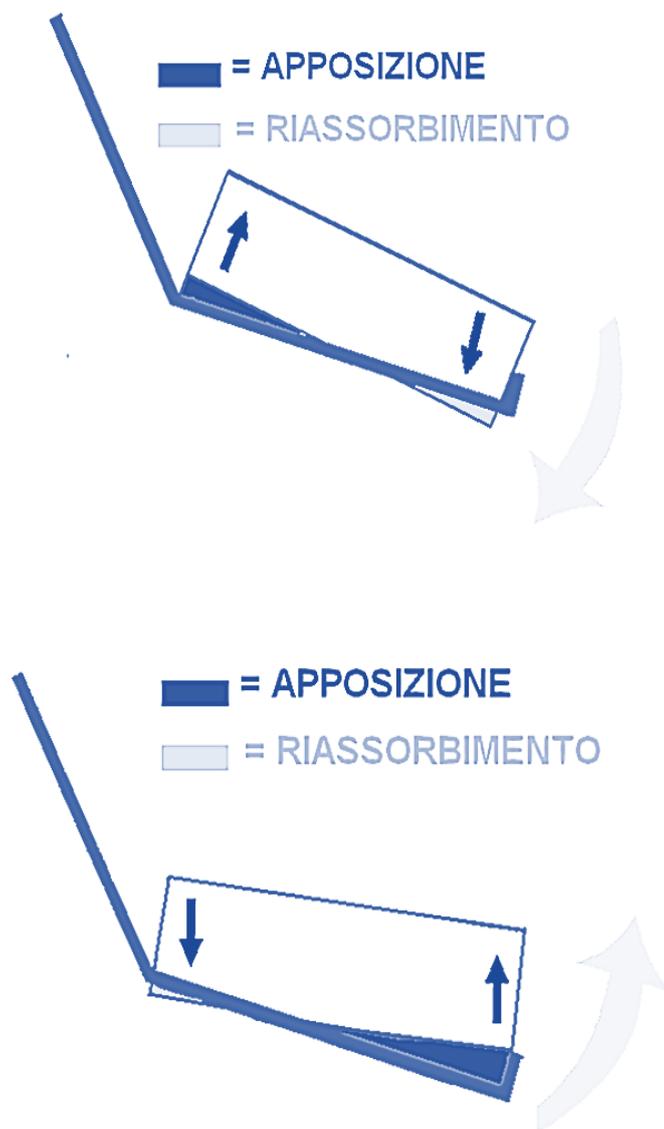


Figura 18: rappresentazione grafica delle zone di riassorbimento ed apposizione in relazione al tipo di rotazione mandibolare.

Secondo Björk la rotazione mandibolare si può esprimere con due modalità:

- *ROTAZIONE ANTERIORE (tipo I, II e III)*
- *ROTAZIONE POSTERIORE (tipo I e II)*

All'interno di ogni gruppo ci sono poi diversi tipo di rotazione che si caratterizzano per la localizzazione del centro attorno al quale ruota la mandibola.

ROTAZIONE ANTERIORE



Figura 19: rotazione mandibolare anteriore secondo Bjork (Bjork e Skieller, 1983).

- *Tipo I*: in centro attorno al quale la mandibola ruota è localizzato a livello dell'articolazione temporo-mandibolare. Durante la crescita si realizza un aumento dell'altezza facciale anteriore non adeguato all'aumento dell'altezza facciale posteriore. Il risultato di questa rotazione è il progressivo aumento della sovraocclusione incisiva (Fig.20).

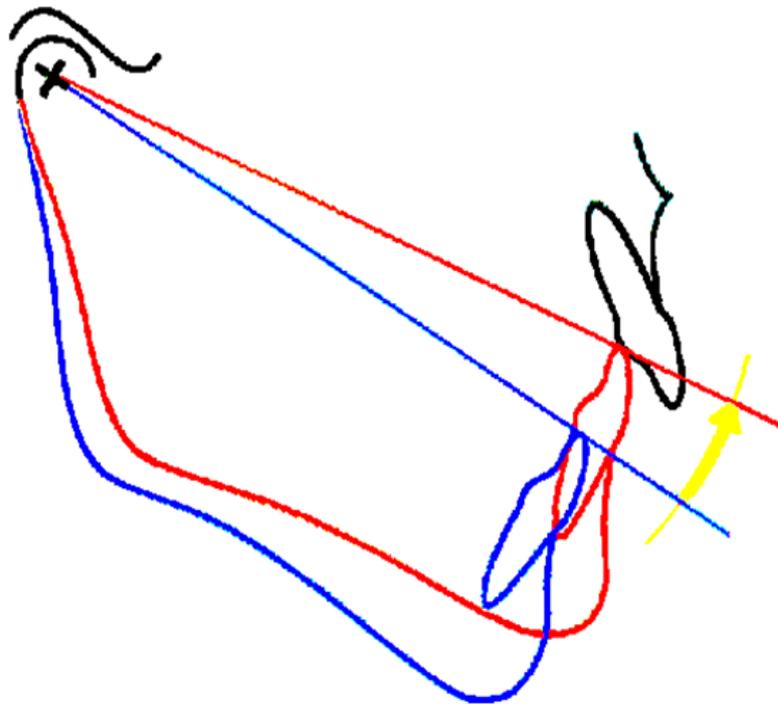


Figura 20

- *Tipo II*: il centro di rotazione è situato in corrispondenza del margine incisale degli incisivi inferiori. Durante la crescita si viene a determinare un aumento dell'altezza facciale posteriore bilanciato da un proporzionato aumento della altezza facciale anteriore, il risultato di questo tipo di rotazione è il mantenimento della sovraocclusione incisiva (Fig. 21).

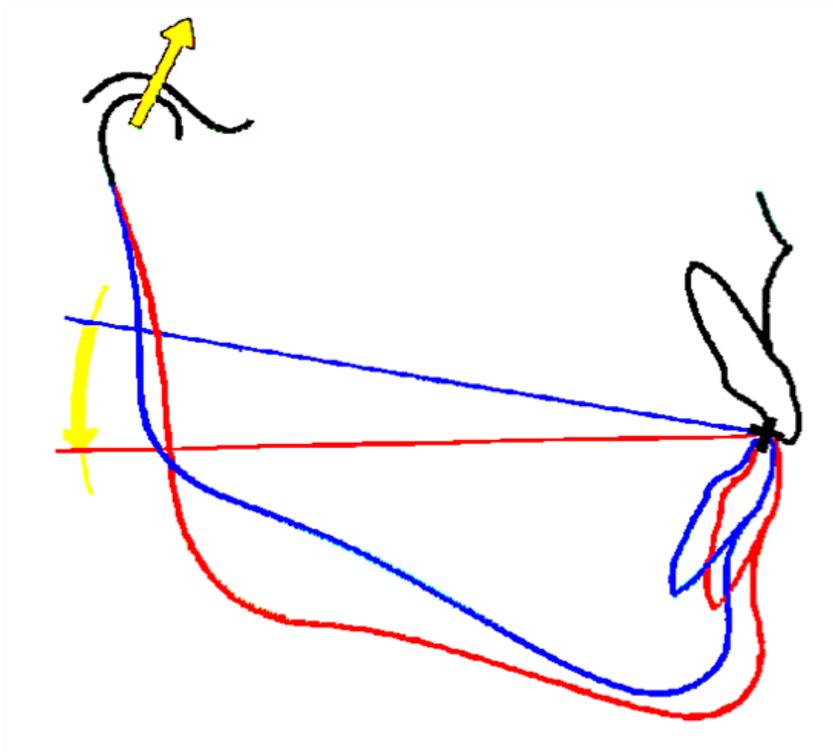


Figura 21

- Tipo III: il centro di rotazione è posto a livello dei premolari. Durante la crescita si possono osservare un aumento dell'altezza facciale posteriore, uno scarsissimo aumento dell'altezza facciale anteriore e quindi un notevole e progressivo aumento della sovraocclusione incisiva (Fig. 22).

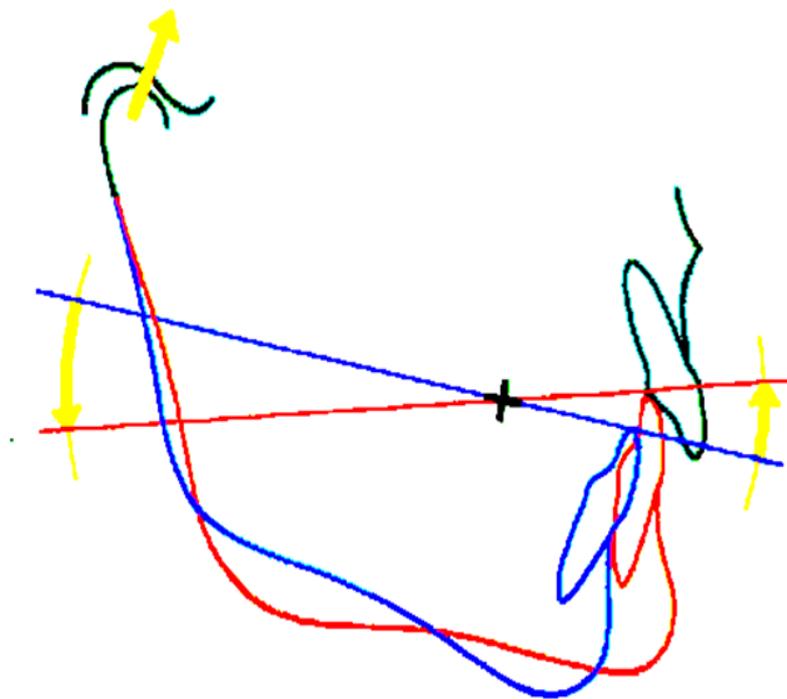


Figura 22

ROTAZIONE POSTERIORE

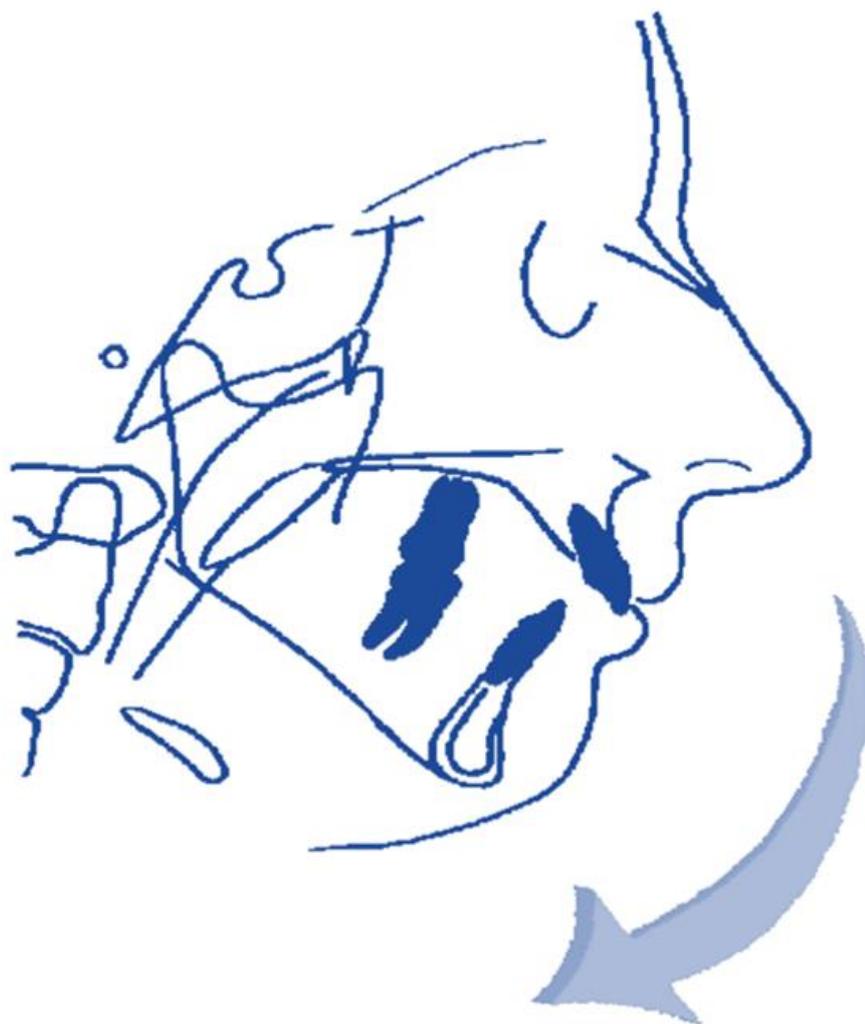


Figura 23: rotazione mandibolare posteriore secondo Bjork (Bjork e Skieller, 1983)

- *Tipo I*: il centro di rotazione è situato a livello dell'articolazione temporo-mandibolare. Durante la crescita si assiste ad un aumento dell'altezza facciale anteriore, non controbilanciato da un proporzionato aumento dell'altezza facciale posteriore, per questo si realizza una diminuzione della sovraocclusione incisiva (Fig. 24).

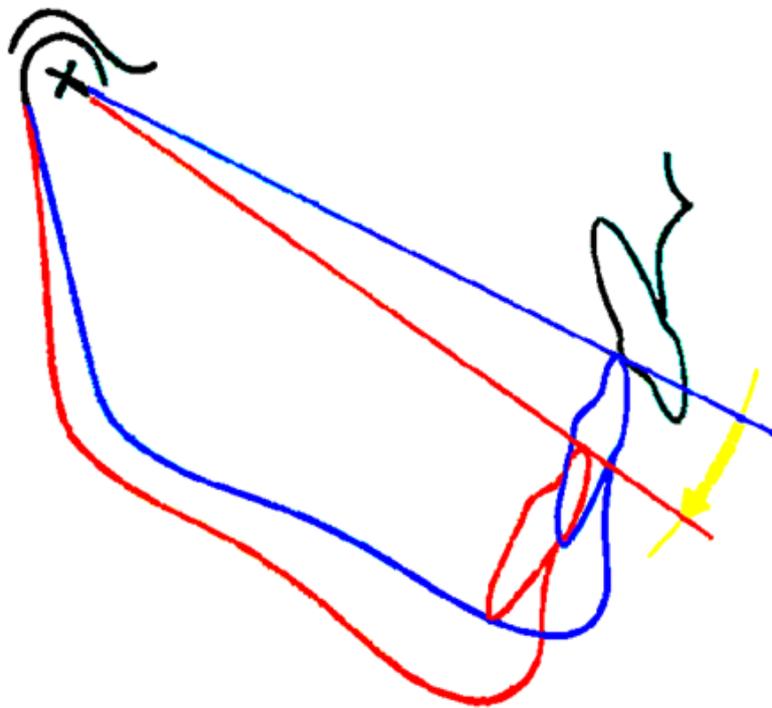


Figura 24

- *Tipo II*: il centro di rotazione è situato in corrispondenza del molare più distale in occlusione. Durante la crescita abbiamo uno scarso aumento dell'altezza facciale posteriore ed un notevole aumento dell'altezza facciale anteriore. Si viene a determinare, di conseguenza, una progressiva diminuzione della sovraocclusione incisiva (Fig. 25).

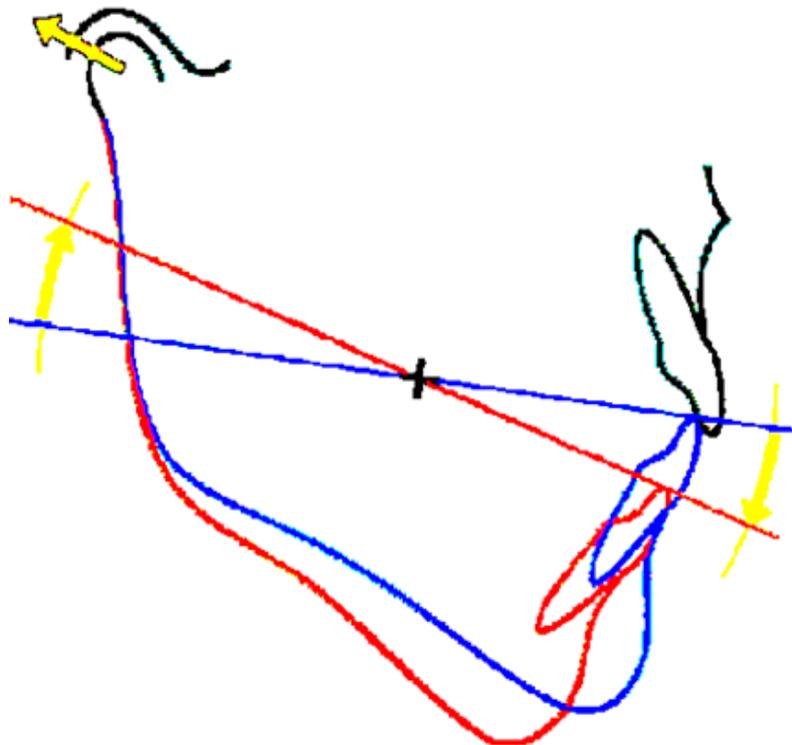


Figura 25

Oltre ad aver elaborato questa classificazione, che permette di comprendere cosa avviene nei diversi tipi di rotazione, Björk ha individuato una serie di segni morfologici che consentono di effettuare una valutazione del tipo di rotazione che si sta sviluppando.

ELEMENTI DIAGNOSTICI PER LA VALUTAZIONE DEL TIPO DI ROTAZIONE

- Inclinazione del collo del condilo:
 - In alto e indietro: rotazione posteriore
 - Verticale: rotazione anteriore

- Curvatura del canale mandibolare:
 - Appiattita: rotazione posteriore
 - Concava superiormente: rotazione anteriore

- Morfologia del bordo inferiore della mandibola:
 - A concavità superiore: rotazione anteriore
 - A concavità inferiore ed incisura: rotazione posteriore

- Inclinazione della sinfisi (rispetto ad una parallela al piano di Francoforte passante per Me):
 - $>90^\circ$: rotazione posteriore
 - $<90^\circ$: rotazione anteriore

- Morfologia della sinfisi:
 - Larga e globosa: rotazione anteriore
 - Stretta e ovalare: rotazione posteriore

- Orientamento degli incisivi (angolo interincisivo):
 - $<130^\circ$: rotazione anteriore
 - $>130^\circ$: rotazione posteriore

INDICI BIOLOGICI DI MATURITÀ SCHELETRICA MANDIBOLARE

La programmazione delle terapie nella disarmonia di II Classe troppo spesso si basa su variabili che possono essere fuorvianti, quali l'età cronologica o una qualche caratterizzazione delle fasi di dentizione, piuttosto che fare riferimento a fattori biologici individuali. È stato chiaramente dimostrato che la valutazione della maturità scheletrica è fondamentale nell'ortopedia dentofacciale, dato che gli effetti maggiori degli apparecchi funzionali e ortopedici si hanno quando il picco di crescita mandibolare è compreso nel periodo di trattamento.

Sono disponibili alcuni indicatori biologici per la valutazione della maturità scheletrica individuale e, di conseguenza, per l'individuazione del picco di crescita puberale della mandibola.

Fra questi, i cambiamenti nell'altezza corporea rappresentano sicuramente l'indicatore più affidabile. Questo metodo tuttavia presenta una limitazione: si richiedono infatti numerose misurazioni ripetute ad intervalli regolari (ogni 3-4 mesi) per costruire una curva individuale della velocità di crescita.

Le età dello sviluppo vengono suddivise in vari periodi (Fig. 26):

- Infantile: in cui la velocità di crescita diminuisce progressivamente;
- Giovanile: con ulteriore diminuzione della velocità di crescita fino al minimo prepuberale;
- Adolescente: con un marcato aumento della velocità di crescita fino al massimo puberale;
- Adulta: con velocità di crescita nulla.

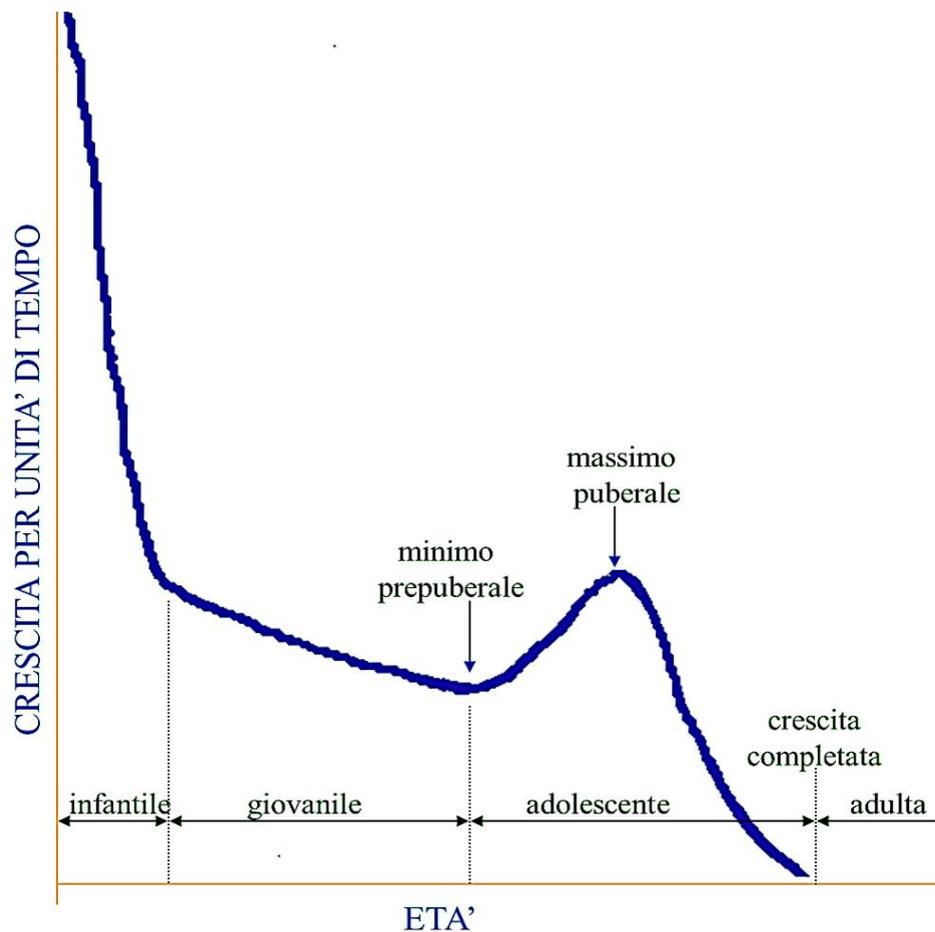


Figura 26: rappresentazione grafica della curva di crescita per unità di tempo in rapporto con l'età.

Per ovviare al problema di numerose e ripetute misurazioni, sono stati proposti dei metodi radiografici che consentono la valutazione della maturità scheletrica sulla base di un singolo esame.

Le sedi indicate come indicatori affidabili sono: il carpo, il ginocchio, le vertebre cervicali. Per lungo tempo si è fatto ricorso alla radiografia del polso e della mano; recentemente ci si sta orientando verso lo studio delle vertebre cervicali.

In effetti un indicatore radiografico ideale per la programmazione ortodontica dovrebbe possedere alcune caratteristiche:

- il metodo deve avere validità biologica nel descrivere la maturità scheletrica. L'informazione fornita deve concordare con quella, ad esempio, dei mutamenti in altezza. Molti studi hanno dimostrato che esiste una significativa correlazione tra la crescita facciale e quella staturale; un'accelerata crescita della statura generalmente precede un'accelerazione della crescita facciale di 6-12 mesi;
- deve essere efficace nell'individuare il picco di crescita mandibolare;
- deve possibilmente non richiedere un'ulteriore esposizione radiografica oltre la tele radiografia in proiezione latero-laterale che è necessaria per la diagnosi ortodontica e la programmazione del trattamento.

Gli stadi di maturazione delle vertebre cervicali raggiungono tutti i requisiti sopra menzionati (*Grave, 1978*).

Metodo CVM + Rx Falange Media del Dito Medio Della Mano

Metodo molto efficace che prevede l'utilizzo della Rx del cranio in proiezione latero-laterale e nei casi dubbi (il 10% circa dei casi) l'aggiunta di una piccola radiografia endorale della seconda falange del dito medio.

Con questa stadiazione riusciamo a prevedere con una sufficiente precisione dove si trova il picco di crescita mandibolare del soggetto (*Baccetti et al., 2005; Ozer et al., 2006*).

Dall'analisi delle caratteristiche morfologiche (presenza di concavità sul bordo inferiore e forma del corpo vertebrale) della 2°, 3° e 4° vertebra cervicale effettuata sulla teleradiografia in proiezione latero-laterale del cranio si identificano sei stadi di maturità scheletrica (Fig. 27):

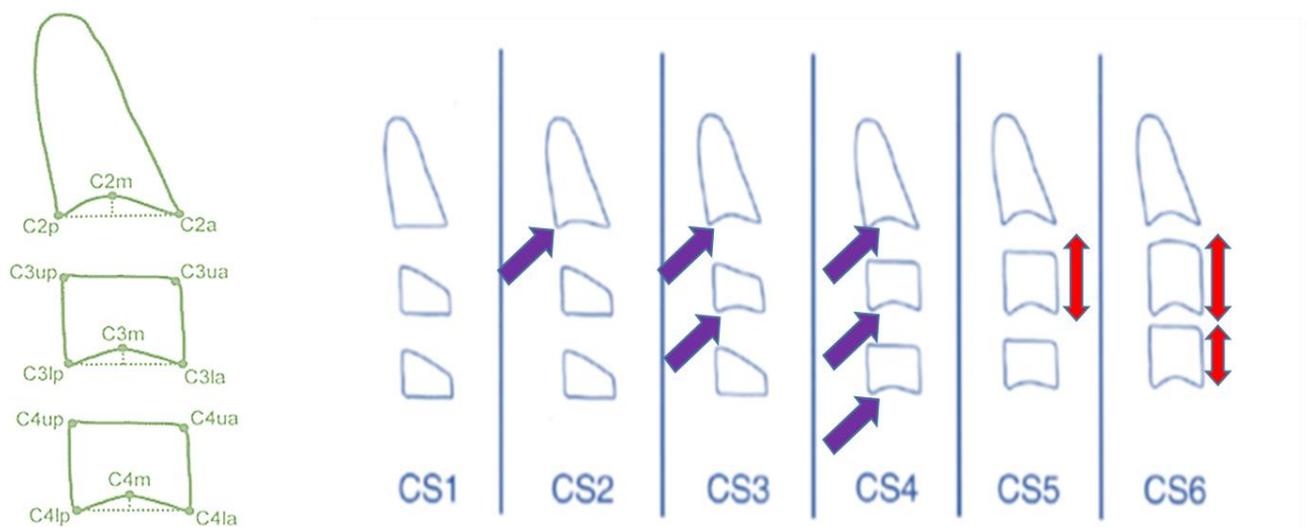


Figura 27: rappresentazione grafica 2°, 3° e 4° vertebra cervicale e stadi di crescita.

CS1

(Fig. 28)

- Caratteristiche: bordi inferiori “piatti” dei corpi vertebrali della seconda, terza e quarta vertebra (C2, C3, C4). C3 e C4 hanno il corpo di forma trapezoidale.
- Significato diagnostico: il picco di crescita mandibolare non avverrà prima di 2 anni.

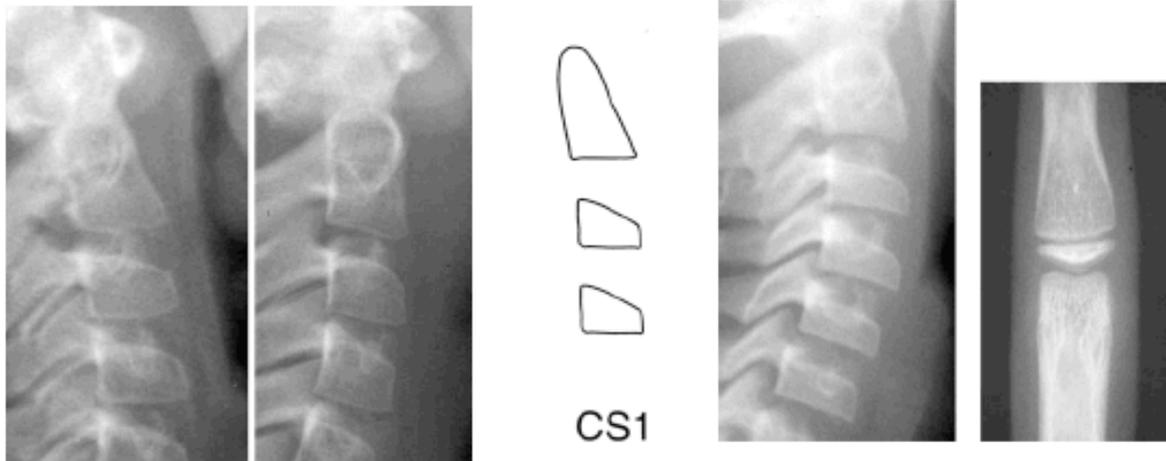


Figura 28

CS2

(Fig. 29)

- Caratteristiche: Bordo inferiore del corpo di C2 con concavità verso in basso di 1 mm circa e bordi inferiori “piatti” dei corpi vertebrali di C3 e C4.
- Significato diagnostico: il picco di crescita mandibolare avverrà non prima di 6 mesi ed entro 1 anno dal momento della Rx. Dopo sei mesi può essere molto utile effettuare un Rx del dito medio per capire se il picco sarà tra 6 mesi od 1 anno.

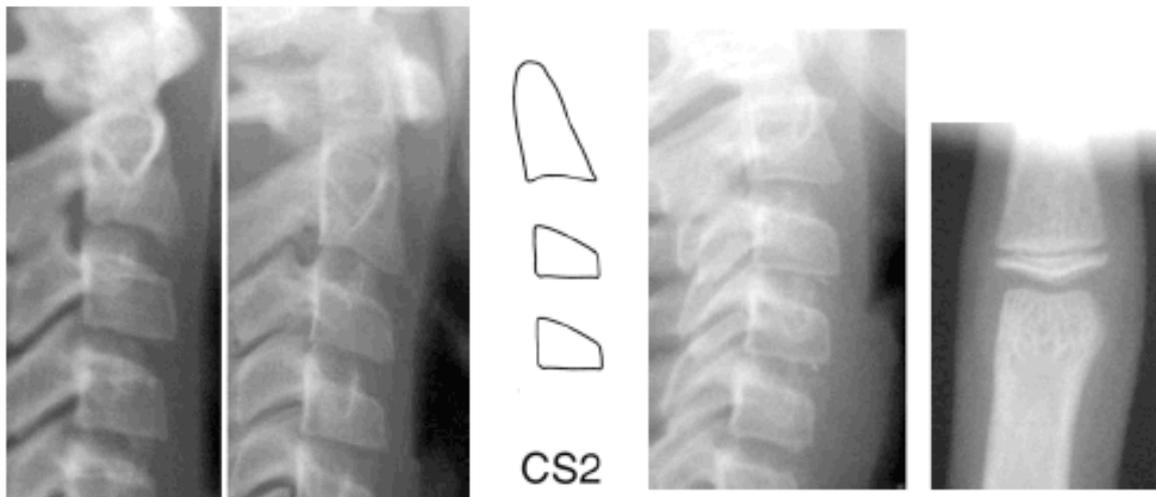


Figura 29

CS3

(Fig. 30)

- Caratteristiche: C2 e C3 devono avere il bordo inferiore del corpo con concavità di 1 mm circa mentre la concavità deve essere assente in C4. Il corpo di C3 e C4 può avere una forma trapezoidale o rettangolare orizzontale (questo però è un dettaglio secondario).
- Significato diagnostico: Il picco di crescita mandibolare inizierà da lì a poco (entro 1anno).

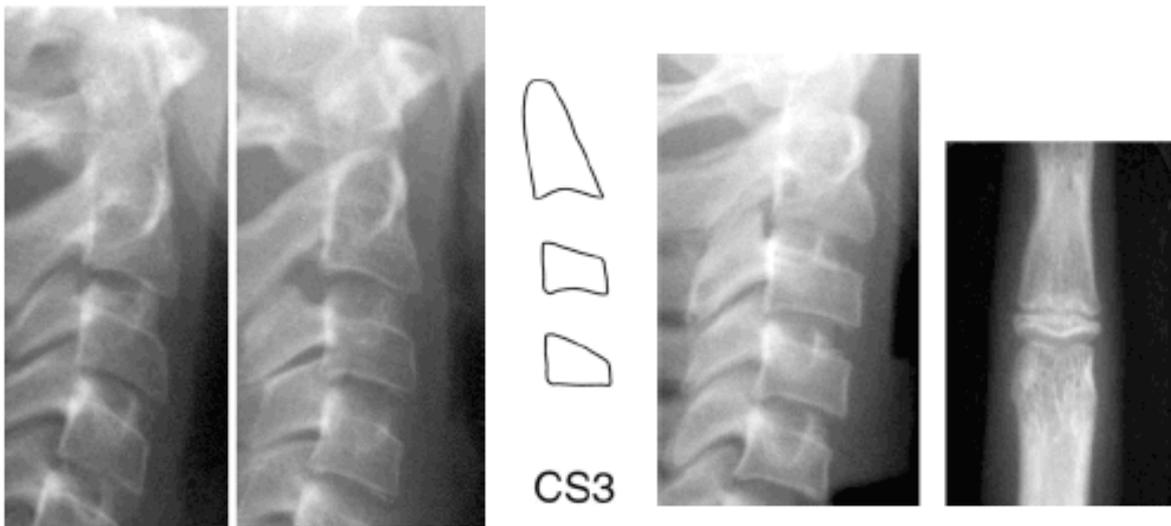


Figura 30

CS4

(Fig. 31)

- Caratteristiche: C3 e C4 presentano il corpo con forma rettangolare orizzontale ed il bordo inferiore concavo. Anche C2 presenta il bordo inferiore con concavità.
- Significato diagnostico: picco di crescita mandibolare avvenuto da poco (non meno di un anno prima massimo 2 anni).

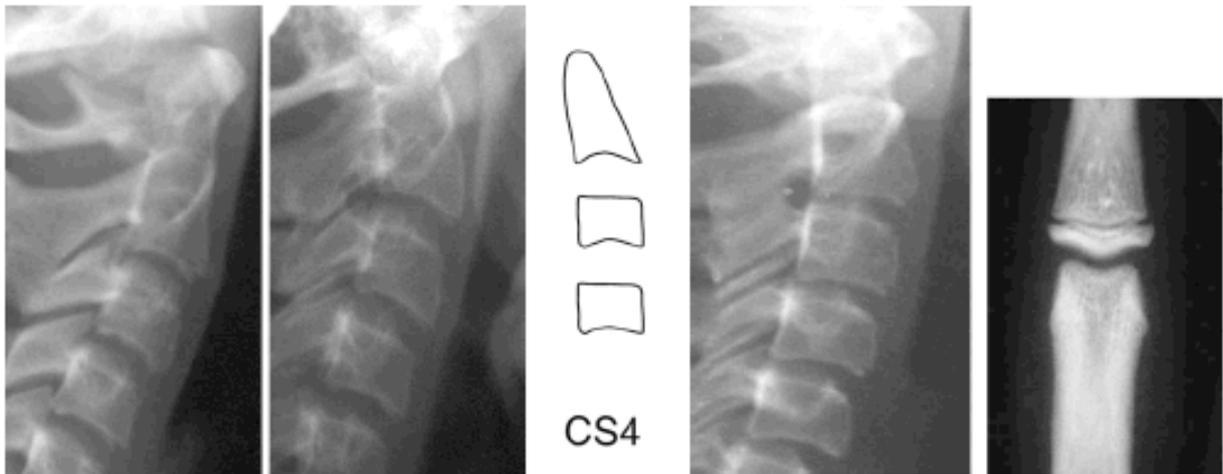


Figura 31

CS5

(Fig. 32)

- Caratteristiche: C3 e/o C4 presentano la forma del corpo vertebrale quadrata.
- Significato diagnostico: picco già terminato da almeno 1 anno.

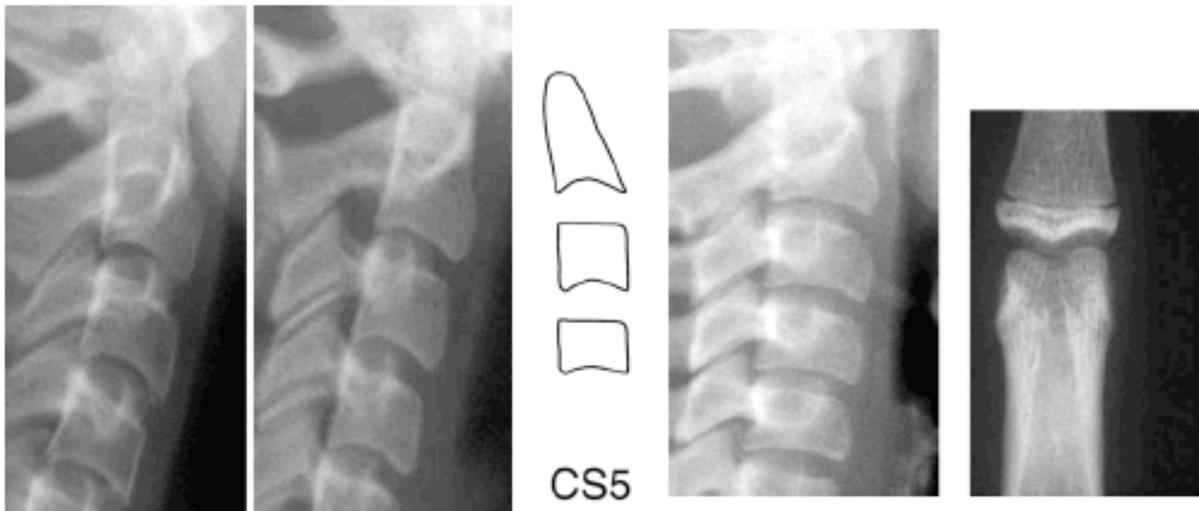


Figura 32

CS6

(Fig. 33)

- Caratteristiche: C3 e/o C4 presentano la forma del corpo vertebrale rettangolare verticale.
- Significato diagnostico: Picco terminato da 2 anni o più. Può essere utile per decidere il momento di chirurgia implantare o per la chirurgia ortognatica di Classe II (ma non per la chirurgia di Classe III).

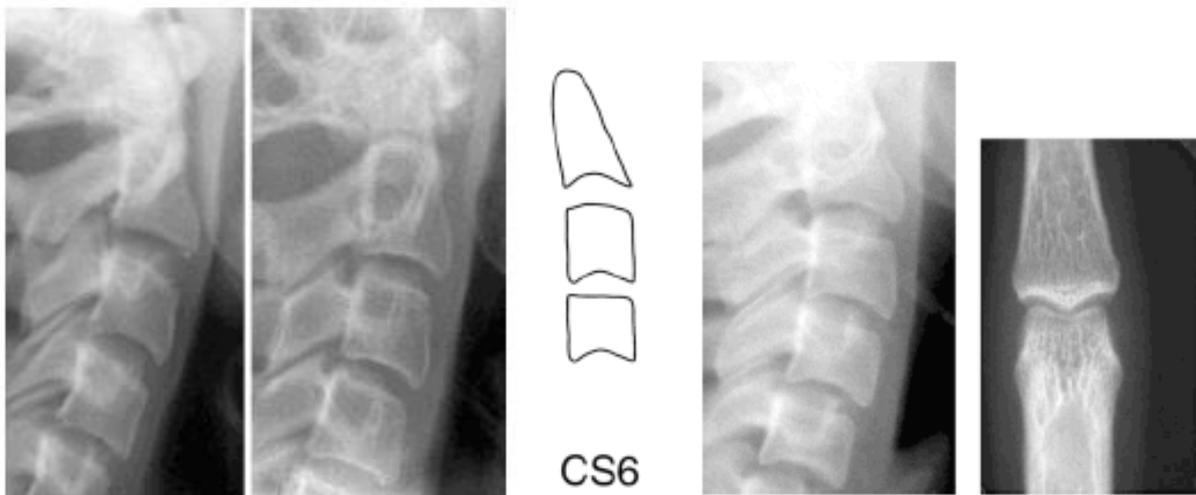


Figura 33

CARATTERISTICHE ANATOMICO-MORFOLOGICHE IDEALI

Due sono le variabili cefalometriche per identificare a priori i candidati ideali alla terapia con apparecchiature ortopedico-funzionali, cioè quei pazienti che risponderanno in maniera particolarmente favorevole, non soltanto a livello scheletrico e dento-alveolare, ma anche a livello del cambiamento del profilo inteso come avanzamento favorevole del Pogonion cutaneo (*Baccetti et al., 2006*):

- L' Angolo Mandibolare Condylion–Gonion–Menton= CoGoMe
- La Distanza dal Pogonion osseo alla Nasion perpendicolar (perpendicolare al piano di Francoforte passante per il punto Nasion)= Pg-NPerp

I pazienti ideali sono soggetti che presentano:

- un angolo mandibolare chiuso CoGoMe < 125.5°
- una marcata retrusione mandibolare Pg-NPerp > 7mm

I soggetti con malocclusione di II Classe, al picco di crescita puberale, con importante retrusione mandibolare, con ripercussioni sul profilo e angolo mandibolare chiuso sono i candidati ideali dai quali ci si può aspettare una risposta particolarmente favorevole per quanto riguarda l'avanzamento del mento e il cambiamento del profilo.

Questo comporta anche dei benefici dal punto di vista estetico del paziente, perché si ottiene sul profilo un cambiamento simil-chirurgico (*Franchi e Baccetti, 2006*).

Quindi, oltre al picco puberale, bisogna prestare attenzione ad un altro aspetto molto importante che è la morfologia mandibolare, in particolare nel candidato ideale l'angolo mandibolare ArGoMe deve essere $< 125.5^\circ$.

Se il "target" della terapia di II classe è stimolare la crescita mandibolare, risulta inefficace trattare con una apparecchiatura funzionale pazienti che presentano un angolo mandibolare aperto; ugualmente se si vogliono ottenere modificazioni sul profilo. L'apparecchiatura funzionale non risulta, in questo caso, efficace perché, nonostante si inizi al momento giusto, cioè al picco, la mandibola non ha delle caratteristiche morfologiche e anatomiche adeguate per rispondere in maniera favorevole alla terapia, quindi si avrà una ottima correzione a livello dento-alveolare ma scheletricamente si ottiene poco o nulla.

ArGoMe $> 125.5^\circ$ è un valore soglia, ma in particolare quando ArGoMe $> 128^\circ$, anche se si agisce al picco e anche se si utilizza l'apparecchiatura più efficiente in assoluto, la risposta scheletrica della mandibola è come quella delle II classi non trattate, poiché è la mandibola che ha, per motivi genetici, una bassa potenzialità di crescita.

CRESCITA DELLE MALOCCLUSIONI DI II CLASSE NON TRATTATE

(ANALISI DELLA LETTERATURA)

La capacità di prevedere con precisione e valutare l'effetto dell'intervento ortodontico è stato attribuito alla nostra conoscenza e la comprensione dei cambiamenti osservati nelle persone trattate e non trattate.

La descrizione e la previsione dei patterns di crescita dei soggetti non trattati costituiscono la base per la pianificazione del trattamento ortodontico quando si considerano il timing, la durata e le forze ortopediche per modificare e reindirizzare la crescita.

Diversi studi indicano che la prevalenza della malocclusione di II Classe è tra il 20% e il 30% della popolazione degli Stati Uniti e che la malocclusione di I Classe è la più comune fino al 36%, a seconda della definizione (*Kelly et al., 1973; Siriwat e Jarabak, 1985*).

Un problema comune alla valutazione clinica è quello di definire ed identificare sottogruppi. In ortodonzia, questo processo è stato effettuato tradizionalmente da metodi soggettivi che non possono affrontare un insieme di variabili in modo matematicamente affidabile. Gli studi cross-sectional come gli studi longitudinali di valutazione del modello di crescita delle II Classi mostrano variabilità dei risultati (*Lundstrom e Woodside, 1983; Ngan et al., 1997*). Questo potrebbe essere spiegato dalle dimensioni relativamente piccole del campione e le differenze nei criteri di inclusione.

Riesmeijer e collaboratori (*Riesmeijer et al., 2004*) hanno voluto incrementare le dimensioni del campione di studio: lo scopo del lavoro era quello di valutare la struttura scheletrica associata ad un gruppo con malocclusione di II Classe

scheletrica confrontandola con 3 database di studi longitudinali su pazienti non trattati, confrontando i modelli di crescita cranio-facciali longitudinali di pazienti con I Classe e II Classe.

Il confronto tra le 3 banche dati hanno mostrato differenze minori. Il modello di crescita cranio-facciale scheletrica del campione di II Classe ha rivelato delle differenze rispetto al campione di I Classe; i campioni di II Classe presentavano una posizione più avanzata del mascellare superiore secondo la misurazione di SNA. La posizione mandibolare (SNB) è risultata essere in posizione più arretrata nelle femmine del gruppo II Classe a 10-14 anni di età.

I campioni di II Classe, di entrambi i sessi, tendevano verso un modello di crescita più verticale, con un angolo SN-GoMe più grande nei campioni di II Classe. L'allungamento della mandibola (Co-Gn) e del corpo mandibolare (Go-Gn) è risultato essere maggiore nei i campioni di II Classe in età 7-14 nelle femmine e 9-14 nei maschi. All'età di 14 anni, non sono state riscontrate differenze riguardo alla lunghezza totale e la lunghezza del corpo mandibolare.

Lo scopo dello studio longitudinale proposto da Gesch (*Gesch, 2000*) è stato quello di analizzare i cambiamenti legati alla crescita di soggetti non tratti con malocclusione di II Classe. Il campione di studio era composto da 40 bambini svedesi con un'età media di 10.1 anni al primo esame e di 12 anni al secondo. L'utilizzo di analisi multivariate ha consentito la valutazione individuale di strutture scheletriche, la posizione degli incisivi ed il profilo dei tessuti molli rispetto alla configurazione craniofacciale iniziale. L'autore ha notato una riduzione dell'angolo di divergenza PP-PM e dell'angolo goniale, accompagnata da una rotazione anteriore mandibolare. Secondo l'analisi "harmony box", la causa più frequente di un rapporto distale tra il mascellare superiore e la mandibola era da attribuire ad uno spostamento anteriore del mascellare superiore.

Un confronto tra la presente inchiesta con altri studi longitudinale ha prodotto risultati simili in termini di tendenze di crescita. Lo studio di Gesch ha mostrato uno spostamento anteriore, praticamente simmetrico, di entrambe i mascellari.

Una crescita mandibolare più forte in senso anteriore, con lieve miglioramento della malocclusione di II Classe, è stata osservata solo tra i gruppi dello studio di Janson e di Muller (*Janson, 1982; Muller, 1992*).

Teleradiografie longitudinali provenienti dall'Ohio State University Growth Study sono stati utilizzati da Ngan e collaboratori (*Ngan et al., 1997*) per confrontare le variazioni di crescita scheletrica tra malocclusione di II Classe I divisione e I Classe di soggetti di sesso femminile di età compresa tra 7 e 14 anni. È stata utilizzata un'analisi morfometrica tensoriale per determinare il tasso di crescita annuale e la direzione. Nessuna differenza significativa è stata riscontrata nelle misurazioni della base cranica tra i soggetti con II Classe e quelli con I Classe.

Nei soggetti con malocclusione di II Classe è stato valutato normale il rapporto tra il mascellare superiore e la base cranica; invece la posizione mandibolare è risultata significativamente più retrusa nei soggetti con II Classe. La lunghezza mandibolare (Co-Gn) e la lunghezza del corpo (Go-Gn) erano più corte nei soggetti con II Classe. Ciò era particolarmente evidente durante il periodo di crescita puberale.

Il differente angolo ANB tra i soggetti con I Classe e II Classe era presente all'età di 7 anni ed è persistito attraverso la pubertà, mantenendo un angolo di convessità maggiore (A-N-Pg) nei soggetti con II Classe. Questi risultati suggeriscono che la malocclusione di Classe II può essere intercettata presto. La maggior parte delle II Classi ha mostrato una retrusione mandibolare scheletrica o una combinazione di anomalie sul piano sagittale o verticale anziché protrusione mascellare. Queste differenze scheletriche rimangono tali attraverso la pubertà senza trattamento ortodontico.

Attraverso studi longitudinali e cross-sectional, Bishara (*Bishara, 1998*) ha proposto uno studio per valutare i cambiamenti riguardo la lunghezza mandibolare ed i rapporti tra mascellare superiore e mandibola in soggetti con malocclusione di II Classe non trattata, dalla dentatura decidua alla dentatura permanente, valutando inoltre, su queste relazioni, gli effetti del trattamento ortodontico con estrazione o meno del primo premolare. Il campione di studio comprendeva 30 soggetti, 15 maschi e 15 femmine, analizzati in 3 fasi, dentatura decidua, dentatura mista e dentatura permanente. Originariamente il campione di studio comprendeva 41 soggetti: l'autore ha escluso, dal campione originale, soggetti con malocclusione di II Classe grave, in quanto erano stati trattati prima della fase di dentatura permanente e 4 soggetti con malocclusione di II Classe II divisione.

Bishara ha voluto sottolineare l'importanza di trattare precocemente soggetti con malocclusione di II Classe grave, poiché non proporre nessun tipo di trattamento per eseguire degli studi sui pattern di crescita di questo tipo di soggetti, avrebbe poi dato origine a problematiche di tipo etico.

Tra i soggetti con II Classe non trattata ed il gruppo controllo, costituito da 35 soggetti normali, 20 maschi e 15 femmine, non affetti da malocclusione, le differenze riguardanti i parametri di lunghezza e posizione mandibolare erano più evidenti nelle prime fasi di sviluppo.

Confronti longitudinali sui profili di crescita indicano che i trend di crescita erano sostanzialmente simili tra i soggetti con II Classe non trattata ed i soggetti normali nei vari parametri a confronto. Nei soggetti con II Classe non trattata era presente una maggior convessità dello scheletro facciale, accompagnata da una tendenza ad una mandibola più retrusa.

Le malocclusioni di II classe propriamente dette, con rapporto di II Classe piena a livello molare, overjet aumentato e rapporti dento-scheletrici di II Classe, evolvono

senza una correzione spontanea della problematica, ovvero restano II Classi. In un suo studio longitudinale Bishara (*Bishara et al., 1997*) affermò “once a Class II, always a Class II” ovvero una volta che si è instaurato un rapporto occlusale di II Classe rimarrà sempre una II Classe; non c’è speranza che la malocclusione si autocorregga.

Bishara e collaboratori (*Bishara et al., 1997*) affermarono che in soggetti con malocclusione di II Classe, presente già in dentatura decidua, il trattamento ortodontico dovrebbe cominciare non appena il clinico ed il paziente sono pronti alla terapia. Alla luce delle poche informazioni riguardo agli sviluppi della malocclusione di II Classe in epoca precoce, Baccetti e collaboratori (*Baccetti et al., 1997*) si sono proposti, attraverso uno studio longitudinale, di determinare se i pattern occlusali e di crescita craniofacciale, già stabiliti nelle II Classi in dentatura decidua, rimangono tali o subiscono dei cambiamenti positivi o negativi nel passaggio con l’epoca di dentatura mista.

Lo studio ha preso in esame un gruppo di 25 soggetti con malocclusione di II Classe non trattata in rapporto ad un gruppo controllo costituito da 22 soggetti non trattati con occlusione ideale. I soggetti sono stati monitorati nel periodo di transizione tra dentatura decidua e dentatura mista, con una durata di circa 2 anni e mezzo, senza che venisse fatto nessun tipo di trattamento ortodontico. I pattern scheletrici della malocclusione di II Classe nella fase di dentatura decidua erano caratterizzati da una significativa retrusione mandibolare e da un deficit di grandezza della stessa. Durante il periodo esaminato, i cambiamenti dei parametri cefalometrici consistevano in un importante incremento della crescita del mascellare superiore in associazione ad un più piccolo incremento riguardante le dimensioni mandibolari dei soggetti con II Classe. Inoltre, nel gruppo di soggetti con II Classe, è stato trovato un piccolo incremento riguardante l’angolo goniale mandibolare a causa di un’inclinazione in basso ed indietro dell’asse condilare,

indice di una rotazione posteriore della mandibola. I risultati del seguente studio indicano come i segni di malocclusione di II Classe sono riconoscibili già in epoca di dentatura decidua e rimangono tali fino alla dentatura mista.

Per quanto riguarda la crescita Stahl e collaboratori (*Stahl et al., 2008*) riportarono che la II Classe cresce a livello mandibolare in maniera diversa dalla I Classe. La misurazione chiave della lunghezza mandibolare è la distanza Co-Gn.

Nelle I Classi al picco puberale la mandibola cresce circa 5.5mm, mentre nelle II Classi decisamente meno, circa 3.5mm; ci sono 2mm di differenza.

Le II Classi non crescono quindi come le I classi, c'è un deficit di crescita mandibolare che si accumula con l'età, questo deficit è particolarmente evidente al picco di crescita puberale ma, comunque sia, la curva di crescita della II Classe resta sempre inferiore rispetto alla curva di crescita della I Classe, tant'è vero che dai 2mm di deficit al picco si arriva ad un deficit complessivo di crescita mandibolare di 2.9mm, questi ulteriori 0.9mm vengono accumulati nelle fasi prima e dopo il picco.

L'entità di crescita mandibolare di un soggetto con occlusione di II Classe è significativamente differente rispetto ad un soggetto con occlusione di I Classe (3mm di deficit).

Dopo la pubertà cosa avviene a lungo termine, cioè dalla tarda adolescenza fino all'età adulta?

In un lavoro condotto da Baccetti e collaboratori (*Baccetti et al., 2009*), si dimostra che la disarmonia dento-scheletrica della malocclusione di II Classe non evidenzia nessun cambiamento significativo di crescita dalla tarda pubertà fino all'età adulta, quindi la malocclusione di II Classe rimane stabile.

Più precisamente dopo il picco di crescita puberale, nell'intervallo dallo stadio CS4 allo stadio CS6, la differenza di crescita mandibolare tra la I Classe e la II Classe è minima, circa 0.7mm, che non è considerata una differenza statisticamente significativa e questa è una ulteriore garanzia per la stabilità dei risultati.

INTRODUZIONE ALLO STUDIO

Poche branche della medicina sottopongono lo specialista ad un percorso logico così tortuoso nella comprensione del caso clinico come l'ortodonzia. Nella pratica quotidiana, l'ortodontista si deve misurare con un fronte di conoscenze in continua espansione, con il progressivo allargamento dell'offerta merceologica, con un numero crescente di ipotesi cliniche e patogenetiche spesso in conflitto reciproco, nonché con richieste talvolta contraddittorie da parte del paziente.

L'ortodontista, quindi, sente il bisogno di una base di partenza diagnostica sicura: purtroppo, la diagnosi ortodontica è esposta ad una quantità di variabili così numerosa e così variamente articolata nei rapporti di reciprocità da risultare talvolta insostenibile anche per un veterano. E' pertanto utile ricorrere ad un supporto informatico al ragionamento clinico in grado di condurre l'operatore attraverso la moltitudine di informazioni per pervenire ad una formalizzazione diagnostica, ad una sintesi operativa, ovvero ad una scelta terapeutica.

La definizione della qualità della crescita del complesso craniofacciale, sia in termini quantitativi sia in termini di direzione, è da sempre riconosciuta come un elemento cruciale per un trattamento ortodontico efficace. La predizione della crescita aiuta l'operatore a stabilire il miglior piano di trattamento, sia in termini di risultato che di stabilità nel tempo. Prima di iniziare il trattamento di un paziente affetto da malocclusione di II Classe, è di enorme importanza per l'operatore sapere se la futura crescita scheletrica tenderà a favorire, o ad avversare, gli effetti benefici del trattamento. Lo scopo della tesi è quello di analizzare l'evoluzione nel tempo di alcune caratteristiche craniofacciali di un campione di soggetti con malocclusione di II Classe Divisione 1 non trattata, al fine di individuare dati cefalometrici indicativi di regole auxologiche generalizzabili, nonché di mettere in evidenza eventuali fenomeni autocorrettivi del pattern craniofacciale nel corso della crescita.

MATERIALI E METODI

Il presente studio è stato svolto su un campione di 335 soggetti (161 femmine e 174 maschi) con malocclusione di II Classe non trattata, selezionati presso il dipartimento di Ortognatodonzia dell'Università di Firenze e dell'University of Michigan, con un età compresa tra gli 8 ed i 15 anni.

L'intero campione doveva possedere determinate caratteristiche, a seguito di un'attenta anamnesi e raccolta di dati clinici, e dovevano rispondere ai seguenti criteri di inclusione:

- Razza caucasica;
- Malocclusione di II Classe Divisione 1 con rapporto molare di II Classe piena o cuspid/cuspid, overjet aumentato (maggiore di 3 mm) e angolo ANB maggiore di 3 gradi;
- Teleradiografie di buona qualità;
- Nessun tipo di trattamento ortodontico pregresso;
- Soggetti contemporanei con data di nascita compresa tra il 1970 e il 2000;
- Assenza di sindromi cranio facciali, schisi labiale e/o palatale;

Il calcolo della dimensione campionaria è stato effettuato utilizzando il software Open Epi (versione 3) utilizzando i dati di uno studio simile di Stahl e collaboratori (*Stahl et al., 2008*). Per una differenza clinicamente significativa di 2.0 gradi ed una deviazione standard di 2.1 gradi è necessario che i campioni siano costituiti da almeno 24 soggetti per un valore di alfa pari a 0.05 e una potenza dello studio del 90%.

Più specificatamente l'intero campione, comprensivo sia di individui di sesso maschile sia di sesso femminile, è stato suddiviso in 6 gruppi:

- 8 anni: 71 soggetti (39 femmine ♀ età media 8.1 +/- 0.1 anni, 32 maschi ♂ età media 8.1 +/- 0.3);
- 9 anni: 73 soggetti (39 femmine ♀ età media 8.9 +/- 0.4 anni, 34 maschi ♂ età media 9.0 +/- 0.3);
- 10-11 anni: 52 soggetti (20 femmine ♀ età media 11.1 +/- 0.2 anni, 32 maschi ♂ età media 10.8 +/- 0.6 anni);
- 12 anni: 53 soggetti (26 femmine ♀ età media 11.9 +/- 0.3 anni, 27 maschi ♂ età media 11.6 +/- 1.9 anni);
- 13 anni: 47 soggetti (21 femmine ♀ età media 12.9 +/- 0.3 anni, 26 maschi ♂ età media 13.0 +/- 0.4 anni);
- 14-15 anni: 39 soggetti (16 femmine ♀ età media 14.1 +/- 0.6 anni, 23 maschi ♂ età media 14.1 +/- 0.5 anni).

Di ciascun paziente sono state prese in esame le teleradiografie in proiezione latero-laterale pre-trattamento ortodontico.

Il gruppo con malocclusione di II Classe è stato confrontato con un gruppo controllo di 121 soggetti (58 maschi e 63 femmine) caucasici rappresentativo della popolazione normale, per la maggior parte costituito da soggetti non trattati con caratteristiche di occlusione normale di I Classe (I Classi 62%, II Classi 33%, III Classi 5%). I dati cefalometrici dai 4 ai 20 anni di questi soggetti sono riportati nell'atlante cefalometrico di Bhatia e Leighton (*Bhatia e Leighton, 1993*).

Analisi cefalometrica

La valutazione cefalometrica è stata svolta su teleradiografie in proiezione latero-laterale ed i tracciati sono stati eseguiti interamente a mano. I radiogrammi di ciascun paziente sono stati digitati con un digitalizzatore (*Numonics, Lansdale, Pennsylvania*) in aggiunta all'impiego di un software cefalometrico (*Viewbox, ver. 3.0, D. Halazonetis, Athens, Greece*).

Si è ricorsi ad un'analisi cefalometrica di McNamara modificata (*McNamara e Brudon, 2001*) e sono stati valutati 22 diversi parametri, sia lineari che angolari:

1. *S-N (mm)*: Piano della base cranica anteriore;
2. *NSAr (°)*: Angolo della sella, formato dal punto Nasion, punto Sella e punto Articolare;
3. *S-Ar (mm)*: Piano della base cranica posteriore;
4. *SNA (°)*: è l'angolo compreso tra il punto S (sella turcica), il nasion (N) e il punto A (punto sovraspinale della mascella);
5. *SNB (°)*: l'angolo compreso tra il punto S (sella turcica), il nasion (N) e il punto B (punto submentale della mandibola);
6. *ANB (°)*: Angolo di Ballard formato dal punto A, Nasion e punto B;
7. *Wits (mm)*: Distanza tra le proiezioni ortogonali dei punti A e B sul piano occlusale funzionale.
8. *Co-A (mm)*: Lunghezza del terzo medio della faccia misurata dal Condilion al punto A;
9. *Co-Gn (mm)*: Lunghezza della mandibola misurata dal Condilion al Gnation anatomico;

10. Go-Pg (mm): Lunghezza del corpo mandibolare;
11. PP-SN (°): Angolo formato dai prolungamenti degli assi del piano palatino e del piano della base cranica anteriore;
12. SN-GoGn (°): Angolo di divergenza di Shudy, formato dal piano della base cranica anteriore ed il piano mandibolare;
13. PP-PM (°): Angolo formato dai prolungamenti degli assi del piano palatino e del piano mandibolare;
14. ArGoMe (°): Angolo mandibolare/angolo goniale;
15. N-Me (mm): Altezza facciale totale anteriore;
16. Co-Go (mm): Lunghezza del ramo mandibolare;
17. Overjet (mm): Distanza in senso sagittale tra il margine incisale dell'incisivo centrale superiore e la faccia vestibolare dell'incisivo centrale inferiore;
18. Overbite (mm): Distanza in senso verticale tra i margini incisali degli incisivi centrali superiore ed inferiore;
19. U1PP (°): Angolo formato dall'asse dell'incisivo centrale superiore rispetto al piano palatino;
20. FMIA (°): Angolo tra l'asse dell'incisivo inferiore ed il piano di Francoforte;
21. IMPA (°): Angolo tra l'asse dell'incisivo inferiore e il piano mandibolare;
22. Interincisal angle (°): Angolo formato dagli assi dell'incisivo centrale superiore ed inferiore;

Tutti i valori cefalometrici sia per il gruppo II Classe che per il gruppo controllo sono stati riportati ad un ingrandimento dello 0% ovvero dimensioni reali dei soggetti.

Analisi statistica

L'errore di metodo è stato calcolato su 30 teleradiografie scelte in maniera casuale tra tutte quelle del campione con II Classe. Le teleradiografie sono state tracciate e digitate a distanza di 2 settimane dalla prima digitazione. L'errore sistematico è stato calcolato con il t test di student per dati appaiati (Houston, 1983) mentre l'errore random è stato calcolato con la formula di Dahlberg (Dahlberg, 1940).

Per tutte le variabili cefalometriche nei 6 gruppi suddivisi per età cronologica è stata calcolata la statistica descrittiva sia per il gruppo II Classe che per il gruppo controllo. I due gruppi sono stati confrontati statisticamente alle diverse età con il t test di student per dati indipendenti utilizzando la correzione di Holm-Bonferroni per il valore del P per i confronti multipli (Holm, 1979).

Come in altre branche biomediche, anche in ortodonzia i dati si presentano spesso in forma eterogenea, ridondante, non strutturata. È quindi logico il tentativo di ricorrere a strumenti in grado di dipanare la complessità dei dati clinici e/o cefalometrici. Uno di questi, già utilizzato in svariati ambiti fisici, econometrici, ecologici, utilizza la rappresentazione dei dati oggetto di studio in forma di reti di relazioni, i cosiddetti grafi.

Un grafo è un insieme di elementi detti nodi o vertici che possono essere collegati fra loro da linee chiamate archi o lati o spigoli. Più formalmente, si dice grafo una coppia ordinata $G = (V, E)$ di insiemi, con V insieme dei nodi ed E insieme degli archi, tali che gli elementi di E siano coppie di elementi di V (da $E \subseteq V \times V$ segue in particolare che $|E| \leq |V|^2$).

I recenti progressi nella complessità della scienza, hanno reso disponibili ulteriori strumenti di calcolo di analisi di grandi insiemi di dati in problemi coinvolgendo più agenti che interagiscono tra loro, riducendo un sistema biologico e/o medico in una rappresentazione semplificata che cattura la struttura di co-occorrenze tra i

componenti, permettendo di esaminare una quantità enorme di fattori simultaneamente. Questi modelli di interconnessione locale e globale sono chiamati network o reti (*Caldarelli e Catanzaro, 2002*).

L'inferenza dei network permette di ricavare informazioni sull'identità e lo stato degli elementi di un sistema, le loro relazioni funzionali ed estrapola un'intuizione biologica ed una previsione nei processi biologici complessi.

Attraverso i network, il sistema di crescita craniofacciale può essere modellato come una struttura aggregata di una varietà di agenti in cui le informazioni cliniche (radiografico, funzionale, etc.) possono essere trasformati in nodi e le relazioni tra questi nodi sono conosciute come collegamenti.

Ogni componente dei network può essere considerato come un'unità di elaborazione di informazioni. Nel network semplice (Fig. 34) a prima vista alcuni nodi sembrano avere più collegamenti con altri nodi (B, I e L). Un'analisi più accurata rivela che un ruolo molto importante è svolto dal nodo F, che è un nodo intermedio fondamentale.

La maggior parte delle informazioni che circolano nel sistema deve fluire da questo nodo. Se il nodo F venisse rimosso, il network verrebbe smontato in tre gruppi di nodi non più collegati.

Quindi, il nodo F ha un ruolo di controllo, chiamata anche intermediazione o 'betweenness', tra gli altri nodi della rete, anche se non ha un alto punteggio di centralità, basato sul numero di collegamenti del nodo o 'gradi' (*Auconi et al., 2011*).

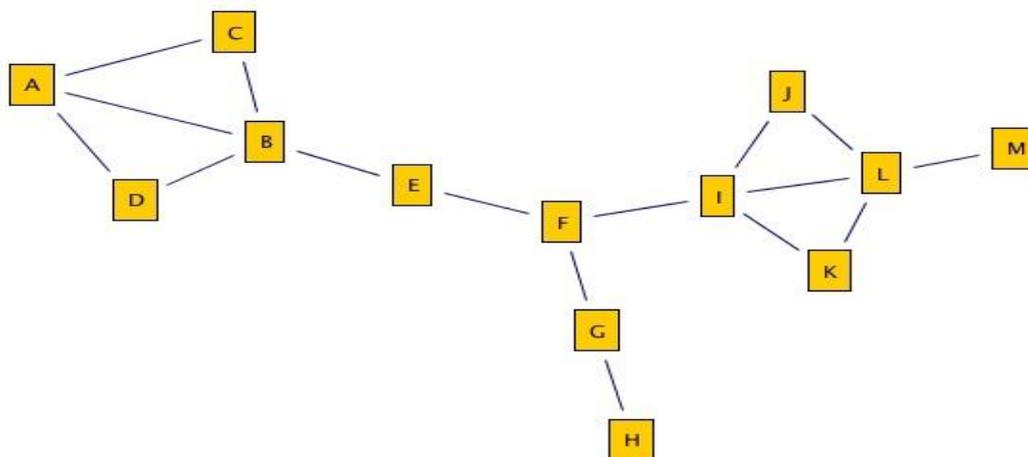


Figura 34: rappresentazione grafica di un Network semplice (Auconi et al., 2014)

In statistica per correlazione si intende una relazione tra due variabili statistiche tale che a ciascun valore della prima variabile corrisponda con una "certa regolarità" un valore della seconda. Non si tratta necessariamente di un rapporto di causa-effetto, ma semplicemente della tendenza di una variabile a variare in funzione di un'altra. Talvolta le variazioni di una variabile dipendono dalle variazioni dell'altra, talvolta sono comuni; talvolta sono reciprocamente dipendenti. Se dunque si cerca una correlazione statistica tra due grandezze ai fini della determinazione di una possibile relazione di causa-effetto si deve essere certi che non si tratti eventualmente di una correlazione spuria.

La correlazione si dice diretta o positiva quando variando una variabile in un senso anche l'altra varia nello stesso senso; si dice indiretta o inversa o negativa quando variando una variabile in un senso l'altra varia in senso inverso. La correlazione si dice semplice quando i fenomeni posti in relazione sono due; doppia quando i fenomeni sono tre; tripla quando sono quattro ecc.

Il grado di correlazione fra due variabili viene espresso mediante i cosiddetti indici di correlazione. Questi assumono valori compresi tra -1 , quando le variabili considerate sono inversamente correlate, e $+1$, quando vi sia correlazione assoluta cioè quando alla variazione di una variabile corrisponde una variazione rigidamente dipendente dall'altra, ovviamente un indice di correlazione pari a zero indica un'assenza di correlazione. Due variabili indipendenti hanno sicuramente un indice di correlazione pari a 0, ma al contrario un valore pari a 0 non implica necessariamente che le due variabili siano indipendenti.

Utilizzando i coefficienti di correlazione riscontrati tra le variabili cefalometriche è stata eseguita una serie di grafi, specifici per età, al fine di stabilire ulteriori proprietà strutturali desumibili dalla base di dati.

I grafi per ogni gruppo di età, sono stati eseguiti con un cosiddetto taglio a 50 (*Network T_50*) ovvero, tenendo presente i valori massimi di correlazione indicati con $+1$ ed i valori minimi indicati con -1 , abbiamo preso in considerazione solo le correlazioni che possedevano dei valori compresi tra $0,50$ ed 1 e tra $-0,50$ e -1 . Le correlazioni di scarsa entità, sia positiva che negativa, ma anche quelle tendenti allo 0, non sono state prese in considerazione nei grafi, proprio per evidenziare i parametri con forti e deboli correlazioni.

Inoltre verranno indagate quali variabili cefalometriche mantengono valori di correlazione superiori a 0.50 o inferiori a -0.50 nei successivi gruppi di età per cercare di comprendere quali associazioni abbiano un maggiore peso nel determinismo dei reciproci rapporti scheletrici e dentali nella malocclusione di II Classe con la crescita.

Un ulteriore strumento informatico innovativo in grado di estrarre dati cruciali circa la complessa dinamica delle caratteristiche craniofacciali nel corso della crescita è costituito dall'analisi dell'Importanza Relativa (Relative Importance Analysis o

“Relaimpo”) (*Gromping, 2006*). Si tratta di un utile supplemento allo strumento statistico tradizionalmente utilizzato nell’analisi di dati biomedici: la regressione multipla.

Nella regressione lineare semplice, abbiamo immaginato che una certa variabile Y dipendesse dall'andamento di un'altra variabile (X), in maniera lineare con andamento crescente o decrescente. Abbiamo quindi visto come realizzare e disegnare la retta che pone in relazione le due variabili, e come valutare la bontà del modello.

Nella realtà (scientifica, economica, psicometrica, etc.), quasi mai un evento dipende solamente dall'andamento di un certo fattore. Tutti gli eventi (anche i più comuni) sono influenzati da numerosissimi elementi. Risulta pertanto molto più utile formulare un modello che tenga conto di tutte queste influenze (o, come vedremo in seguito, delle influenze maggiori).

Ciò si ottiene con lo studio della regressione lineare multipla (o *multivariata*). In generale si indica con Y la variabile dipendente, e con X seguito da un numero in pedice le variabili indipendenti che si suppone abbiano un effetto. Le X vengono chiamate predittori e la formula generale del modello che cerchiamo è:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$$

β_0 è l'intercetta, mentre β_1, β_2 eccetera, sono i regressori, i quali rappresentano il coefficiente angolare della retta che otterremmo al variare del predittore corrispondente, qualora tutti gli altri predittori fossero costanti. La rappresentazione grafica dipende dal numero di predittori che si vogliono considerare. Con un solo predittore, si ottiene (come abbiamo visto) una retta; con 2 predittori si ottiene un piano nello spazio a 3 dimensioni; con 3 o più predittori

non è possibile la rappresentazione grafica, in quanto occorrerebbe rappresentare uno spazio a più di 3 dimensioni.

L'informazione fornita è particolarmente utile nell'individuare predittori di specifiche patologie: in particolare, l'analisi Relaimpo è in grado di indicare il contributo di ogni singolo predittore riguardo all'output di interesse. In campo ortodontico, questa informazione risulta particolarmente utile nel valutare il contributo fornito da specifici parametri dentoscheletrici nel condizionare la gravità di una dismorfosi o la sua evoluzione nel tempo.

L'analisi Relaimpo è in grado di individuare il ruolo svolto da ciascun predittore nella equazione di regressione anche in presenza di forti correlazioni tra i dati (Relaimpo First). Questo tipo di analisi è stata applicata allo scopo di determinare il contributo relativo delle caratteristiche cefalometriche allo squilibrio sagittale tipico della malocclusione di II Classe. Questa scelta è stata motivata dal fatto che le variabili dentoscheletriche sono tutte correlate tra loro, in maggiore o minore misura.

La statistica descrittiva e i t test di student sono stati eseguiti con un software statistico (SigmaStat 3.5; Systat Software, Point Richmond, California). L'analisi network è stata eseguita con il software KNIME (www.knime.com) e i network sono stati visualizzati con il software yEd (www.yWorks.org). Infine l'analisi dell'Importanza Relativa è stata eseguita con il pacchetto "Relaimpo" per il software statistico R.

RISULTATI

L'analisi dell'errore di metodo non ha messo in evidenza errori sistematici significativi per nessuna delle variabili cefalometriche. Per quanto riguarda l'errore random questo è risultato essere pari a 0.8 gradi in media per le misure angolari e 0.9 mm in media per le misure lineari.

La statistica descrittiva per il gruppo II Classe e per il gruppo controllo è riportato nelle Tabelle 2 e 3.

Parametro	8 anni		9 anni		10-11 anni		12 anni		13 anni		14-15 anni	
	media	DS	media	DS	media	DS	media	DS	media	DS	media	DS
S-N mm	64.2	3.4	65.5	2.0	66.3	5.4	67.4	1.6	68.6	2.7	70.2	7.1
NSAr °	125.7	5.5	125.9	5.6	124.7	5.1	123.4	4.6	124.9	5.5	124.2	4.4
S-Ar mm	29.7	2.7	30.2	2.7	31.3	3.2	31.7	2.6	32.5	3.3	34.2	4.9
SNA °	81.0	3.9	81.0	3.3	82.0	3.7	81.7	2.9	81.3	3.5	81.8	3.0
SNB °	73.9	3.4	74.4	3.3	76.0	3.4	75.9	2.6	75.5	3.3	76.1	2.8
ANB °	7.1	1.8	6.6	1.8	6.0	2.0	5.8	1.9	5.9	2.0	5.7	2.1
Wits mm	2.7	2.8	2.3	2.9	2.9	2.8	2.7	2.3	3.0	2.1	3.0	3.0
Co-A mm	78.4	4.2	80.3	4.0	83.3	7.0	83.9	3.1	86.4	4.5	89.0	8.7
Co-Gn mm	94.9	5.5	97.5	4.8	100.8	8.1	103.5	4.1	107.2	5.8	110.7	11.9
Go-Pg mm	62.7	4.3	65.0	4.1	66.5	5.8	67.2	3.7	69.5	4.6	71.9	8.1
PP-SN°	7.3	2.9	7.5	3.6	6.3	3.3	5.9	3.3	6.7	3.0	6.9	3.0
SN-GoGn °	38.4	4.8	36.8	6.0	33.4	4.9	35.4	5.4	35.8	5.7	35.0	5.1
PP-PM °	31.1	4.5	29.3	5.8	27.1	5.0	29.5	5.7	29.1	5.3	28.1	4.9
ArGoMe °	132.2	4.5	129.5	5.5	127.7	5.9	130.4	5.1	129.3	3.9	127.4	4.9
N-Me mm	102.0	6.7	103.3	5.7	103.5	7.6	106.0	5.2	110.1	7.4	114.7	12.9
Co-Go mm	44.5	3.5	46.6	3.2	47.9	4.9	49.6	3.5	52.0	4.0	53.8	6.3
Overjet mm	7.1	2.2	6.7	1.9	7.1	2.6	6.6	2.2	7.1	2.8	6.9	2.7
Overbite mm	1.3	3.1	2.4	2.6	3.3	2.1	3.8	1.5	3.6	2.2	3.8	1.8
U1PP °	112.6	6.4	112.1	7.3	112.2	7.1	111.6	6.2	112.6	6.7	111.4	7.8
FMIA °	58.9	5.5	58.8	6.4	61.7	6.7	57.6	6.3	58.2	6.5	58.8	8.1
IMPA °	94.2	5.7	95.4	6.4	96.2	6.8	95.5	7.5	95.4	7.4	97.0	7.7
Interincisal °	122.1	8.7	123.3	8.8	124.5	9.6	123.4	7.3	122.9	9.6	123.5	11.3

Tabella 2: statistica descrittiva per il campione II Classe

Parametro	8 anni		9 anni		10-11 anni		12 anni		13 anni		14-15 anni	
	media	DS	media	DS	media	DS	media	DS	media	DS	media	DS
S-N mm	63.1	2.2	63.9	2.3	64.9	2.4	65.9	2.4	66.7	2.4	67.6	2.6
NSAr °	123.9	4.9	123.9	4.8	124.1	4.8	124.3	5.0	124.4	5.1	124.9	5.0
S-Ar mm	28.8	2.5	29.6	2.5	30.7	2.6	31.7	2.6	32.2	2.7	33.0	2.7
SNA °	79.3	3.7	79.4	3.7	79.7	3.7	80.1	3.8	80.3	3.8	80.4	4.0
SNB °	76.2	3.3	76.4	3.3	76.8	3.5	77.3	3.7	77.6	3.8	77.9	3.9
ANB °	3.5	2.3	3.3	2.3	3.1	2.3	2.9	2.4	2.8	2.5	2.5	2.5
Wits mm	2.2	2.5	2.0	2.6	2.0	2.8	2.1	2.9	1.9	3.0	1.8	3.3
Co-A mm	75.3	3.1	76.6	3.2	78.4	3.3	80.4	3.4	81.6	3.5	83.4	3.7
Co-Gn mm	95.9	3.7	98.0	3.8	101.0	4.0	104.3	4.5	106.7	4.6	110.2	4.7
Go-Pg mm	62.4	3.1	64.1	3.2	66.2	3.4	68.5	3.5	69.9	3.6	71.7	3.8
PP-SN°	6.9	3.2	7.0	3.0	7.1	3.2	7.1	3.4	7.2	3.5	7.5	3.5
SN-GoGn °	36.6	4.9	36.3	4.9	35.9	5.2	35.4	5.4	35.1	5.6	34.6	6.0
PP-PM °	29.7	4.6	29.3	4.7	28.8	4.8	28.3	5.0	27.9	5.4	27.2	5.7
ArGoMe °	132.0	4.4	131.6	4.4	131.0	4.4	130.4	4.5	130.0	4.5	129.3	4.6
N-Me mm	99.7	4.7	101.5	4.7	104.4	5.0	107.1	5.6	109.2	6.0	112.4	6.3
Co-Go mm	45.4	2.9	46.3	2.9	47.9	2.9	50.5	3.3	52.0	3.6	54.4	3.7
Overjet mm	3.6	2.0	4.1	1.7	4.2	1.4	4.1	1.4	4.1	1.4	3.8	1.3
Overbite mm	1.0	2.9	2.6	2.0	3.2	1.8	3.4	1.7	3.3	1.6	3.3	1.8
U1PP °	108.5	6.5	109.6	6.5	109.5	6.7	109.5	7.2	109.4	7.2	109.4	7.4
FMIA °	64.8	7.5	64.2	7.4	63.9	7.9	63.9	8.2	64.0	8.1	65.5	7.9
IMPA °	89.4	6.7	90.1	6.7	90.8	6.8	91.2	7.0	91.0	7.1	90.7	7.2
Interincisal °	132.5	9.6	131.3	9.6	131.2	9.7	131.2	10.3	132.0	10.2	132.9	10.4

Tabella 3: statistica descrittiva per il campione controllo

I confronti statistici tra il gruppo II Classe e il gruppo controllo effettuati con il t test di Student con la correzione di Holm-Bonferroni sono riportati nelle Tabelle 4 e 5.

Parametro	8 anni				9 anni				10-11 anni			
	Diff.	I.C. 95%	P		Diff.	I.C. 95%	P		Diff.	I.C. 95%	P	
S-N mm	1.1	0.300	1.900	0.036	1.5	0.832	2.368	0.015	1.3	0.018	2.782	0.235
NSAr °	1.9	0.285	3.315	0.060	2.0	0.505	3.495	0.045	0.6	-0.991	2.191	0.458
S-Ar mm	0.9	0.139	1.661	0.060	0.6	-0.177	1.377	0.129	0.6	-0.372	1.572	0.225
SNA °	1.7	0.551	2.849	0.028	1.6	0.511	2.689	0.028	2.3	1.038	3.562	0.015
SNB °	-2.2	-3.286	-1.314	0.015	-2.0	-2.976	-1.024	0.015	-0.8	-1.936	0.336	0.166
ANB °	3.6	2.971	4.229	0.015	3.3	2.678	3.922	0.015	2.9	2.157	3.643	0.015
Wits mm	0.5	-0.272	1.272	0.203	0.3	-0.482	1.082	0.450	0.9	-0.026	1.826	0.235
Co-A mm	3.1	2.052	4.148	0.001	3.8	2.539	4.861	0.015	4.9	3.023	6.777	0.015
Co-Gn mm	-1.0	-2.315	0.315	0.135	-0.5	-1.846	0.846	0.465	-0.2	-2.343	1.943	0.854
Go-Pg mm	0.3	-0.761	1.361	0.578	0.9	-0.180	1.980	0.102	0.2	-1.333	1.933	0.717
PP-SN°	0.4	-0.513	1.313	0.389	0.5	-0.447	1.447	0.299	-0.8	-1.878	0.278	0.145
SN-GoGn °	1.9	0.364	3.236	0.060	0.5	-1.036	2.036	0.522	-2.5	-4.173	-0.827	0.032
PP-PM °	1.4	0.052	2.748	0.060	0.0	-1.478	1.47	1.000	-1.7	-3.291	-0.109	0.216
ArGoMe °	0.2	-1.111	1.511	0.764	-2.1	-3.503	-0.697	0.028	-3.3	-4.891	-1.709	0.015
N-Me mm	2.3	0.668	3.932	0.036	1.8	0.285	3.315	0.064	-0.9	-3.110	1.310	0.423
Co-Go mm	-0.8	-1.826	0.0261	0.060	0.3	-0.630	1.230	0.525	0.0	-1.278	1.278	1.000
Overjet mm	3.5	2.867	4.133	0.015	2.6	2.076	3.124	0.015	2.9	2.270	3.530	0.015
Overbite mm	0.3	-0.606	1.206	0.514	-0.2	-0.881	0.481	0.563	0.1	-0.538	0.738	0.757
U1PP °	4.1	2.137	6.063	0.015	2.6	0.469	4.531	0.064	2.7	0.411	4.989	0.147
FMIA °	-5.9	-7.917	-3.883	0.015	-5.4	-7.489	-3.311	0.015	-2.2	-4.702	0.302	0.252
IMPA °	4.8	2.925	6.675	0.015	5.3	3.352	7.248	0.015	5.4	3.164	7.636	0.015
Interincisal °	-10.4	-13.21	-7.590	0.015	-8.0	-10.81	-5.185	0.015	-6.6	-9.938	-3.462	0.015

Tabella 4: Confronti statistici tra gruppo II Classe e gruppo controllo per gli 8, 9 e 10-11 anni. Diff. = Differenza tra le medie; I.C. 95% intervallo di confidenza al 95%

Parametro	12 anni				13 anni				14-15 anni			
	Diff.	I.C. 95%		P	Diff.	I.C. 95%		P	Diff.	I.C. 95%		P
S-N mm	1.5	0.829	2.171	0.015	1.9	1.056	2.744	0.015	2.6	1.089	4.111	0.015
NSAr °	-0.9	-2.409	0.609	0.241	0.5	-1.269	2.269	0.578	-0.7	-2.468	1.068	0.435
S-Ar mm	0.0	-0.806	0.806	1.000	0.3	-0.677	1.277	0.545	1.2	-0.023	2.423	0.270
SNA °	1.6	0.488	2.712	0.040	1.0	-0.287	2.287	0.127	1.4	0.007	2.793	0.270
SNB °	-1.4	-2.445	-0.355	0.063	-2.1	-3.345	-0.855	0.015	-1.8	-3.133	-0.467	0.064
ANB °	2.9	2.204	3.596	0.015	3.1	2.295	3.905	0.015	3.2	2.324	4.076	0.015
Wits mm	0.6	-0.241	1.441	0.161	1.1	0.157	2.043	0.138	1.2	0.025	2.375	0.045
Co-A mm	3.5	2.477	4.523	0.015	5.8	4.509	7.091	0.015	5.6	3.655	7.545	0.015
Co-Gn mm	-0.8	-2.154	0.554	0.245	0.5	-1.184	2.184	0.558	0.5	-2.093	3.093	0.704
Go-Pg mm	-1.3	-2.406	-0.194	0.126	-0.4	-1.724	0.924	0.552	0.2	-1.681	2.081	0.834
PP-SN°	-1.2	-2.243	-0.157	0.126	-0.5	-1.643	0.643	0.389	-0.6	-1.832	0.632	0.337
SN-GoGn °	0.0	-1.673	1.673	1.000	0.7	-1.210	2.610	0.470	0.4	-1.708	2.508	0.708
PP-PM °	1.2	-0.425	2.825	0.147	1.2	-0.623	3.023	0.196	0.9	-1.107	2.907	0.377
ArGoMe °	0.0	-1.459	1.459	1.000	-0.7	-2.173	0.773	0.350	-1.9	-3.600	-0.200	0.203
N-Me mm	-1.1	-2.795	0.595	0.202	0.9	-1.278	3.078	0.416	2.3	-0.746	5.346	0.138
Co-Go mm	-0.9	-1.944	0.144	0.273	0.0	-1.261	1.261	1.000	-0.6	-2.224	1.024	0.467
Overjet mm	2.5	1.948	3.052	0.015	3.0	2.327	3.673	0.001	3.1	2.438	3.762	0.015
Overbite mm	0.4	-0.118	0.918	0.129	0.3	-0.326	0.926	0.345	0.5	-0.167	1.167	0.141
U1PP °	2.1	-0.078	4.278	0.236	3.2	0.755	5.64	0.077	2.0	-0.784	4.784	0.158
FMIA °	-6.3	-8.661	-3.939	0.015	-5.8	-8.485	-3.115	0.015	-6.7	-9.591	-3.809	0.015
IMPA °	4.3	2.078	6.522	0.015	4.4	2.045	6.755	0.015	6.3	3.637	8.963	0.015
Intericisal °	-7.8	-10.761	-4.839	0.015	-9.1	-12.57	-5.625	0.015	-9.4	-13.347	-5.453	0.015

Tabella 5: Confronti statistici tra gruppo II Classe e gruppo controllo per i 12, 13 e 14-15 anni. Diff. = Differenza tra le medie; I.C. 95% intervallo di confidenza al 95%

Per quanto riguarda la base cranica l'analisi dei confronti statistici mette in risalto che la lunghezza della base cranica anteriore si mantiene significativamente più lunga tra 1.1mm e 2.6 mm alle varie età nelle II Classi rispetto ai controlli con l'eccezione della fascia di età 10-11 anni dove non si rilevano differenze statisticamente significative. Non si rilevano differenze statisticamente significative tra i 2 gruppi in nessuna delle fasce di età esaminate per l'angolazione della base cranica (NSAr) e per la altezza della base cranica media (S-Ar).

Per quanto concerne le variabili che analizzano i rapporti scheletrici sul piano sagittale il mascellare superiore presenta una protrusione significativa nelle II Classi rispetto ai controlli a tutte le fasce di età tranne che a 13 e 14-15 anni (SNA). La mandibola si presenta significativamente retrusa nelle II Classi rispetto ai controlli a tutte le fasce di età tranne che a 10-11, 12 e 14-15 anni (SNB). L'angolo ANB, che esprime i rapporti sagittali tra le basi ossee, si presenta significativamente aumentato nelle II Classi rispetto ai controlli a tutte le fasce di età (+2.9 - +3.6 gradi).

L'indice di Wits, che di nuovo esprime i rapporti sagittali tra le basi ossee rispetto al piano oclusale, non mostra valori significativamente diversi nei due gruppi in nessuna fascia di età con l'eccezione dei 14-15 dove mostra una significatività al limite ($P=0.045$). La misura Co-A che esprime la lunghezza del terzo medio del complesso cranio-facciale, si presenta significativamente aumentato nelle II Classi rispetto ai controlli in tutte le fasce di età (+3.1 - +5.8 mm). La lunghezza mandibolare totale Co-Gn e la lunghezza del corpo mandibolare Go-Gn non presentano differenze significative tra i due gruppi esaminati per nessuna delle fasce di età considerate.

Per quanto riguarda le variabili che esprimono i rapporti scheletrici verticali, l'inclinazione del piano palatino rispetto alla base cranica anteriore (PP-SN), l'inclinazione del piano mandibolare rispetto alla base cranica anteriore (SN-GoGn) e la divergenza intermascellare (PP-PM) non mostrano differenze significative tra i due gruppi esaminati per nessuna delle fasce di età considerate con l'eccezione di SN-GoGn a 10-11 anni che risulta significativamente ridotto nelle II Classi rispetto ai controlli (-2.5 gradi). L'angolo goniale (ArGoMe), non presenta differenze significative tra i due gruppi con l'eccezione delle fasce di età di 9 e 10-11 anni dove si dimostra significativamente ridotto nelle II Classi rispetto ai controlli (-2.1 e -3.3 gradi rispettivamente). L'altezza facciale totale (N-Me) e l'altezza del ramo mandibolare (Co-Go) non presentano differenze significative tra i due gruppi con l'eccezione degli 8 anni dove si dimostra significativamente aumentato nelle II Classi rispetto ai controlli (2.3 mm).

Per quanto riguarda il rapporto interincisivo sagittale e verticale espressi rispettivamente da overjet e overbite, l'overjet si presenta significativamente aumentato nelle II Classi rispetto ai controlli a tutte le fasce di età (+2.5 - +3.5 mm). L'overbite non mostra differenze significative tra i due gruppi esaminati per nessuna delle fasce di età considerate.

Infine per quanto riguarda le variabili dento-alveolari, l'inclinazione dell'incisivo superiore rispetto al piano palatino (U1PP) non presenta differenze significative tra i due gruppi con l'eccezione delle fasce di età di 8 anni dove si dimostra significativamente aumentato nelle II Classi rispetto ai controlli (4.1 gradi). L'incisivo inferiore mostra una inclinazione significativamente aumentata, espressa da una significativa riduzione dell'angolo del suo asse rispetto al piano di Francoforte (FMIA) e da un significativo aumento dell'angolo formato dal suo asse rispetto al piano mandibolare (IMPA), nelle II Classi rispetto ai controlli con l'eccezione della fascia di età di 10-11 anni dove l'angolo FMIA non presenta differenze significative tra i due gruppi. L'angolo interincisivo si presenta significativamente ridotto nelle II Classi rispetto ai controlli a tutte le fasce di età (-10.4 - -6.6 gradi).

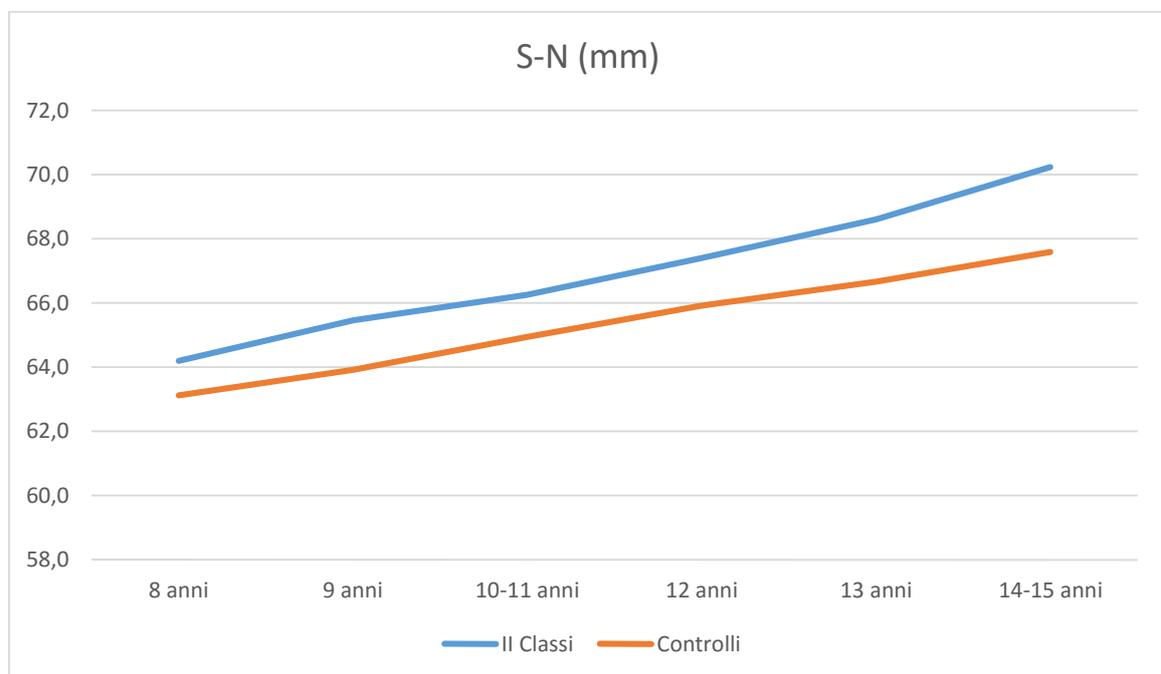


Figura 35

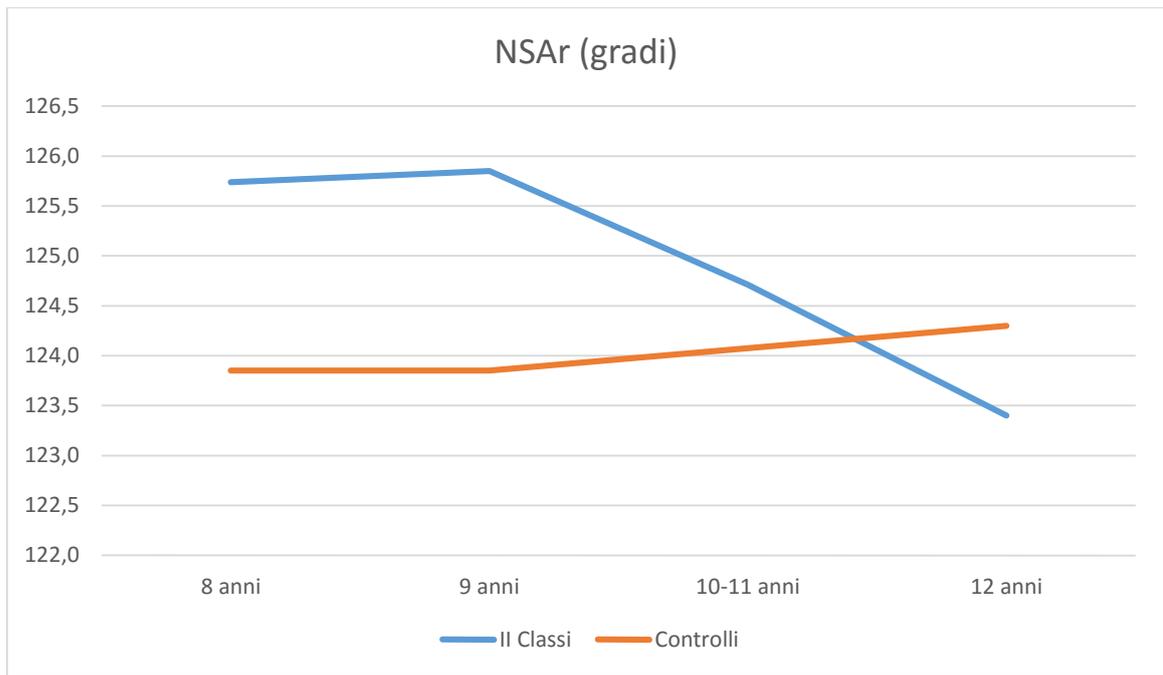


Figura 36

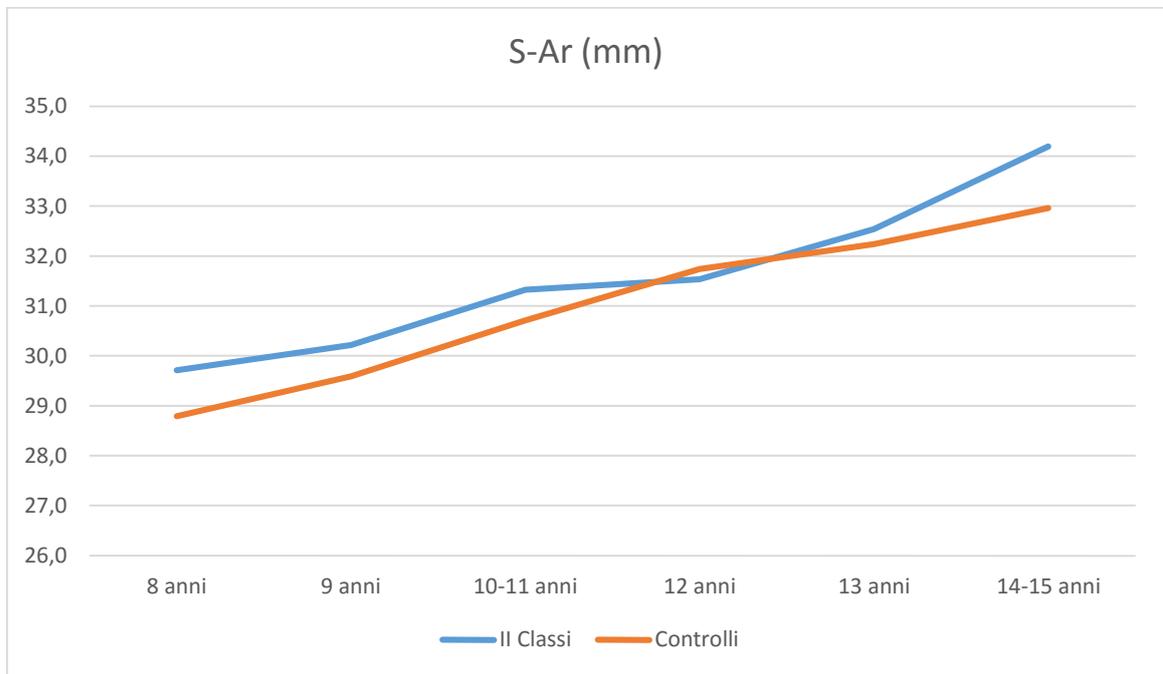


Figura 37

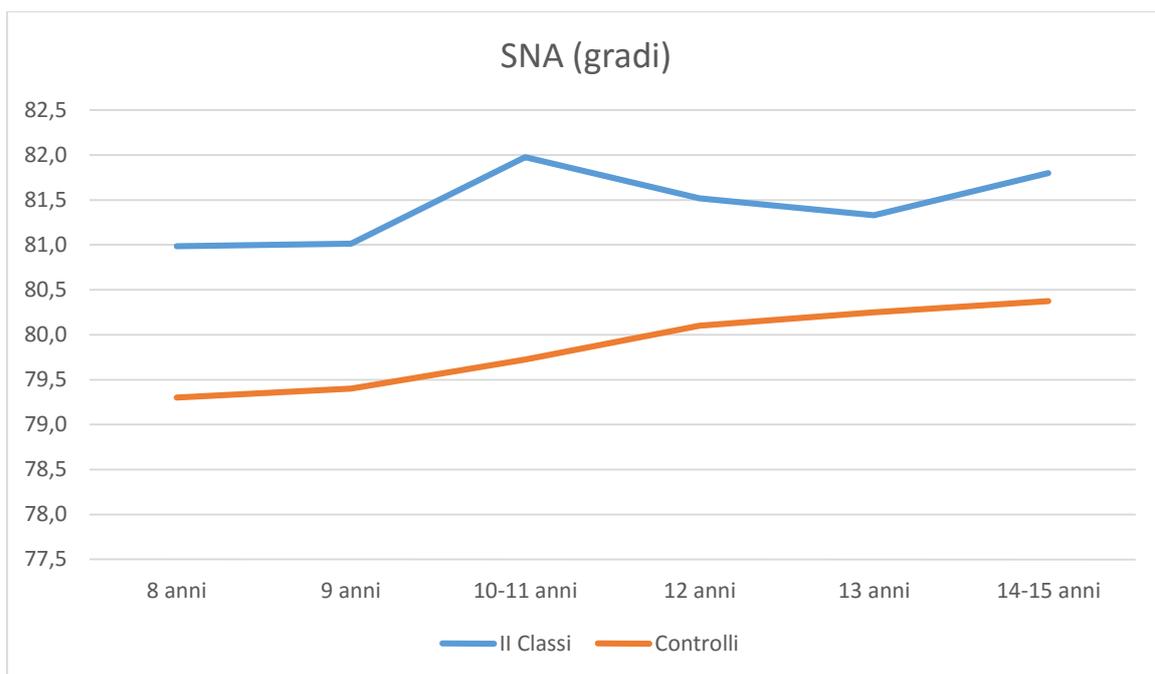


Figura 38

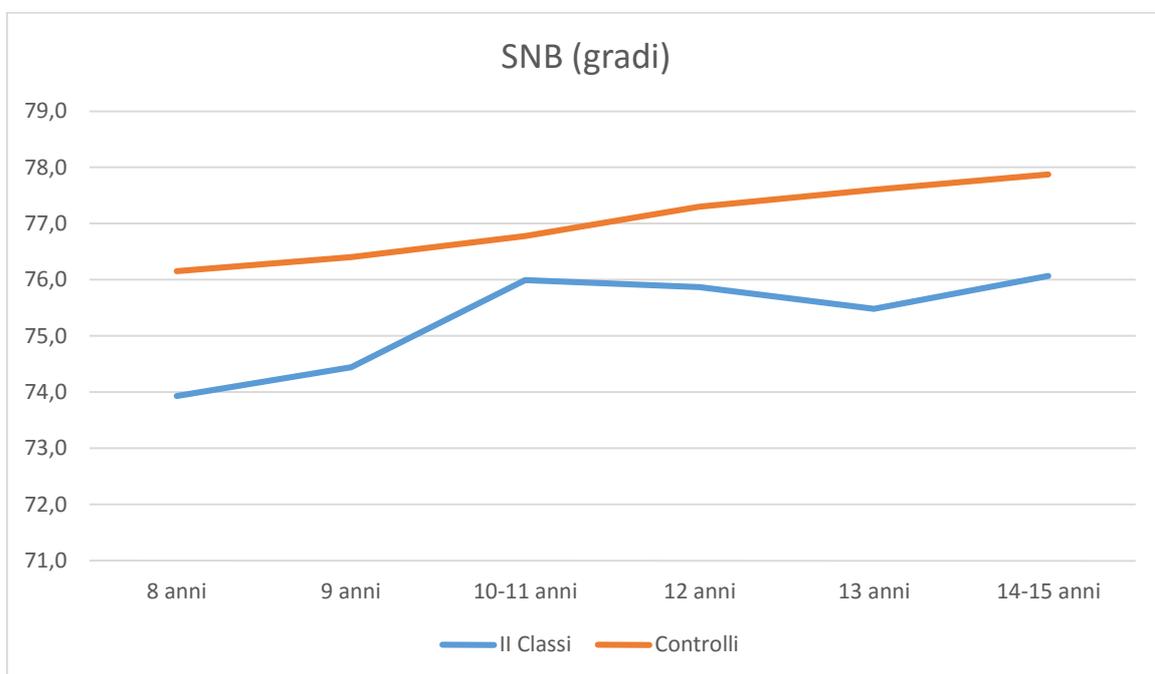


Figura 39

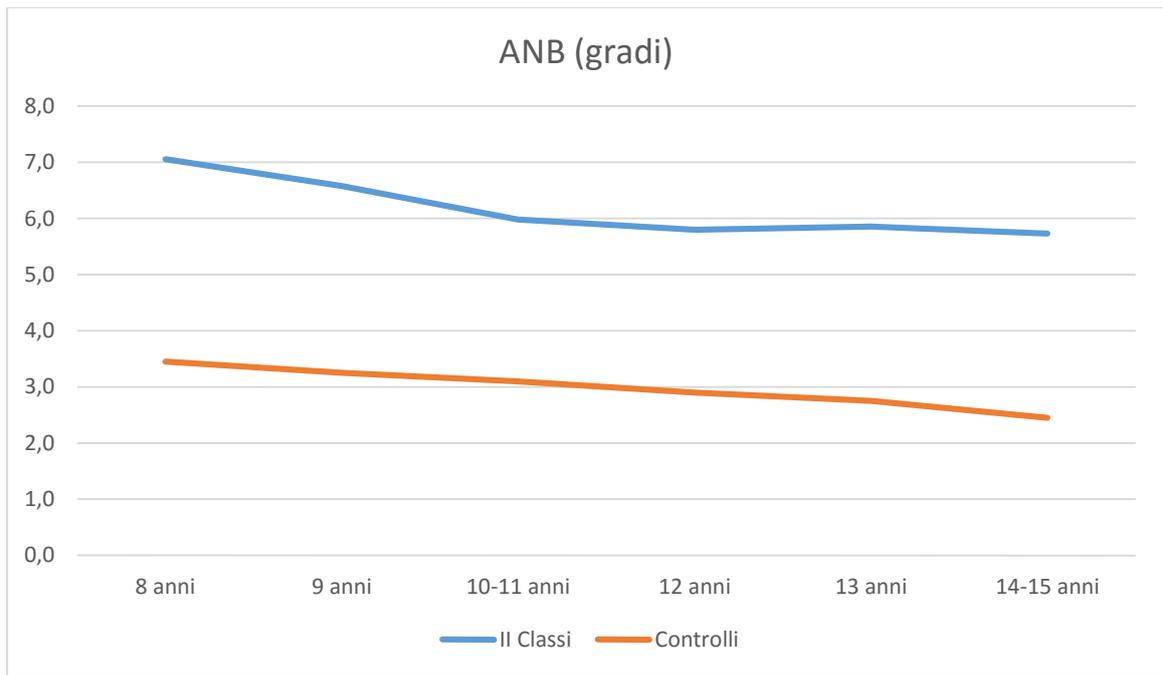


Figura 40

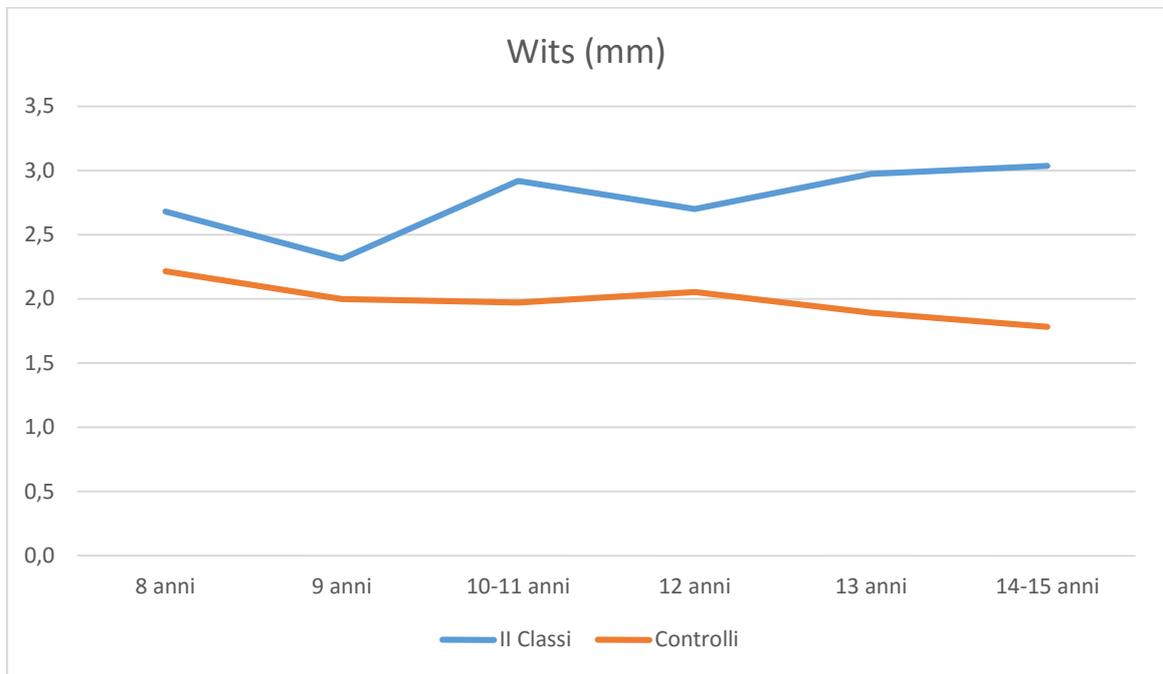


Figura 41

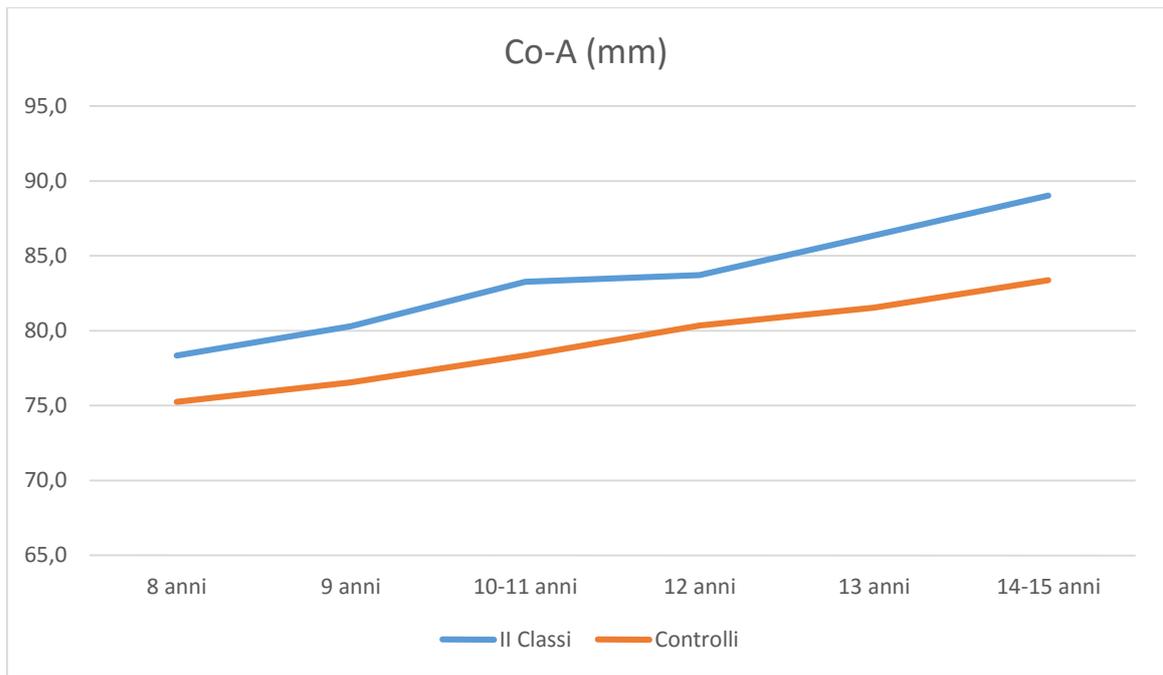


Figura 42



Figura 43

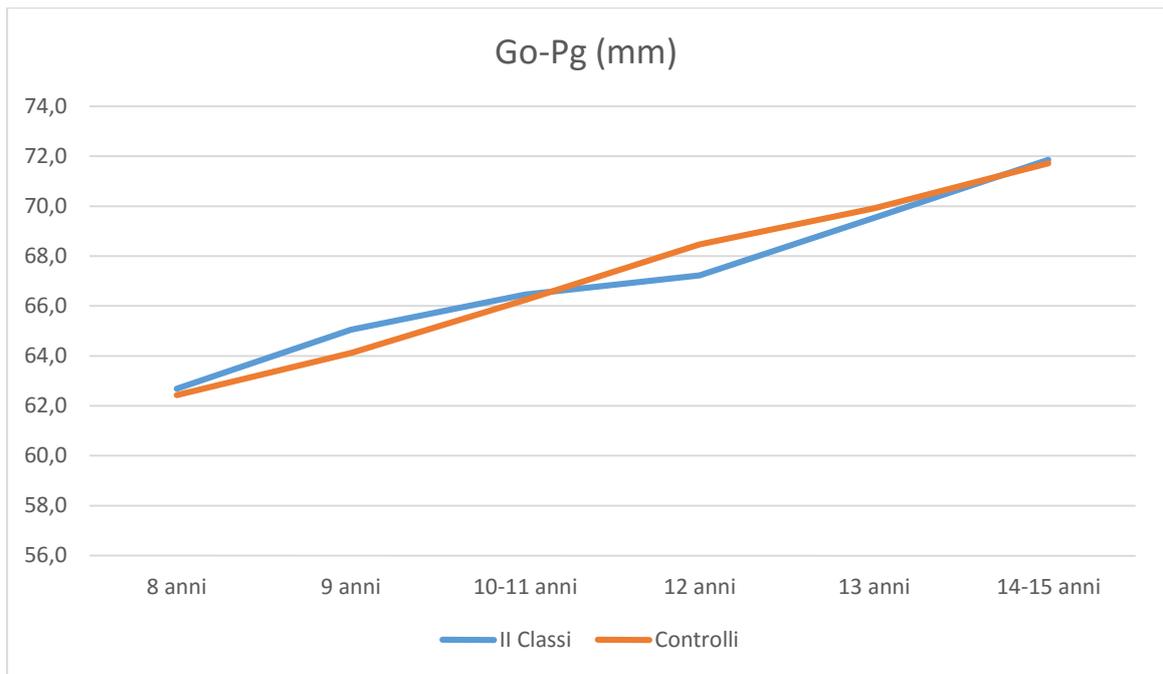


Figura 44

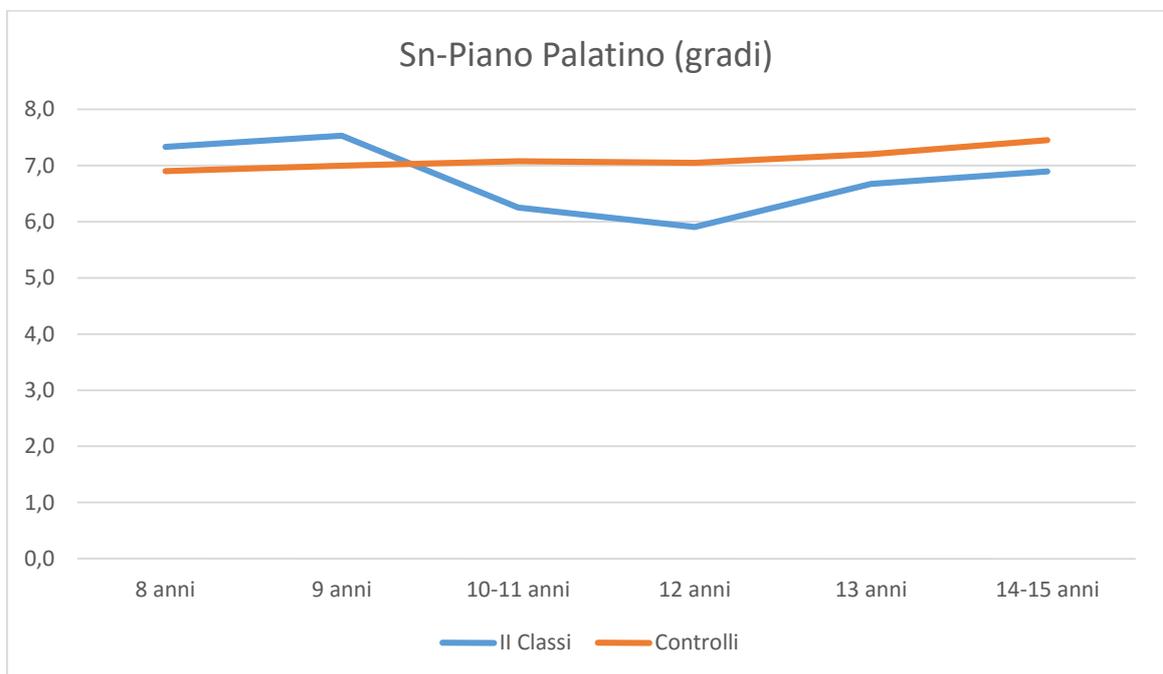


Figura 45

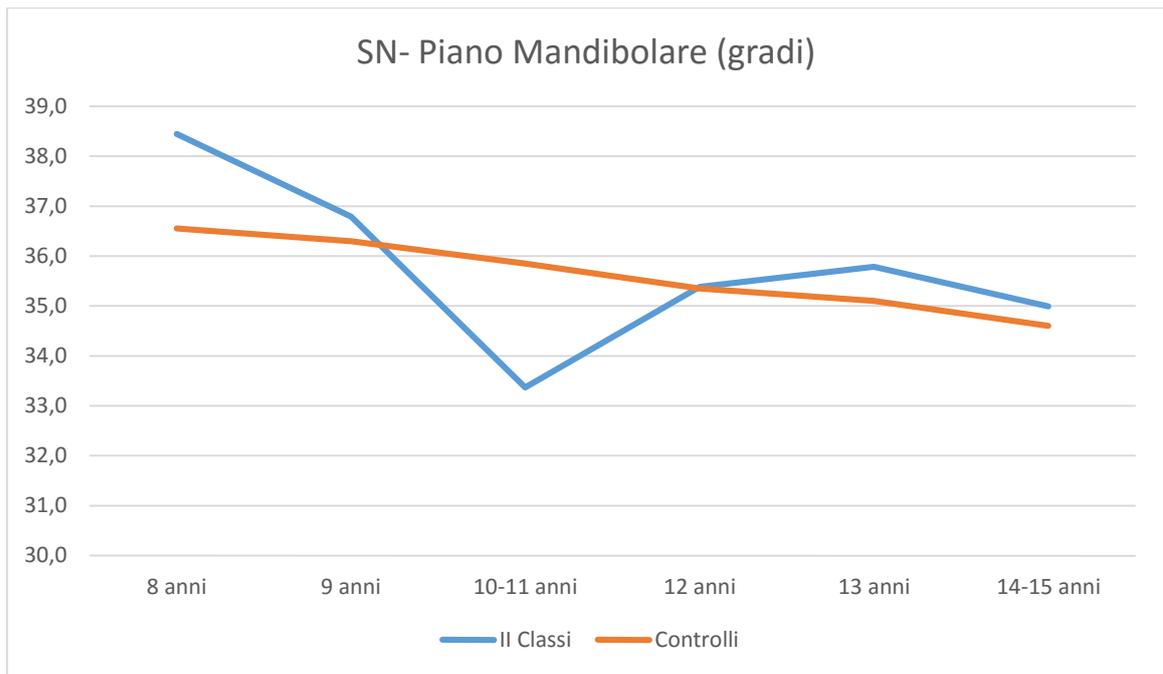


Figura 46

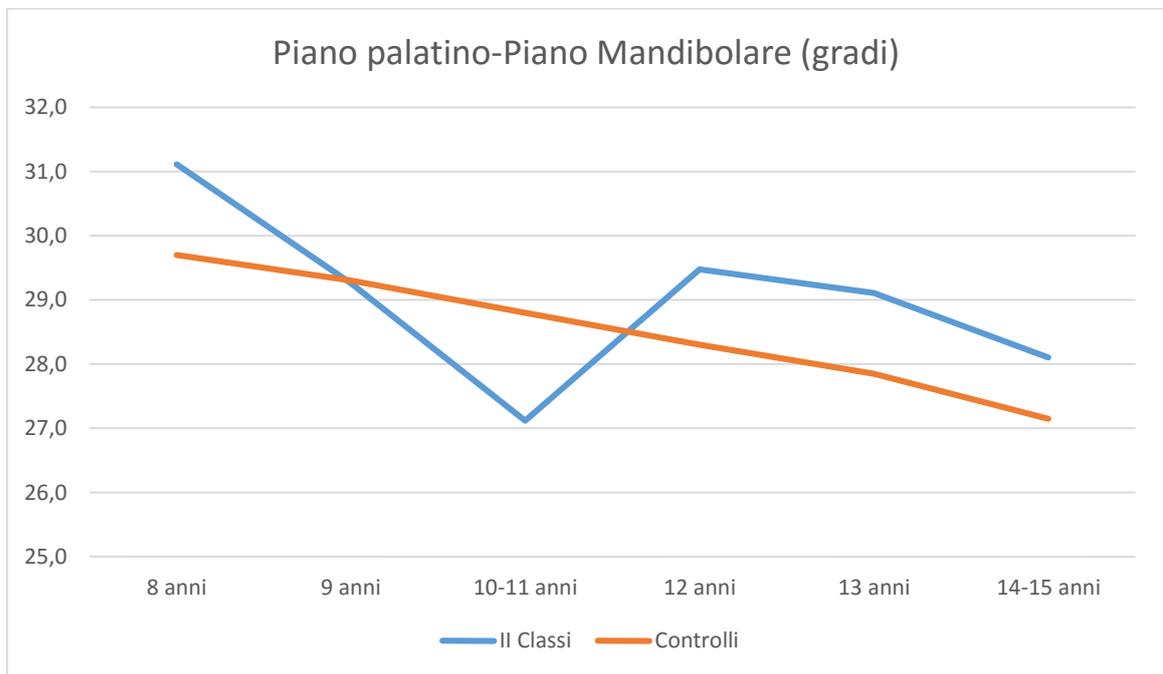


Figura 47

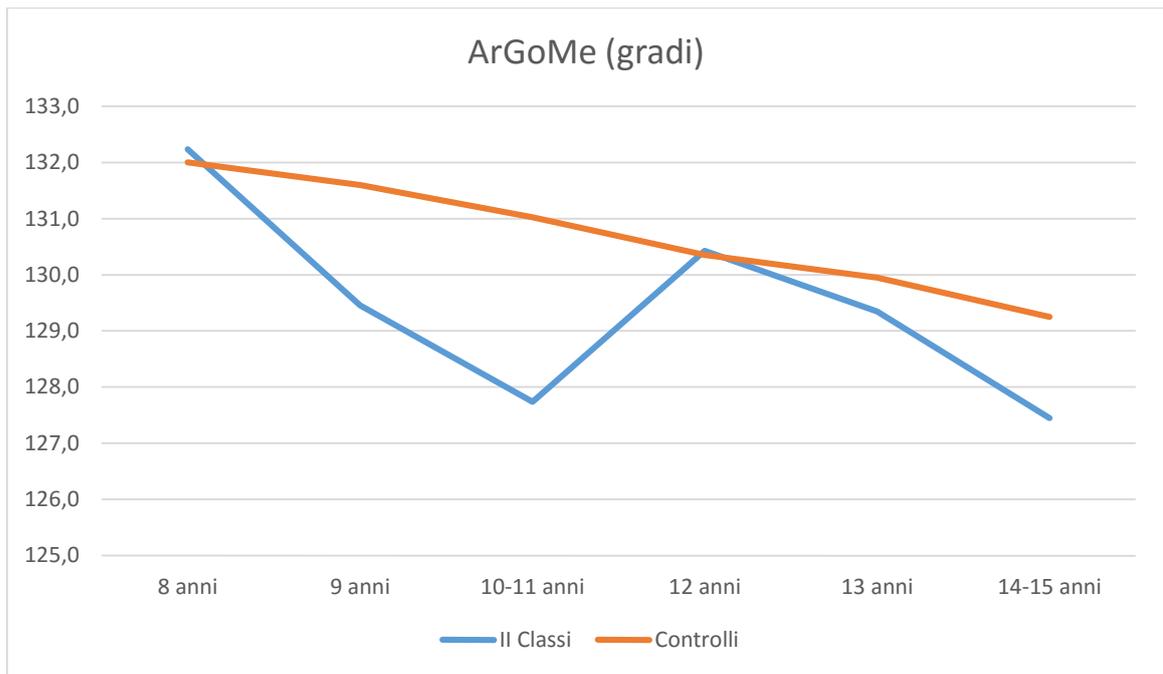


Figura 48

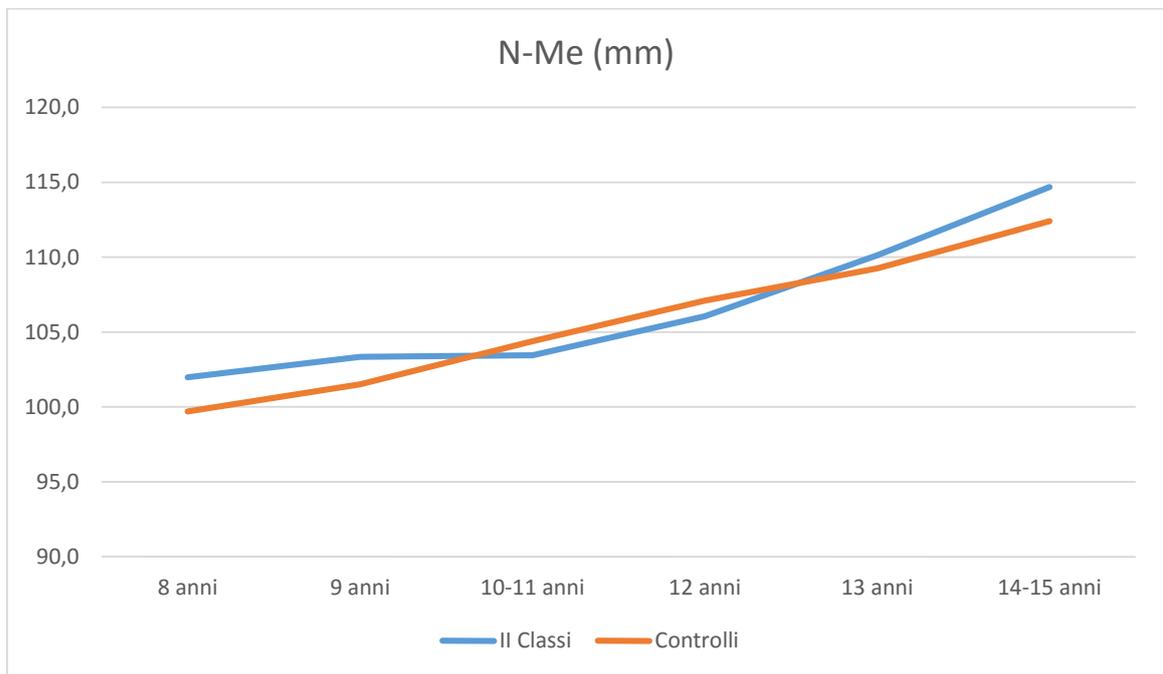


Figura 49

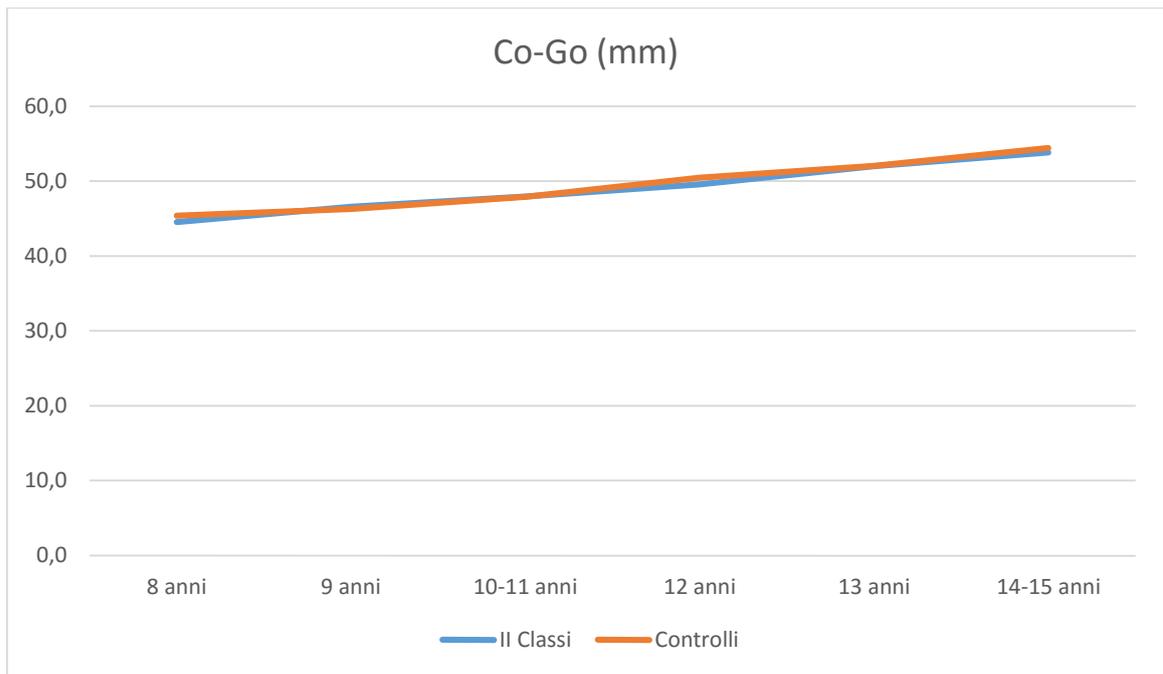


Figura 50

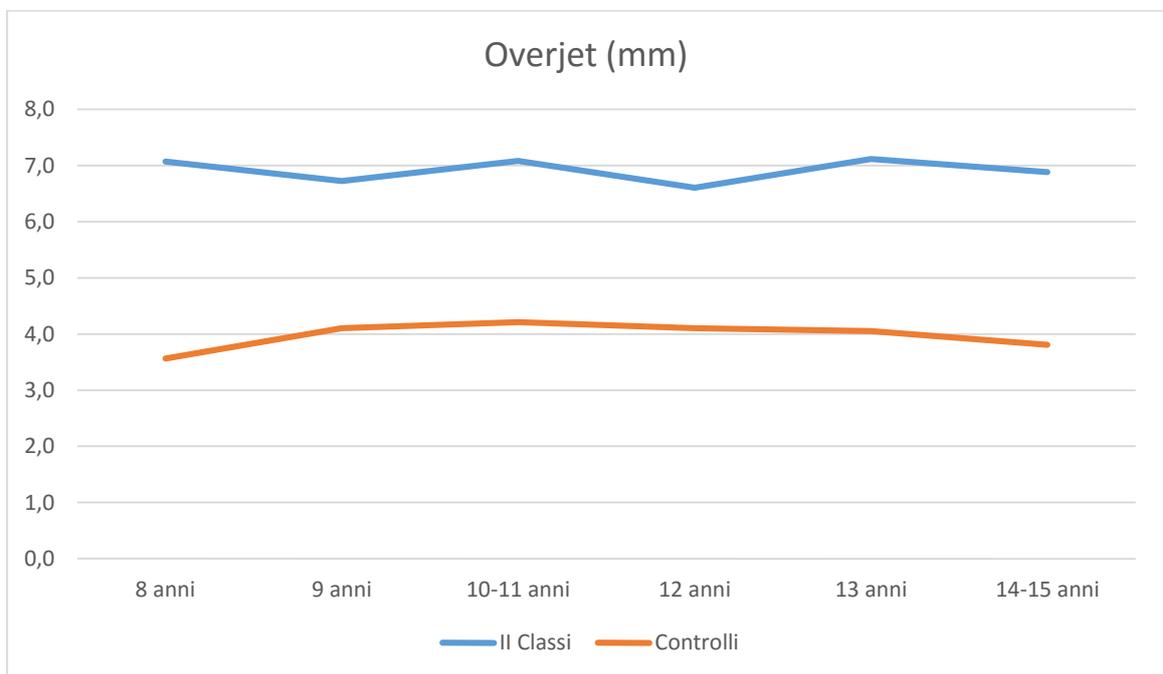


Figura 51

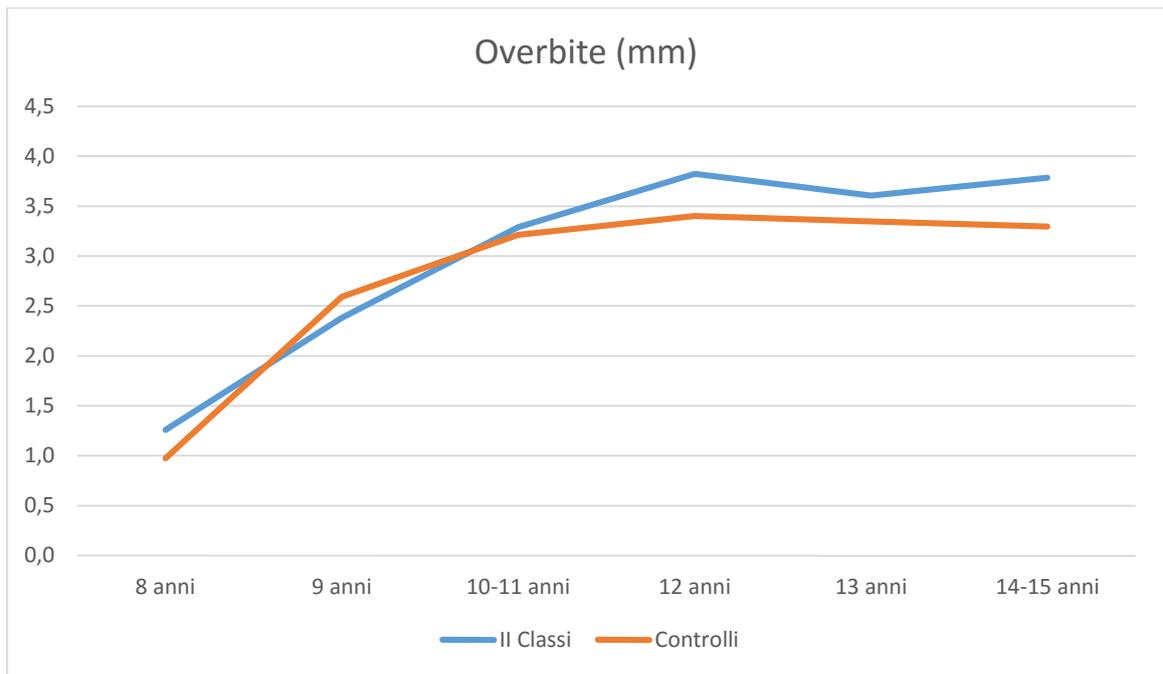


Figura 52

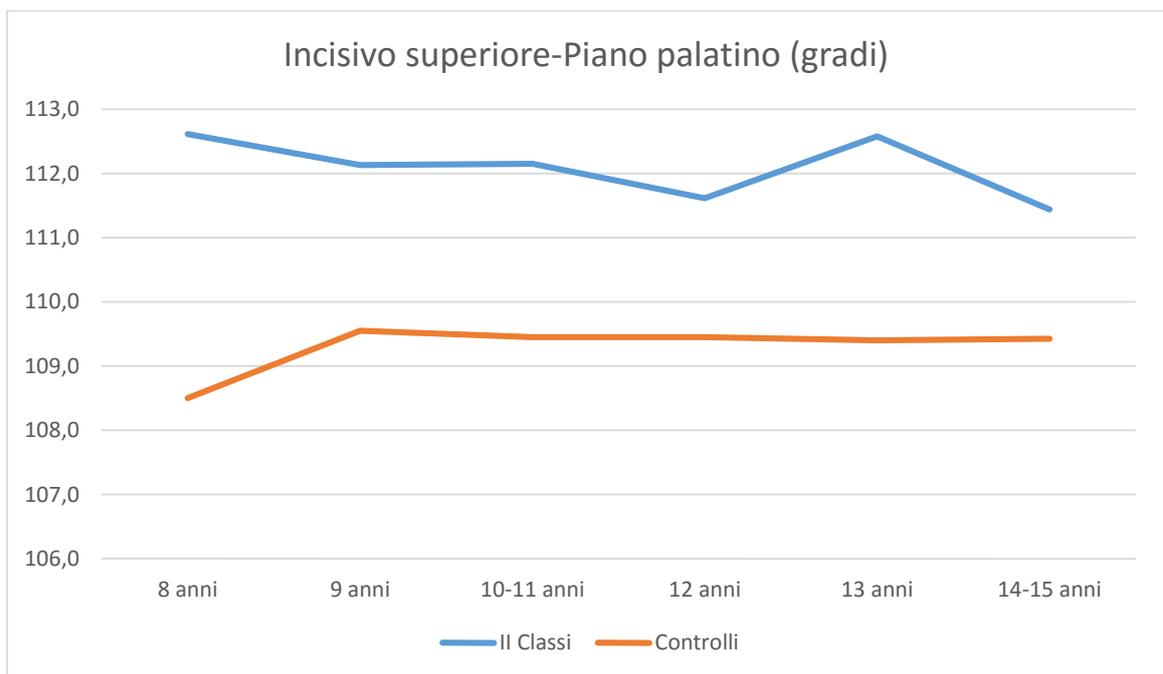


Figura 53

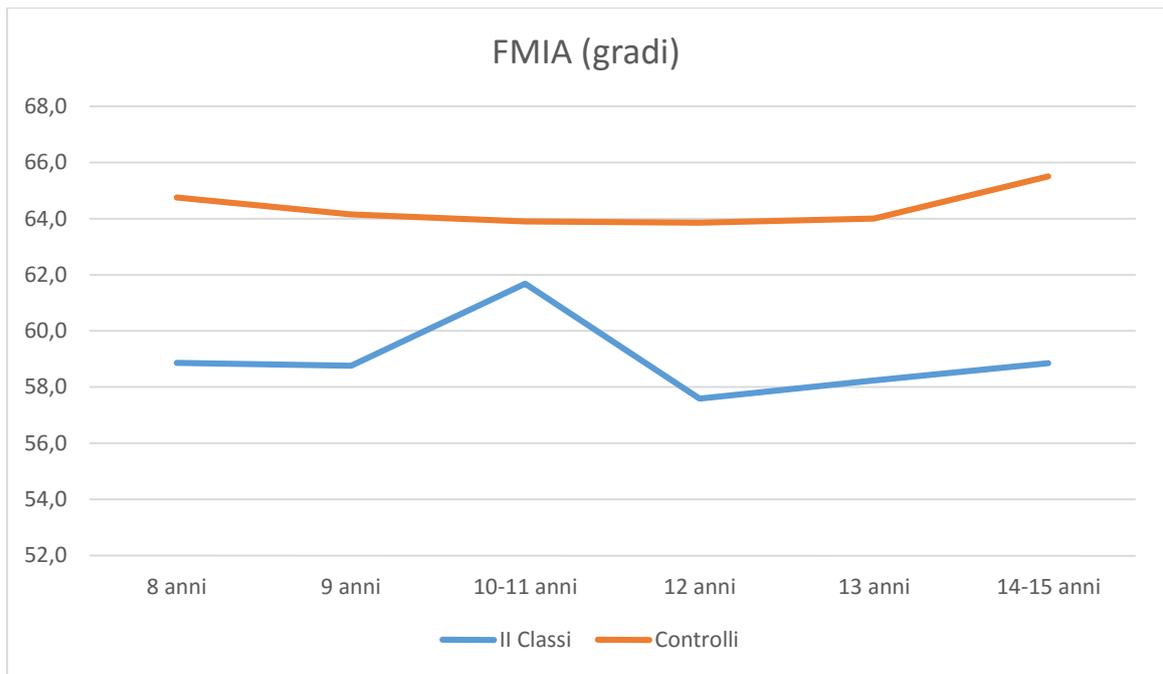


Figura 54

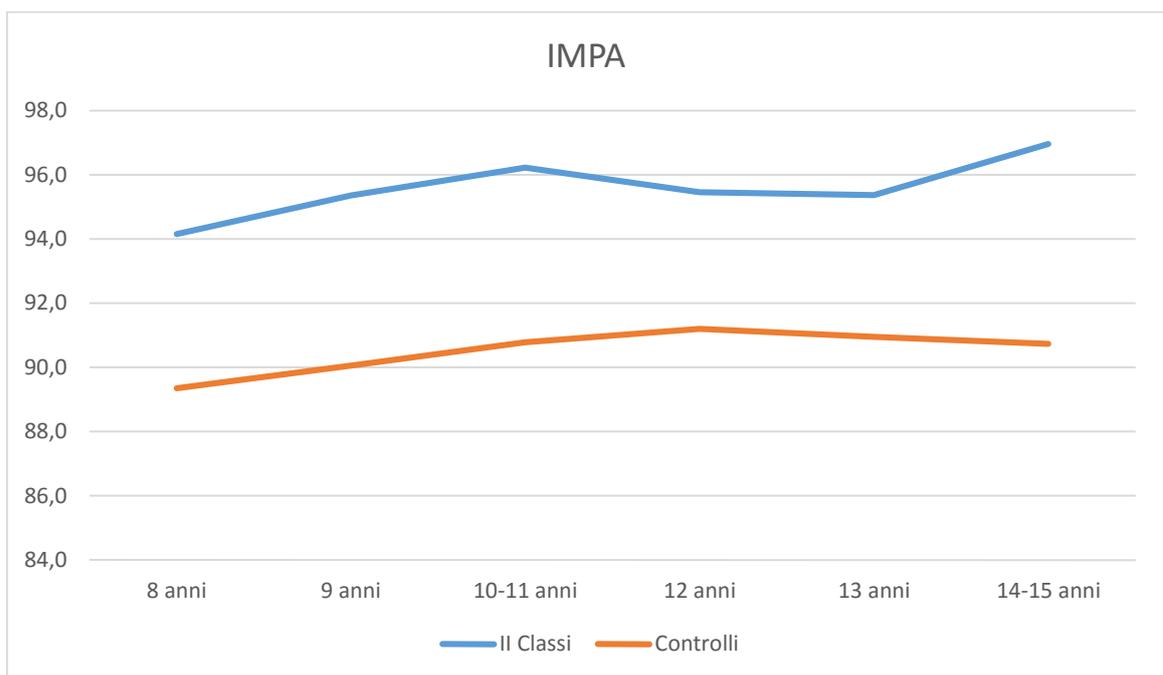


Figura 55

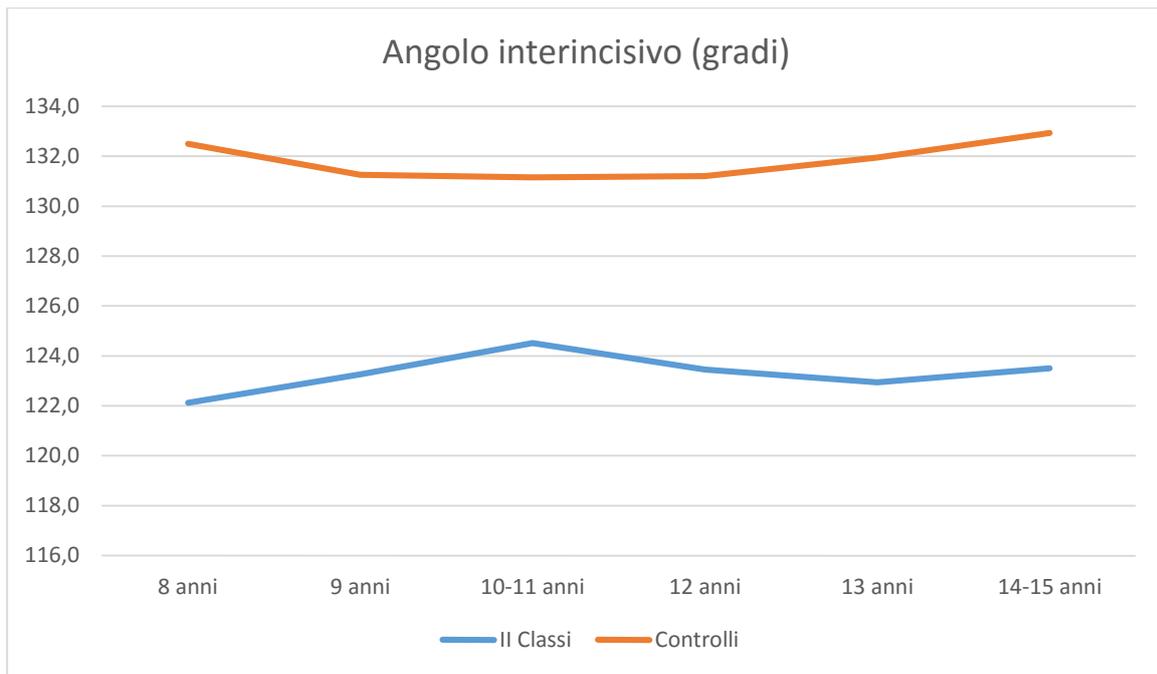


Figura 56

In seguito è stata analizzata la graduale evoluzione dei parametri cefalometrici, confrontando le caratteristiche dei soggetti in studio con dati provenienti dal gruppo controllo (Tab. 6 e Tab. 7). Nelle tabelle sono espressi i valori M (valori medi), valori M- (valori medi - una deviazione standard) e valori M+ (valori medi + una deviazione standard):

8 Anni

<i>Parametro</i>	<i>M-</i>	<i>M</i>	<i>M+</i>
S-N	74,6%	18,3%	7,0%
N-S-Ar	9,9%	64,8%	25,4%
S-Ar	32,4%	59,2%	8,5%
SNA	4,2%	67,6%	28,2%
SNB	35,2%	63,4%	1,4%
ANB	0,0%	18,3%	81,7%
Wits	14,1%	62,0%	23,9%
Co-A	52,1%	40,8%	7,0%
Co-Gn	83,1%	15,5%	1,4%
Go-Pg	63,4%	35,2%	1,4%
PP-SN	14,1%	69,0%	16,9%
SN-GoGn	8,5%	66,2%	25,4%
PP-PM	8,5%	67,6%	23,9%
ArGoMe	15,5%	59,2%	25,4%
N-Me	60,6%	28,2%	11,3%
Co-Go	62,0%	36,6%	1,4%
Overjet	0,0%	28,2%	71,8%
Overbite	11,3%	73,2%	15,5%
U1PP	4,2%	64,8%	31,0%
FMIA	43,7%	56,3%	0,0%
IMPA	0,0%	67,6%	32,4%
Interinc	52,1%	47,9%	0,0%

Tabella 6

14-15 Anni

<i>Parametro</i>	<i>M-</i>	<i>M</i>	<i>M+</i>
S-N	41,0%	30,8%	28,2%
N-S-Ar	12,8%	79,5%	7,7%
S-Ar	35,9%	48,7%	15,4%
SNA	2,6%	84,6%	12,8%
SNB	15,4%	79,5%	5,1%
ANB	0,0%	41,0%	59,0%
Wits	0,0%	76,9%	23,1%
Co-A	41,0%	25,6%	33,3%
Co-Gn	48,7%	43,6%	7,7%
Go-Pg	51,3%	38,5%	10,3%
PP-SN	20,5%	69,2%	10,3%
SN-GoGn	12,8%	69,2%	17,9%
PP-PM	12,8%	66,7%	20,5%
ArGoMe	28,2%	66,7%	5,1%
N-Me	41,0%	46,2%	12,8%
Co-Go	48,7%	43,6%	7,7%
Overjet	2,6%	30,8%	66,7%
Overbite	7,7%	66,7%	25,6%
U1PP	12,8%	56,4%	30,8%
FMIA	46,2%	48,7%	5,1%
IMPA	5,1%	48,7%	46,2%
Interinc	43,6%	53,8%	2,6%

Tabella 7

Nella Tabella 6 e nella Tabella 7 sono riportati rispettivamente i valori delle 22 variabili cefalometriche riscontrate in 71 soggetti di 8 anni ed i 39 soggetti di 14-15 anni, affetti da malocclusione di seconda classe, messi a confronto con i valori dei soggetti di controllo, di pari età.

L'osservazione delle differenze rispetto ai valori normali nei gruppi di soggetti di 8 e 14-15 anni di età rivela che alcune variabili sono caratterizzate da tendenze evolutive suggestive di indicazioni circa l'origine dello squilibrio scheletrico:

- Co-A: valori entro la norma nel 40,8% dei casi a 8 anni e nel 25,6% dei casi a 14-15 anni (Fig. 57);

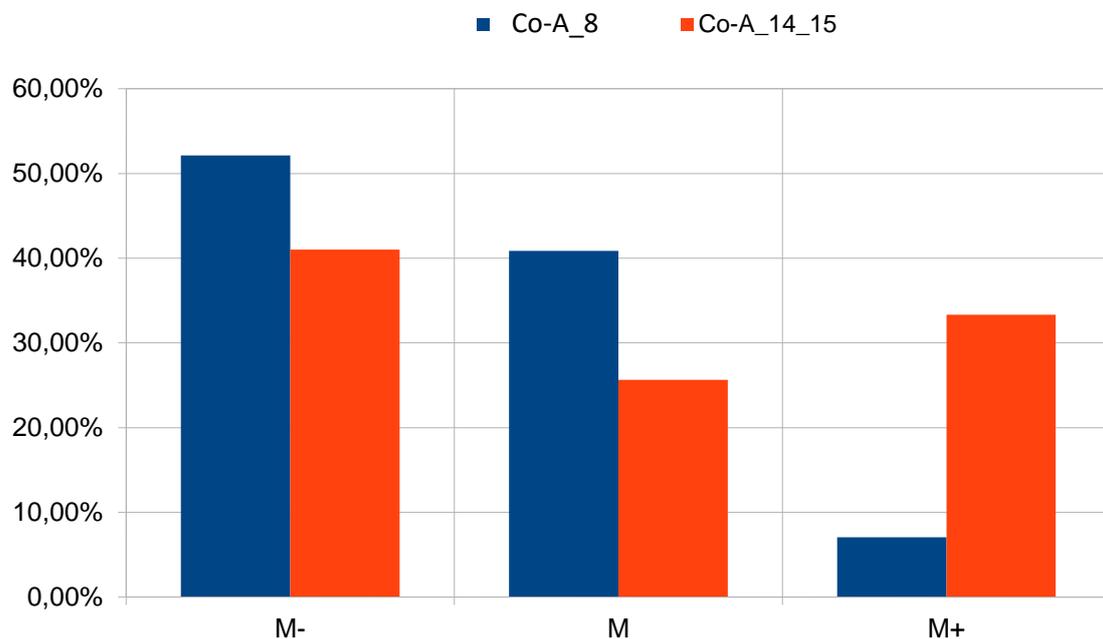


Figura 57

- N-Me: valori nella norma nel 28,2% dei casi a 8 anni in confronto al 46,2% dei casi a 14-15 anni (Fig. 58);

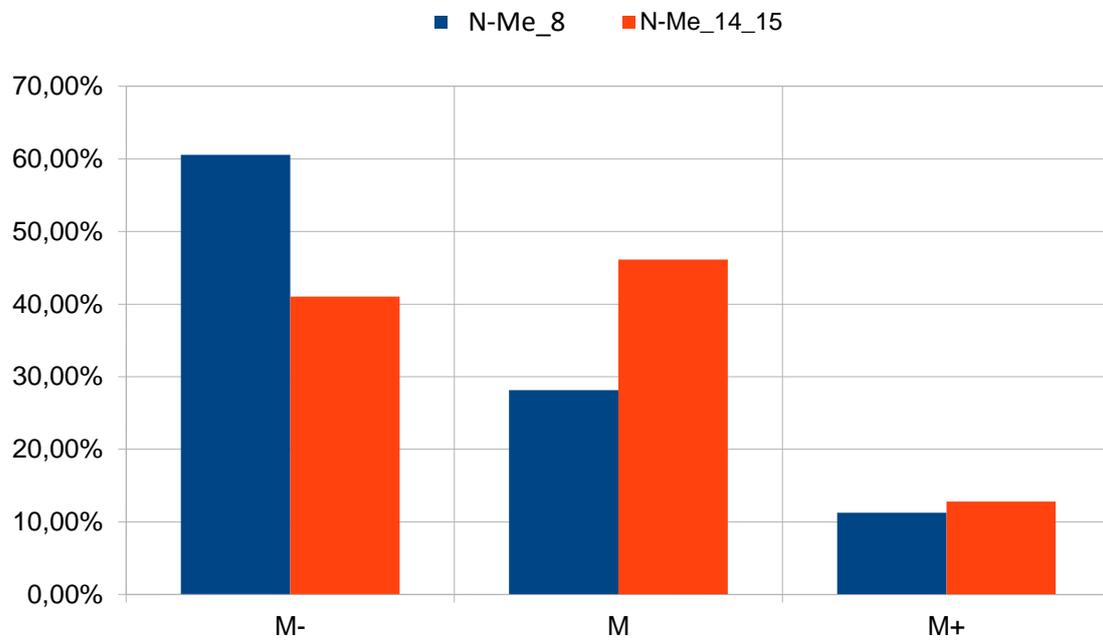


Figura 58

- Co-Gn: valori entro la norma nel 15,5 % dei casi a 8 anni fino ad arrivare al 43.6% dei casi a 14-15 anni ed un passaggio dal 83,1% al 48,7 di valori inferiori di una deviazione standard (Fig. 59);

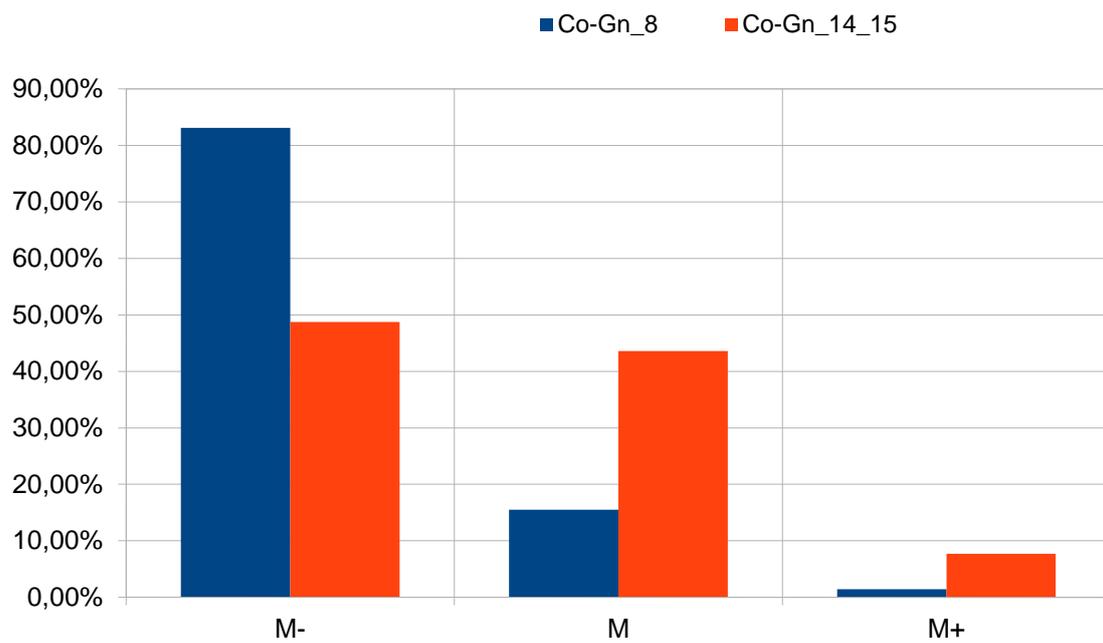


Figura 59

Nell'insieme, questi dati indicano che lo squilibrio scheletrico alla base della malocclusione di II Classe è da attribuire sia all'eccesso di crescita del mascellare superiore, sia al deficit di crescita del corpo mandibolare, ma non del ramo (Fig. 60).

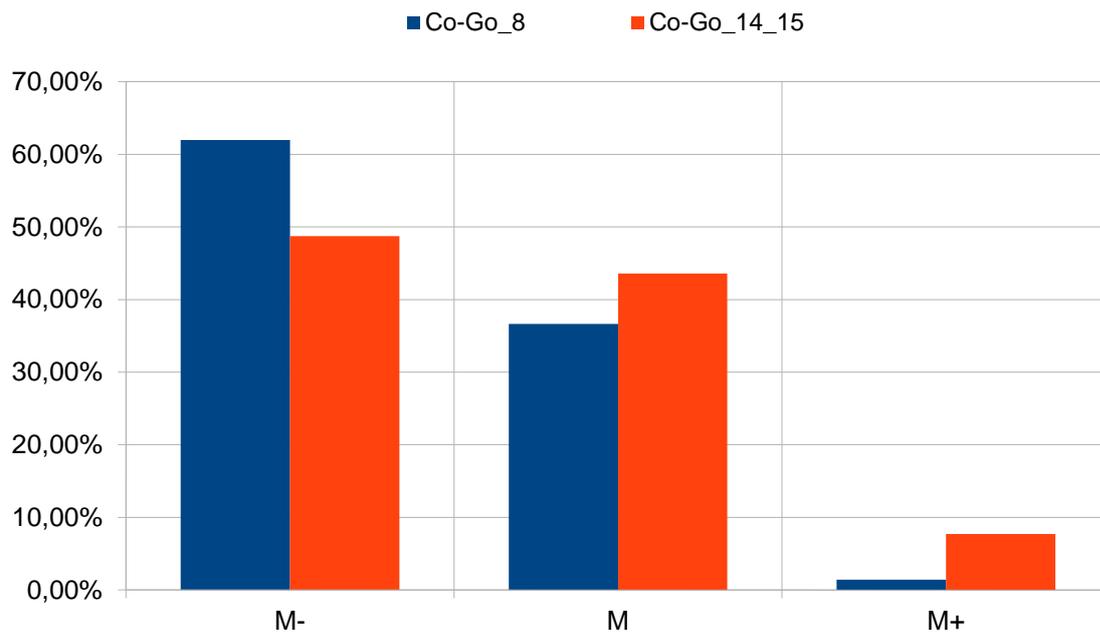


Figura 60

Il retro posizionamento mandibolare risulta un fattore di scarsa rilevanza patogenetica in questa malocclusione, in particolare nei soggetti di età postpuberale. Gli angoli di divergenza maxillomandibolare tendono ad un comportamento simile a quelli dei soggetti di controllo, con una progressiva modesta contrazione dei valori.

È interessante soffermarsi sul comportamento adattativo dento-alveolare come compenso alla sproporzione sagittale maxillomandibolare tipica della II Classe: gli angoli U1PP e IMPA compensano efficacemente; la media dell'overjet a 14-15 anni non risulta peggiore rispetto alla media dei soggetti di 8 anni (Fig. 61).

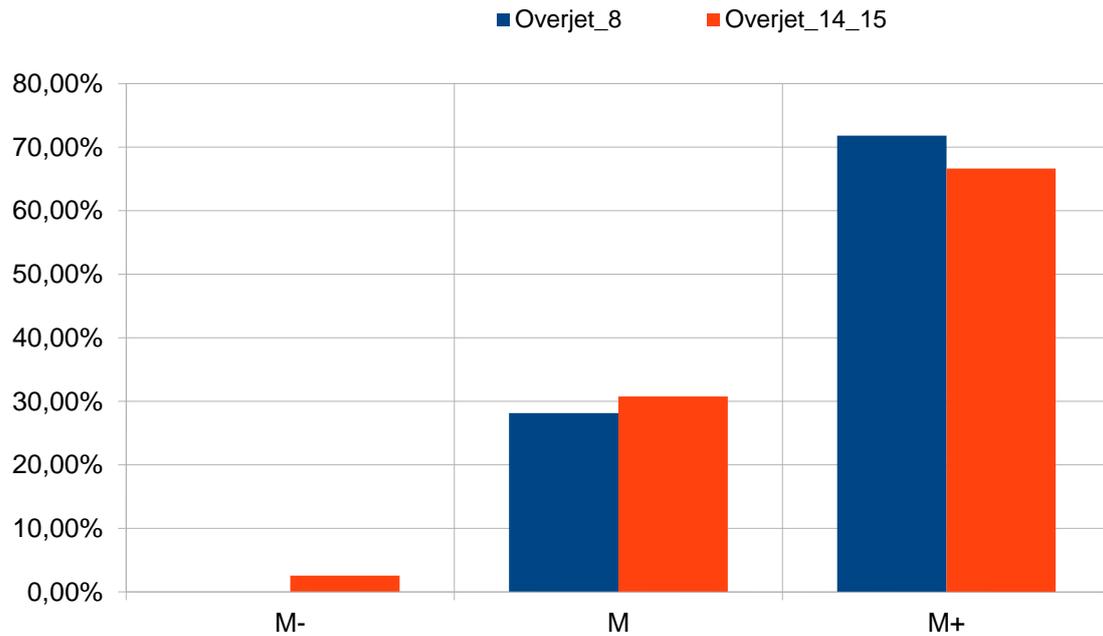


Figura 61

C II 1° Div 9 anni (t 50)

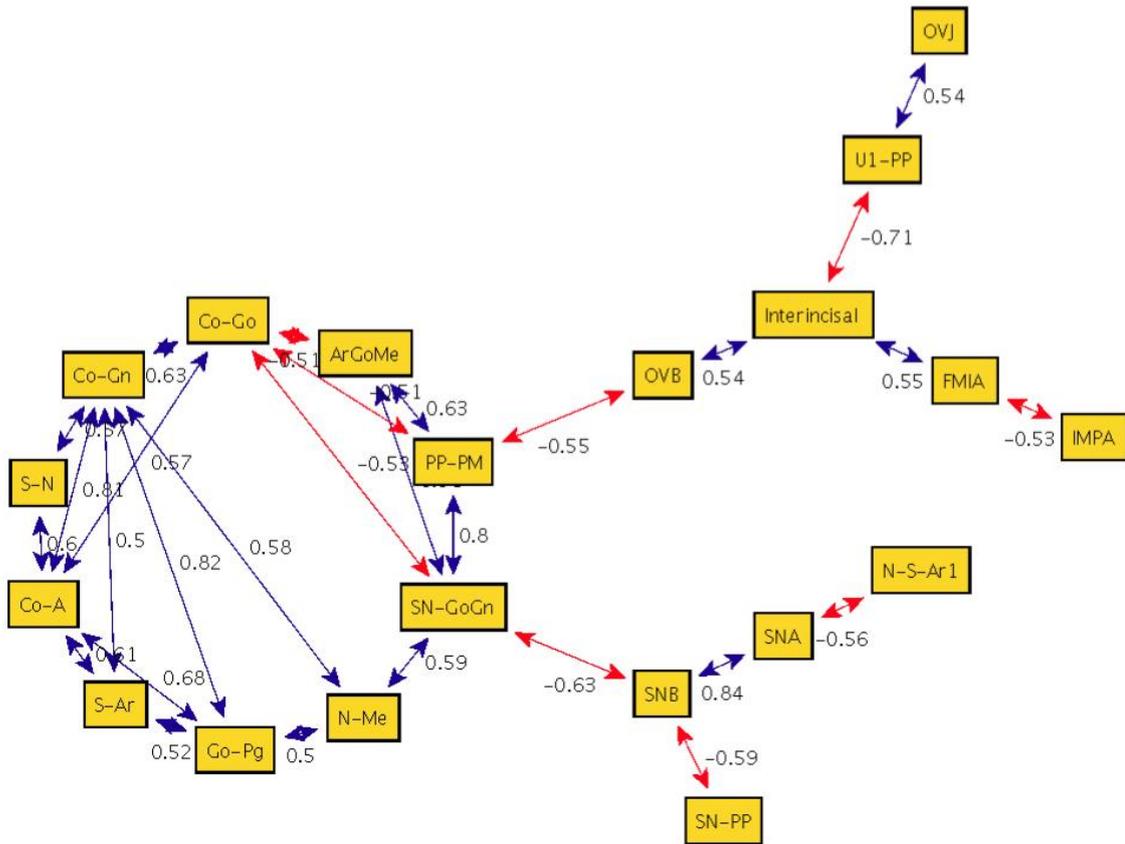


Figura 63: correlazioni gruppo 9 anni.

C II 1° Div 10_11 anni (t 50)

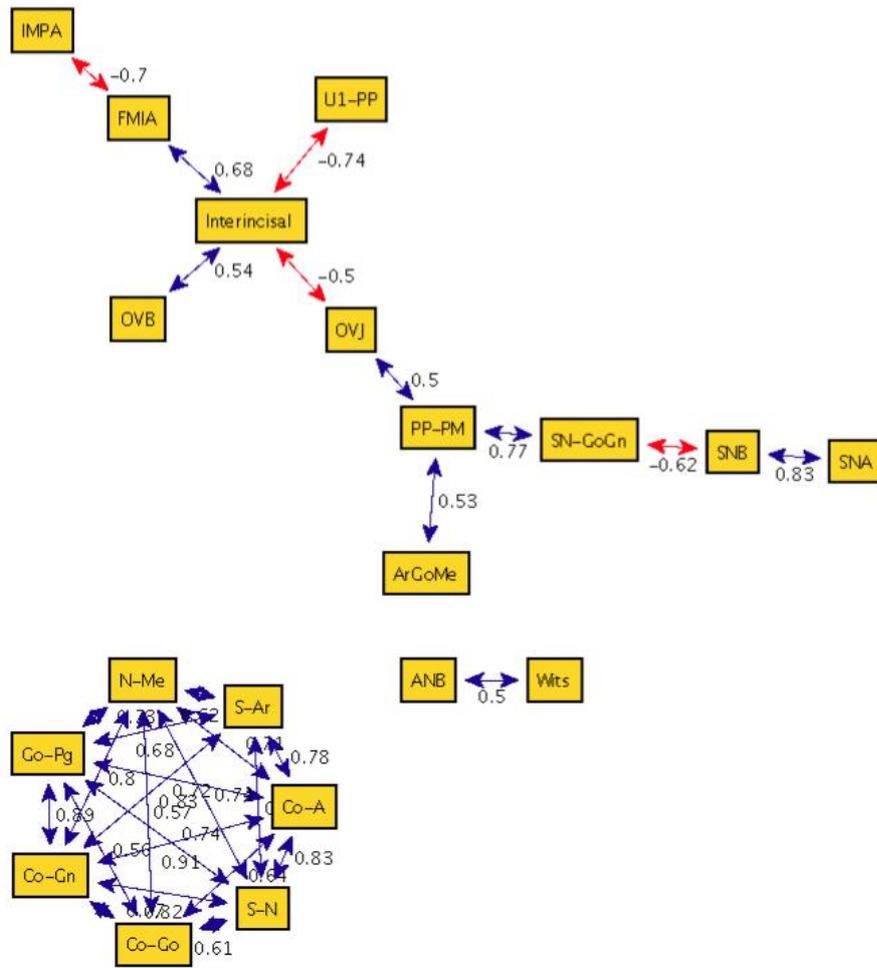


Figura 64: correlazioni gruppo 10-11 anni.

C II 1° Div 12 anni (t 50)

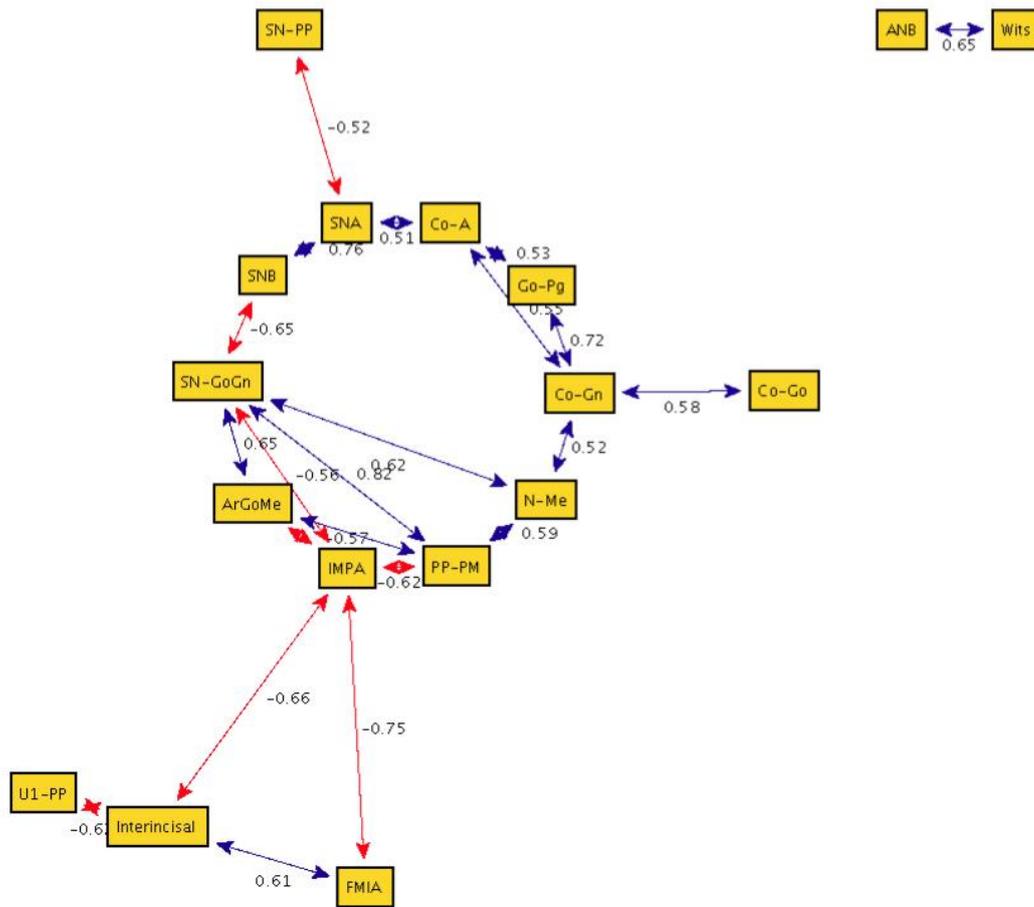


Figura 65: correlazioni gruppo 12 anni.

C II 1° Div 13 anni (t 50)

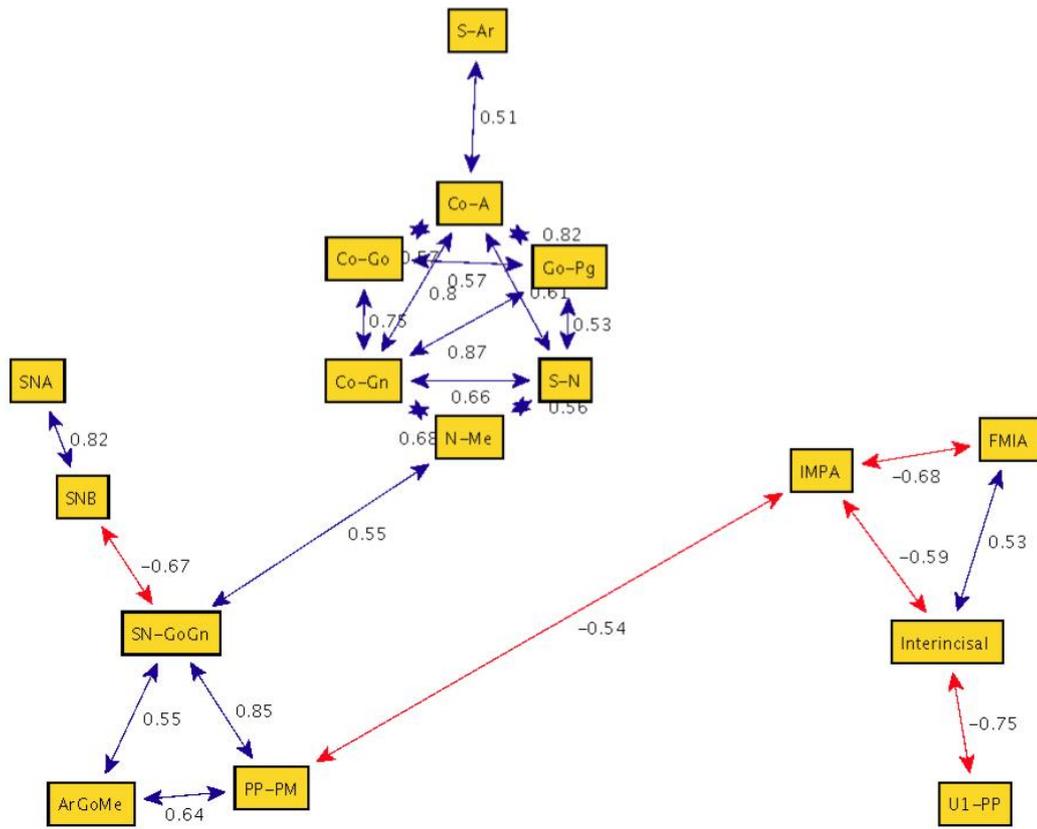


Figura 66: correlazioni gruppo 13 anni.

C II 1° Div 14-15 anni (t 50)

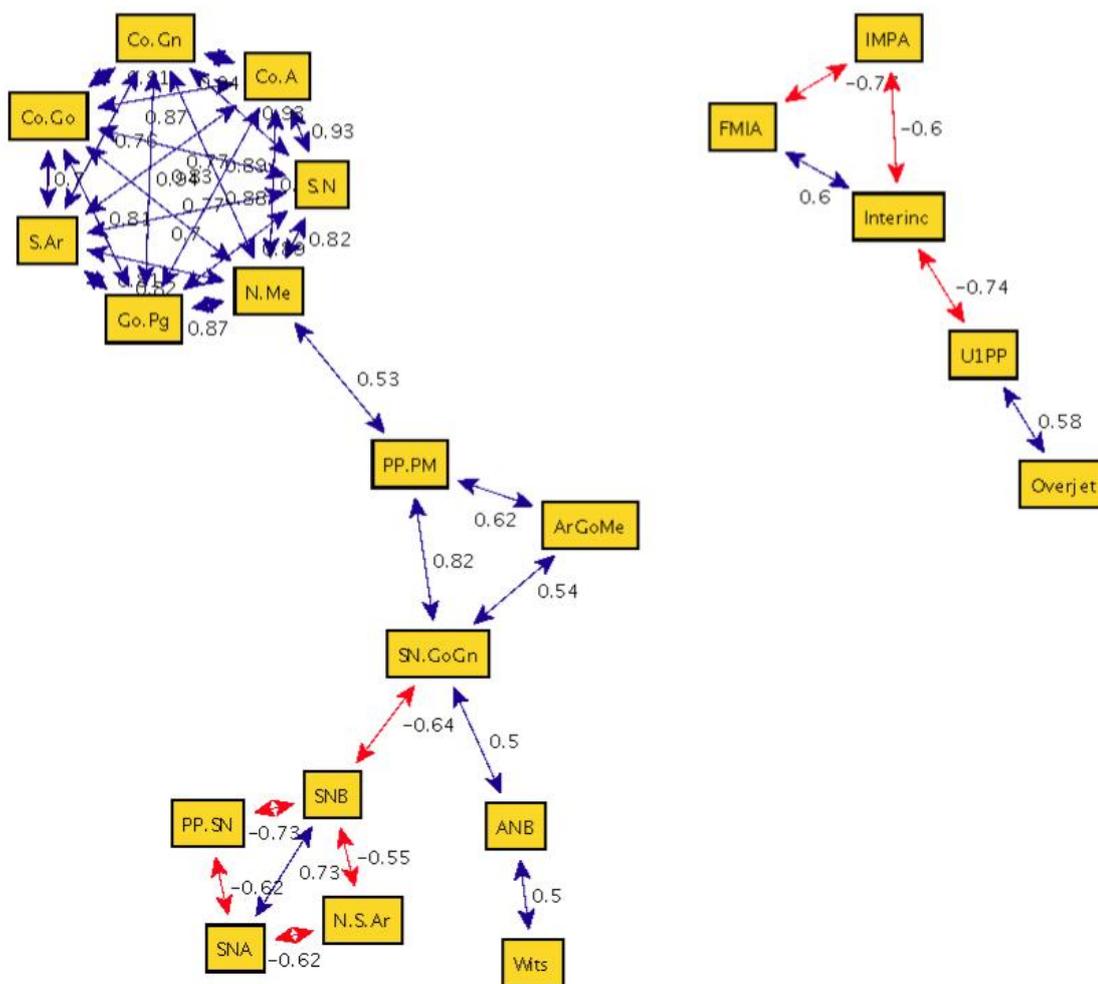


Figura 67: correlazioni gruppo 14-15 anni.

L'analisi dei grafi dei soggetti suddivisi per gruppi di età da 8 a 15 anni mostra una chiara ripartizione delle variabili craniofacciali in tre distinti raggruppamenti morfo-funzionali: 1) le variabili di verticalità maxillomandibolare, 2) le variabili scheletriche legate alle basi ossee craniofacciali, 3) le variabili dentoalveolari legate ai fenomeni adattativi e di compenso dello squilibrio morfologico tipico della malocclusione di II Classe. È da notare l'importanza del ruolo svolto dall'angolo di divergenza intermascellare (PP-PM) nel favorire la connessione tra i tre sottogruppi. La teoria dei grafi applicata ai sistemi biologici assegna grande importanza alla capacità connettiva di una variabile ("betweenness"), arrivando ad assegnare a questa un ruolo critico di crocevia dell'intero sistema (la soppressione di una variabile ad elevata betweenness è in grado di disconnettere irreparabilmente la struttura reticolare di un pattern metabolico). In campo ortodontico, è presumibile che "l'attacco terapeutico" portato ad una caratteristica scheletrica con elevata connettività possa produrre effetti a cascata su numerose caratteristiche del sistema, come pure produrre effetti collaterali inaspettati.

L'esame della persistenza e dell'entità degli interrappporti craniofacciali nel corso della crescita ("kernel") conferma (Tabella 8) l'importanza dell'angolo PP-PM

Na	Nb	8 anni	9 anni	10-11 anni	12 anni	13 anni	14-15 anni
PP-PM	SN-GoGn	0.80	0.80	0.77	0.82	0.85	0.82
SNA	SNB	0.88	0.84	0.83	0.76	0.82	0.73
Co-A	Co-Gn	0.82	0.81	0.91	0.55	0.80	0.94
Co-A	Go-Pg	0.73	0.68	0.83	0.53	0.82	0.88
Co-Gn	N-Me	0.76	0.58	0.80	0.52	0.68	0.89
ArGoMe	PP-PM	0.51	0.63	0.53	0.62	0.64	0.62
FMIA	Interincisal	0.52	0.55	0.68	0.61	0.53	0.60
SN-GoGn	SNB	-0.56	-0.63	-0.62	-0.65	-0.67	-0.64
FMIA	IMPA	-0.65	-0.53	-0.70	-0.75	-0.68	-0.77

Tabella 8

nell'assicurare un forte legame con altre caratteristiche di squilibrio verticale e sagittale, 2) il generale affievolimento della connessione tra le variabili cefalometriche della malocclusione di II Classe osservabile all'età di 12-13 anni, probabilmente in concomitanza dello sviluppo puberale, particolarmente visibile nella riduzione del valore di correlazione tra Co-A e Go-Pg 3) il persistere nel corso della crescita, nonostante la generale perturbazione della variabili in età puberale, dello schema organizzativo craniofaciale in termini di moduli distinti di caratteristiche di verticalità, orizzontalità, e di componenti adattative.

Considerati i parametri cefalometrici maggiormente rappresentativi delle caratteristiche scheletriche sagittali e verticali dei mascellari (ArGoMe, Co-A, Co-Gn, Co-Go, Go-Pg e PP-PM), un gruppo di 35 soggetti di otto anni di età con caratteristiche di grave squilibrio sagittale delle basi scheletriche (angolo ANB compreso tra 7.0 e 13.0 gradi) (Fig. 68) è stato messo a confronto con 35 soggetti di pari età con squilibrio maxillomandibolare più leggero (angolo ANB compreso tra 3 e 6.9 gradi) (Fig. 69). Si osserva una netta differenza nell'importanza del contributo di ciascuna variabile allo squilibrio sagittale delle basi scheletriche: nei pazienti con lieve squilibrio il contributo dell'angolo di divergenza tra il piano palatale e il piano mandibolare è notevole (angolo PP-PM) mentre a caratterizzare la struttura più squilibrata concorrono solamente le caratteristiche scheletriche mandibolari lineari (variabili Co-Gn, Co-Go e Go-Pg).

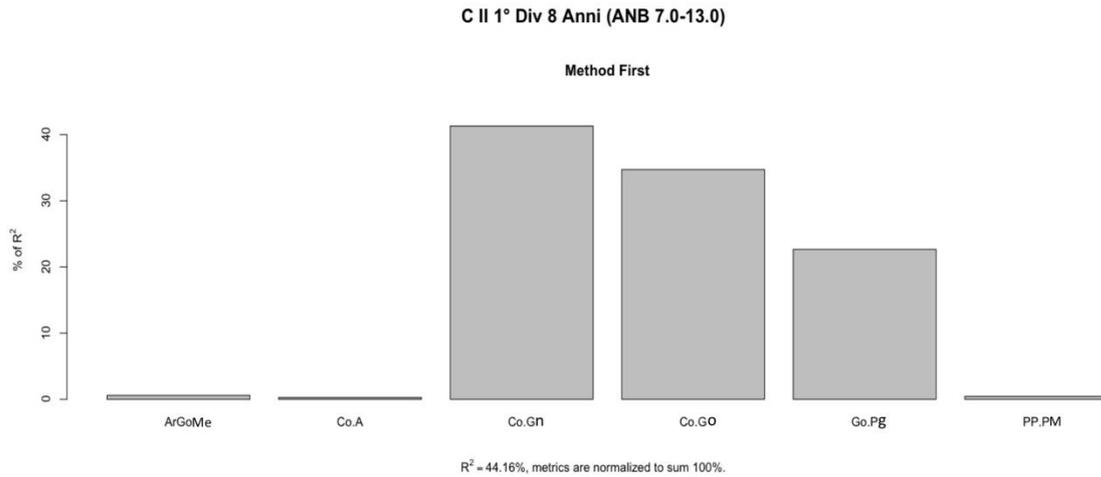


Figura 68

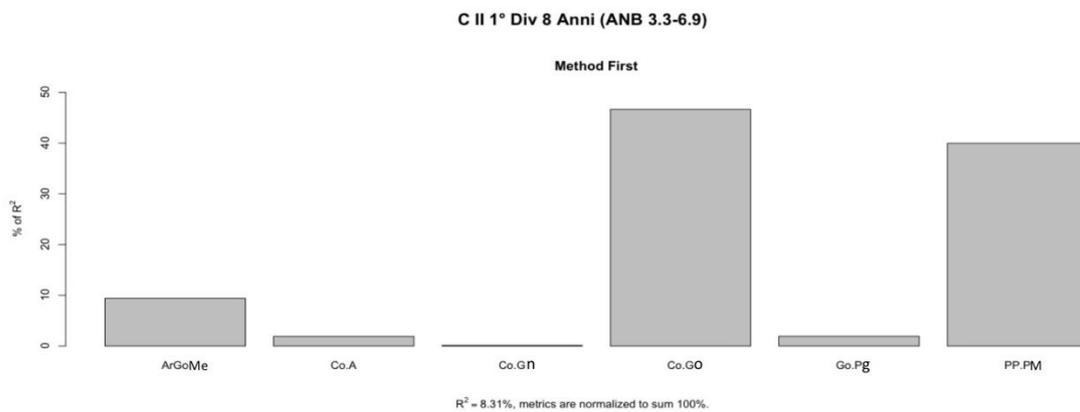


Figura 69

Sempre considerando i parametri cefalometrici maggiormente rappresentativi delle caratteristiche scheletriche sagittali e verticali dei mascellari (ArGoMe, Co-A, Co-Gn, Co-Go, Go-Pg e PP-PM), di 20 soggetti di 14-15 anni di età con caratteristiche di grave squilibrio sagittale delle basi scheletriche (angolo ANB compreso tra 5.2 e 13.0 gradi) (Fig. 70) è stato messo a confronto con 20 soggetti

di pari età con squilibrio maxillomandibolare più leggero (angolo ANB compreso tra 2.7 e 5.1 gradi) (Fig. 71). A differenza degli 8 anni, nei soggetti più maturi il contributo maggiore è dato dall'angolo di divergenza tra il piano palatale e il piano mandibolare (angolo PP-PM) mentre nei soggetti con lieve squilibrio, a caratterizzare la struttura più squilibrata concorrono in maniera abbastanza omogenea tutte le variabili considerate con l'eccezione di Co-A.

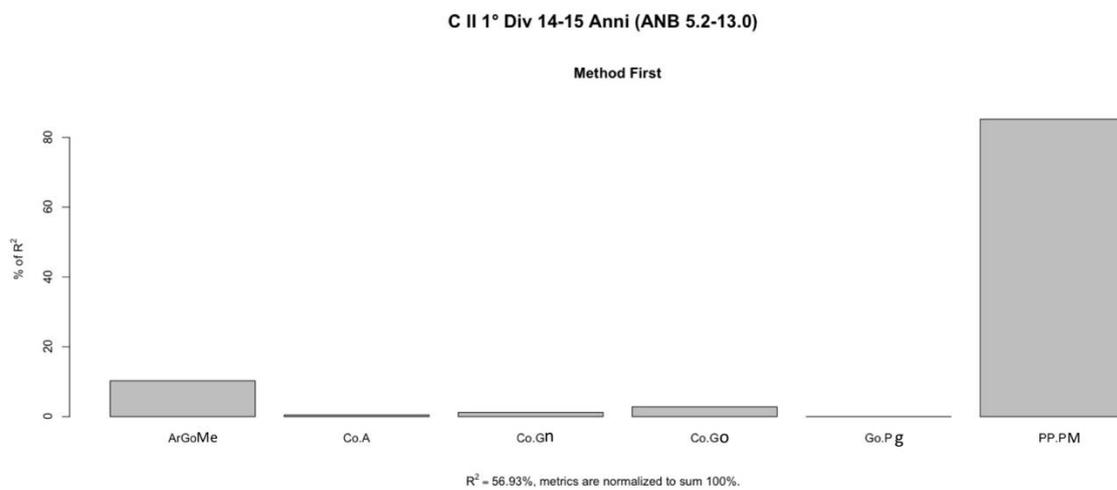


Figura 70

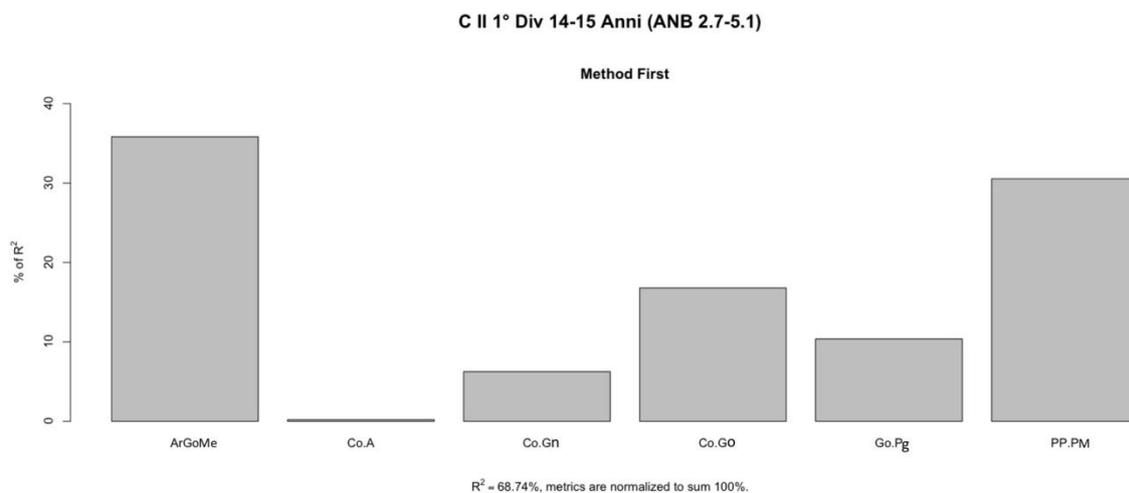


Figura 71

DISCUSSIONE

Il presente studio ha analizzato un campione di 335 soggetti contemporanei con malocclusione di II Classe non trattata suddivisi in vari gruppi di età dagli 8 ai 15 anni. Il campione di II Classe è stato confrontato con un campione controllo di soggetti per la maggior parte senza trattamento che presentavano prevalentemente caratteristiche di occlusione normale di I Classe (*Bhatia e Leighton, 1993*).

Una delle limitazioni del presente studio è rappresentata dal fatto che si tratta di uno studio cross-sectional. Idealmente uno studio sulla crescita dovrebbe essere svolto su campioni longitudinali di soggetti non trattati. Tuttavia anche gli studi cross-sectional con numerosità campionaria elevata permettono di derivare informazioni utili alla comprensione dell'evoluzione dei rapporti scheletrici e dentoalveolari craniofacciali all'interno di soggetti con una determinata malocclusione. Inoltre, lasciare senza trattamento soggetti con malocclusione di II Classe, non risulta possibile per ovvi motivi etici. Un'altra limitazione dello studio è rappresentata dal gruppo controllo che presenta prevalentemente soggetti con occlusione normale e senza trattamento osservati tra il 1952 e il 1990. Il campione controllo, anche se non ideale poiché non tutti i soggetti presentavano occlusione normale ed erano stati lasciati senza trattamento, rappresenta un compromesso accettabile in quanto, nuovamente, per motivi etici risulterebbe impossibile documentare con teleradiografie latero-laterali soggetti contemporanei con occlusione normale che non richiedono trattamento ortodontico. Inoltre il trattamento ortodontico nei soggetti del gruppo controllo era stato effettuato con apparecchi rimovibili che non influenzano la crescita cranio-facciale.

Gli studi cross-sectional hanno dimostrato che i componenti della malocclusione di II Classe possono essere classificati in quattro gruppi principali: posizione anteriore del mascellare superiore, posizione anteriore degli elementi dentali dell'arcata superiore, una retrusione mandibolare scheletrica ed un eccessivo o carente sviluppo verticale. Anche se gli studi cross-sectional sono in grado di identificare l'eziologia della malocclusione di II Classe confrontando individui con II Classe con soggetti normali o con standard cefalometrici esistenti, i dati di crescita degli studi longitudinali possono contribuire a rispondere ad alcune delle più comuni domande cliniche: quali sono i cambiamenti di crescita con l'età negli individui con II Classe? Come si possono rilevare in anticipo i problemi di crescita della II Classe? Quali componenti della malocclusione di II Classe si esprimono durante la crescita puberale?

Gli studi longitudinali e cross-sectional che abbiamo preso in esame nel capitolo dell'analisi della letteratura, hanno cercato maggiori risposte per quanto riguarda i trend di crescita della malocclusione di II Classe tra i 7 e i 14 anni, in determinati parametri cefalometrici come gli angoli SNA e SNB, inerenti alle caratteristiche sagittali, gli angoli di divergenza facciale come il PP-PM e SN-GoGn e tutti quei valori che descrivono la crescita mandibolare, sia della lunghezza totale (Co-Gn) sia del corpo (Go-Gn) e sia dell'angolo goniale (ArGoMe).

Per quanto riguarda le caratteristiche sagittali alcuni autori (*Riesmeijer et al., 2004; Gesch, 2000*) hanno messo in evidenza un valore di protrusione del mascellare superiore nelle II Classi maggiore rispetto ai soggetti con equilibrio sagittale nella norma; viceversa Ngan e collaboratori (*1997*) non hanno riscontrato valori di protrusione del mascellare superiore sostanzialmente differenti tra gruppo studio e gruppo controllo.

Per quanto riguarda il dato relativo alla retrusione mandibolare (SNB), in letteratura è stato rilevato come la posizione più arretrata della mandibola rispetto

alla base cranica risulti nelle II Classi un parametro ampiamente rilevato (*Riesmeijer et al., 2004; Ngan et al., 1997; Bishara, 1998; Baccetti et al., 1997*).

Lo studio cross-sectional oggetto della presente tesi trova sia valori discordanti che in accordo ai dati riportati nell'analisi della letteratura. Più specificatamente sono emersi valori che si mantengono aumentati (protrusione) per quanto riguarda la posizione del mascellare superiore rispetto alla base cranica in senso sagittale (SNA) anche se non statisticamente significativi nelle fasce di età 13/14-15 anni, e valori che si mantengono diminuiti (retrusione) per quanto riguarda la posizione della mandibola rispetto alla base cranica (SNB), tranne che nelle fasce di età 10-11/12/14-15 anni dove non raggiunge la significatività statistica. I parametri cefalometrici che esprimono l'equilibrio scheletrico sagittale tra i mascellari (angolo ANB e indice Wits) dimostrano che la disarmonia scheletrica di II Classe si mantiene costante dagli 8 ai 15 anni in assenza di segni miglioramento spontaneo.

Dall'analisi della letteratura emerge che gli angoli di divergenza facciale, espressi da parametri come SN-GoGn e PP-PM, mostrano valori di crescita contrastanti tra lo studio longitudinale condotto da Riesmeijer e collaboratori (2004), che hanno trovato un aumento significativo di Sn-GoGn nei soggetti con malocclusione di II Classe rispetto ai soggetti del gruppo controllo senza malocclusioni, e lo studio cross-sectional effettuato da Gesh (2000), dove si è riscontrato una riduzione dell'angolo formato tra piano palatino e piano mandibolare (PP-PM) nei soggetti con malocclusione di II Classe. Per quanto riguarda l'angolo goniale, Gesh (2000) ha riscontrato un valore minore dell'angolo ArGoMe dovuto ad una rotazione anteriore mandibolare, in contrasto con i risultati ottenuti da Baccetti e collaboratori (1997) che hanno evidenziato tra il campione dei soggetti con malocclusione di II Classe un aumento dell'angolo goniale dovuto ad una rotazione posteriore mandibolare.

Nel presente studio i valori della divergenza facciale (SN-GoGn), della divergenza intermascellare (PP-PM) e dell'angolo goniale (ArGoMe) hanno mostrato un andamento simile con una progressiva riduzione che raggiunge il minimo a 10-11 anni (-2.5 gradi, -1.7 gradi e -3.3 gradi, rispettivamente) per poi aumentare nuovamente a valori simili a quelli del gruppo controllo. L'aumento dei valori della divergenza a partire dai 12 anni nel gruppo potrebbe aver coinciso con il periodo dell'eruzione dei secondi molari permanenti.

L'analisi network dei soggetti suddivisi per gruppi di età da 8 a 15 anni ha mostrato il ruolo importante svolto dall'angolo di divergenza intermascellare (PP-PM) nel favorire la connessione tra tre sottogruppi morfo-funzionali ovvero 1) le variabili di verticalità maxillomandibolare, 2) le variabili scheletriche legate alle basi ossee craniofacciali, 3) le variabili dentoalveolari legate ai fenomeni adattativi e di compenso dello squilibrio morfologico tipico della malocclusione di II Classe. L'analisi dell'Importanza Relativa dimostra come la divergenza intermascellare determini un contributo importante sullo squilibrio sagittale tra le basi ossee (ANB).

La crescita mandibolare è stato uno degli argomenti di maggior interesse sia da parte degli studi longitudinali che degli studi cross-sectional. Vi sono risultati differenti riguardo i valori dei parametri mandibolari riscontrati tra gli studi condotti da Riesmeijer, Ngan e Stahl e collaboratori (*Riesmeijer et al., 2004; Ngan et al., 1997; Stahl et al., 2008*). Riesmeijer e collaboratori, confrontando 3 banche dati di studi longitudinali, ha riscontrato un aumento significativo dei valori di Co-Gn e Go-Gn in tutti i suoi soggetti con malocclusione di II Classe rispetto al gruppo controllo, in un'età compresa per i soggetti femminili 7-14 anni e 9-14 anni per i soggetti maschili. Viceversa lo studio cross-sectional condotto da Ngan e collaboratori su 40 soggetti di sesso femminile (*1997*) e lo studio longitudinale di Stahl e collaboratori (*2008*) hanno riscontrato valori significativamente minori per

i parametri Co-Gn e Go-Gn nei soggetti con malocclusione di II Classe rispetto ai soggetti con I Classe. I soggetti con II Classe arrivavano a manifestare un deficit di crescita mandibolare, nel periodo puberale, di circa -3mm. Per quanto concerne il comportamento dei parametri dimensionali mandibolari (Co-Gn, Go-Pg, Co-Go) il presente studio ha messo in evidenza valori del tutto simili tra gruppo con II Classe e gruppo controllo. La differenza nei risultati rispetto allo studio di Ngan e Stahl e collaboratori potrebbe essere spiegato almeno in parte dalla composizione del gruppo controllo del presente studio. Il campione dell'atlante cefalometrico di Bhatia e Leighton (1993) è rappresentativo di una popolazione "normale" e non di una popolazione con occlusione ideale di I Classe. Infatti il 62% dei soggetti presenta un'occlusione di I Classe, il 33% II Classe e il 5% III Classi.

Dal presente studio è emerso in maniera rilevante anche il comportamento di altri parametri cefalometrici presi in esame, come il valore di Co-A, significativamente aumentato in tutte le fasce di età tra i soggetti con malocclusione di II Classe rispetto al gruppo controllo ribadendo quindi il ruolo importante dell'eccesso dimensionale sagittale del mascellare superiore nel determinismo dello squilibrio scheletrico di II Classe.

Infine per quanto riguarda i parametri dento-alveolari, l'overjet si presenta significativamente aumentato nei soggetti con II Classe rispetto al gruppo controllo a tutte le fasce di età (tra +3.6 e +4.2 mm) mentre l'overbite presenta valori del tutto simili al gruppo controllo. L'angolo formato dall'asse dell'incisivo centrale superiore rispetto al piano palatino (U1-PP) risulta aumentato a tutte le fasce di età (tra +2.0 e +3.2 gradi) raggiungendo la significatività statistica solo all'età di 8 anni (+4.2 gradi). Il valore che identifica la posizione dell'incisivo centrale inferiore rispetto al piano di Francoforte (FMIA) risulta significativamente ridotto (tra -6.7 gradi e -5.4 gradi) in tutte le fasi di crescita da 8 a 15 anni (con l'eccezione della

fascia di età di 10-11 anni, -2.2 gradi), viceversa il valore espresso dall'angolo formato tra l'asse dell'incisivo centrale inferiore ed il piano mandibolare (IMPA) si manifesta significativamente aumentato (tra +4.3 gradi e +6.3 gradi), anch'esso in tutte le fasce di età, indice questo di un tentativo di compenso dento-alveolare della disarmonia scheletrica.

CONCLUSIONI

Il presente studio cefalometrico ha messo in evidenza che i soggetti affetti da malocclusione di II Classe Divisione 1 presentano le seguenti caratteristiche dento-scheletriche rispetto ad un gruppo controllo di riferimento tra gli 8 e i 15 anni di età:

- Il Classe scheletrica sostenuta da protrusione del mascellare superiore e retrusione mandibolare;
- Aumento delle dimensioni sagittali del mascellare superiore e dimensioni mandibolari normali;
- Divergenza facciale e angolo goniale ridotti fino all'età di 11 anni per poi riportarsi a valori simili a quelli del gruppo controllo tra i 12 e 15 anni;
- Overjet aumentato in presenza di overbite normale;
- Protrusione degli incisivi superiori particolarmente evidente ad 8 anni e protrusione degli incisivi inferiori.
- L'analisi network dei soggetti suddivisi per gruppi di età da 8 a 15 anni ha mostrato il ruolo importante svolto dall'angolo di divergenza intermascellare (PP-PM) nel favorire la connessione tra tre sottogruppi morfo-funzionali ovvero 1) le variabili di verticalità maxillomandibolare, 2) le variabili scheletriche legate alle basi ossee craniofacciali, 3) le variabili dentoalveolari legate ai fenomeni adattativi e di compenso dello squilibrio morfologico tipico della malocclusione di II Classe.

BIBLIOGRAFIA

Angle E 1907 *Treatment of malocclusions of teeth, Angle's system. 7th edition*. S. S. Withe Manufacturing Company, Philadelphia.

Antonini A, Marinelli A, Baroni G, Franchi L, Defraia E 2005 *Class II malocclusion with maxillary protrusion, from the deciduous through the mixed dentition: a longitudinal study*. Angle Orthod. 75 (6): 980-986.

Auconi P, Caldarelli G, Scala A, Ierardo G, Polimeni A 2011 *A network approach to orthodontic diagnosis*. Orthodontics and Craniofacial Research. 14, 189–197.

Auconi P, Scazzocchio M, Defraia E, McNamara JA Jr, Franchi L 2014 *Forecasting craniofacial growth in individuals with Class III malocclusion by computational modeling*. Eur J Orthod. 36, 207–216.

Baccetti T, Franchi L, Mc Namara JA Jr, Tollaro I 1997 *Early dentofacial features of Class II malocclusion: A longitudinal study from the deciduous through the mixed dentition*. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 111; 5: 502-509.

Baccetti T, Franchi L, McNamara JA 2002 *An Improved version of the Cervical Vertebrae Maturation (CVM) Method for the Assesment of Mandibular Growth*. Angle Orthod. 72(4).

Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr 2005 *The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assesment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics*. Semin Orthod. 11:119-29.

Baccetti T, Franchi L, Stahl F 2009 Comparison of 2 comprehensive Class II treatment protocols including the bonded Herbst and headgear appliances: a double-blind study of consecutively treated patients at puberty. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Jun;135(6):698.e1-10

Baccetti T, Stahl F, McNamara JA Jr 2009 Dentofacial growth changes in subjects with untreated Class II malocclusion from late puberty through young adulthood. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Feb;135(2):148-54.

Bhatia SN, Leighton BC 1993 *A manual of facial growth. A computer analysis of longitudinal cephalometric growth data.* Oxford medical publication.

Bishara SE 1998 Mandibular changes in persons with untreated and treated Class II division 1 malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Jun; 113(6):661-73.

Bishara SE, Jakobsen JR, Vorhies B, Bayati P 1997 *Changes in dentofacial structures in untreated Class II Division 1 and normal subjects: a longitudinal study.* *Angle Orthod.* 67:55-66.

Björk A 1969 *Prediction of mandibular growth rotation.* *Am. J. Orthod.* 55: 585-599.

Björk A, Skieller V 1983 *Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years.* *Eur J Orthod* 5: 1-46.

Bondi M 1985 *Ruolo della funzione e disfunzione nella etiologia delle classi II. Sue implicazioni terapeutiche.* *G. Stomatol.Ortognatodonzia.* 4 (1): 33-34.

Caldarelli G, Catanzaro M 2002 *Networks: A Very Short Introduction.* Oxford University Press, Oxford, UK. pp. 54–65.

Dahlberg G. Statistical methods for medical and biological students. London, United Kingdom: G. Allen & Unwin; 1940.

Defraia E, Baroni G, Marinelli A 2006 Dental arch dimensions in the mixed dentition: a study of Italian children born in the 1950s and the 1990s. *Angle Orthod.* May;76(3):446-51.

Downs WB 1948 *Variations in facial relationship: their significance in treatment and prognosis.* *Am. J. Orthod.* 34: 812-840.

Downs WB 1952 The role of cephalometrics in orthodontic case analysis and diagnosis. *Am. J. Orthod.* 38:162-182.

Elsasser WA, Wylie WL 1943 *The craniofacial morphology of mandibular retrusion.* *Am. J. Orthod.* 6: 461-473.

Enlow DH 1990 *Facial growth*, ed 3, Philadelphia, WB Saunders

Enlow DH 1975 *Handbook of facial growth.* Baltimore: Saunders.

Enlow DH, Harris DB 1964 *A study of postnatal growth of human mandible.* *Am. J. Orthod.* 50: 12-25.

Enlow DH, Moyers RE 1971 *Growth and architecture of the face.* *J. A. D. A.* 82: 763-774.

Faria P. T. M., Ruellas A. C. O. Matsumoto M. A. N., Anselmo-Lima W. T., Pereira F. C. 2002 *Dentofacial morphology of mouth breathing children.* *Braz. Dent. J.*, 2002; 13 (2): 129-132.

Franchi L, Baccetti T 2005 Transverse maxillary deficiency in class II and class III malocclusions: a cephalometric and morphometric study on postero-anterior film. *Orthod Craniofac Res.* 8:21-25.

Franchi L, Baccetti T 2006 Prediction of individual mandibular changes induced by functional jaw orthopedics followed by fixed appliances in Class II patients. *Angle Orthod.* Nov;76(6):950-4.

Franchi L, Baccetti T, McNamara JA 2000 *Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height.* *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 118:335-40.

Fränkel R 1983 *Biomechanical aspects of the form/function relationship in craniofacial morphogenesis: a clinician's approach.* In McNamara JA Jr, Ribbens KA, Howe RP, eds. *Clinical Alteration of the Growing Face, Monograph 14, Craniofacial Growth Series.* Ann Arbor, Mich: Center for Human Growth and Development, The University of Michigan.

Gesch D 2000 A longitudinal study on growth in untreated children with Angle Class II, Division 1 malocclusion. *J Orofac Orthop.* 61(1):20-33.

Grave KC 1978 *Physiological indicators in orthodontic diagnosis and treatment planning.* *Aust Orthod J.* Feb;5(3):114-122.

Houston W 1983 The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod* 83: 382-390.

Holm S 1979. A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scand J Stat* 6: 65–70.

Janson I 1982 *Skelettale und dento-alveoläre Änderungen durch die Bionatorbehandlung in der vorpubertären und pubertären Wachstumszeit.* Berlin: Quintessenz.

Kelly JE, Sanchez M, van Kirk LE 1973 An assessment of the occlusion of teeth of children 12-17 years. DHEW pub No (HRA) 74-1612. Washington, DC: National Center for Health Statistics.

Latham RA 1974 *Maxillary development and growth: the septopremaxillary ligament*, J Anat 107:471.

Lundstrom A, Woodside DG 1983 Longitudinal changes in facial type in cases with vertical and horizontal growth directions. Eur J Orthod. 5:259-68.

Martin R, Saller K 1956 Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung, Stuttgart; 1956-1959.

McNamara JA 1981 *Components of class II malocclusion in children 8-10 years of age*. Angle Orthod. 51(3): 177-202.

McNamara JA, Brudon WL 2001 W.L. Orthodontics and dentofacial orthopedics. Needham Press, Ann Arbor, Mich.

Moss ML, Salentijn L 1969 *The primary role of functional matrices in facial growth*, Am J Ortho, 1969; 55:556-577.

Moyers RE, Bookstein FL, Guire KE 1979 *The concept of pattern in craniofacial growth*. Am J Orthod. Aug; 76(2):136-48.

Muller A 1992 ANB-Winkelprognose mit Hilfe multipler linearer Regressionsgleichungen f/Jr die einleitende Behandlung mit dem Hansa-Gerät und die anschließende Behandlung mit der Multibandapparatur. Universität Hamburg: Med. Diss.

Network T_50: www.yworks.com

Ngan PW, Byczek E, Scheick J 1997 Longitudinal evaluation of Class II division 1 subjects. *Sem Orthod.* 3:221-31.

Ozer T, Kama JD, Ozer SY 2006 A practical method for determining pubertal growth spurt. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Aug; 130(2): 131.e1-6.

Petrovic A 1974 *Control of postnatal growth of secondary cartilages of the mandible by mechanisms regulating occlusion. Cybernetic model.* *Trans Eur Orthod Soc.* 69–75.

Proffit WR, Fields HW Jr 2001 *Ortodonzia Moderna, seconda ediz. (dalla terza ediz originale)*, Masson.

R Core Team 2015 *R: A language and environment for statistical computing.* *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rakosi T 1982 *An Atlas and Manual of Cephalometric Radiography.* London: Wolfe Medical Publications. 7-19.

Ricketts RM 1960 *The influence of orthodontic treatment on facial growth and development.* *Angle Orthod.* 30: 103-33.

Riesmeijer AM, Prah-Andersen B., Mascarenhas AK, Joo BH, Vig KW 2004 *A comparison of craniofacial Class I and Class II growth patterns.* *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Apr; 125(4):463-71.

Scott JH 1954 *The growth of the human face.* *Proc R Soc Med.* 47:91–100.

Siriwat PP, Jarabak JR 1985 Malocclusion and facial morphology: is there a relationship? an epidemiologic study. *Angle Orthod.* 55:127-38.

Stahl F, Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr 2008 Longitudinal growth changes in untreated subjects with Class II Division 1 malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Jul;134(1):125-37.

Tollaro I, Baccetti T, Franchi L, Tanasescu CD 1996 *Role of posterior transverse interarch discrepancy in Class II, Division 1 malocclusion during the mixed dentition phase.* *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 110:417–422.

Ulrike Gromping 2006 *Relative importance for linear regression in R: the package relaimpo.* *Journal of Statistical Software.* 17(1): 1--27.

Van Limborgh J 1970 *A new view on the control of the morphogenesis of the skull.* *Acta Morphol Neer Scand.* 8:143–160.