

# Terapia con lip bumper per guadagnare lunghezza dell'arcata

**C.T. Nevant,\* P.H. Buschang, \* R.G. Alexander, \* and J.M. Steffen\*\***

Dallas, Texas, and Edmond, Okia

*Dopo aver studiato modelli e cefalometrie laterali pre e post trattamento, si è deciso di procedere con la terapia del lip bumper su due gruppi di 20 pazienti. Un gruppo è stato trattato con lip bumper creati con archi in acciaio inossidabile rivestiti, che venivano attivati ogni 2-3 mesi. Con il secondo gruppo è stato utilizzato un modello di lip bumper prefabbricato, ricoperto da uno scudo di resina acrilica da canino a canino e veniva attivato ogni 4-5 settimane. Rilevazioni annuali sui cambiamenti avvenuti durante il trattamento indicano che il tipo di lip bumper usato e il metodo di manipolazione clinica non hanno avuto alcun effetto sulla posizione degli incisivi inferiori. Entrambi i gruppi mostrarono valutazioni simili di controllo dell'inclinazione vestibolare degli incisivi, avendo l'apice come fulcro dell'asse di rotazione. Risultavano, invece, significativamente diversi i movimenti dentali ottenuti nei settori posteriori tra i due gruppi. Il secondo ha mostrato una maggior inclinazione a livello del molare rispetto al primo gruppo. Ha inoltre mostrato, sempre il secondo gruppo, maggior espansione trasversale dei canini, dei primi premolari e dei primi molari. (Am J Orthod Dentofac Orthop 1991, 100:300-6.)*

*traduzione a cura di Valentina Pronzato*

Il lip bumper è stato usato per ottenere maggior lunghezza dell'arcata per favorirne l'allineamento in quei casi che presentavano un lieve o un discreto grado di affollamento (1-5). Ciò ha potuto fornire un'alternativa alla terapia estrattiva. La maggior parte dei lip bumper sono formati da un arco in acciaio (di solito da 0.045 inch) rivestiti con materiale plastico o resina (Fig.1). Il lip bumper viene posizionato davanti e quasi a contatto degli elementi anteriori inferiori; le due estremità vengono inserite nei tubi vestibolari delle bande cementate sui primi o sui secondi molari permanenti. Solitamente presentano anche delle anse attivabili nei bracci laterali.

Gli effetti terapeutici richiesti dal lip bumper sono quelli di avere un movimento corporeo in avanti degli incisivi, allargare gli incisivi inferiori e distalizzare i molari.(1-3)

I cambiamenti che avvengono a livello dentale possono essere attribuiti alla rimozione della pressione delle labbra sugli

elementi anteriori e alle forze distali estese fino all'ancoraggio molare.

E' stato stimato che il labbro inferiore esercita sullo scudo del lip bumper una pressione che si aggira tra i 100 e i 300gm (6). Al labbro sono sufficienti solo 1,7gm per muovere i denti (7). Il braccio laterale del lip bumper contribuisce, inoltre, a eliminare la restante pressione della muscolatura orale, consentendo alla spinta della lingua di agire sull'incremento dell'ampliamento dell'arcata.

## **Analisi della letteratura**

Su 116 casi portatori di lip bumper esaminati, il 95% hanno mostrato migrazioni vestibolari degli incisivi inferiori e distalizzazioni dei rimi molari (1); l'88% dei 22 casi riportati da Subtelny and Sakuda (2) hanno mostrato movimenti di uprighting dei molari. Bjerregaard et al. (3), negli 11 pazienti studiati, hanno riportato una media di incremento di 6mm della circonferenza dell'arcata inferiore. Hanno mostrato che

\* Department of Orthodontics, Baylor College of Dentistry, Dallas, Texas.

\*\* in studio privato, Edmond, Okia

l'ampiezza dell'arcata tra i primi molari è aumentata di 2,9mm, gli incisivi inferiori hanno ottenuto un'inclinazione vestibolare di 5° e il primo molare di un'inclinazione distale di 8°. Cetlin e Ten Hove (4), riportando lo studio di 50 casi non estrattivi trattati consecutivamente, hanno riscontrato una media di incremento di 2,5mm tra i canini, un aumento di ampiezza dell'arcata di 4mm nella distanza tra i primi premolari, di 4,5mm tra i secondi premolari e di 5,5mm tra i primi molari. Quando venivano usati i secondi molari come ancoraggio per il lip bumper, si otteneva un ulteriore incremento dell'ampiezza dell'arcata di 4mm. Apparentemente è possibile ottenere 4 o 5mm di espansione nella zona dei premolari, entro i 2 anni di trattamento, usando anche lo scudo vestibolare del lip bumper. (5). Quando la pressione dei muscoli buccinatori contro lo scudo vestibolare viene trasmessa ai molari si ricorre all'aiuto di un'espansione attiva per prevenire il ribaltamento linguale dei molari. Seguenti analisi sul trattamento ortodontico con lip bumper si sono basate su ulteriori (1) piccoli gruppi di persone studiate in un prolungamento di terapia o (2) su numero adeguato di pazienti, ma con tempi di trattamento relativamente brevi.

Sono necessari campioni più ampi, seguiti con trattamenti più lunghi nel tempo, per ridurre performance e trasferimento di bias (10) in modo da migliorare il significato delle statistiche.

In aggiunta sono richiesti studi che comparino approcci terapeutici alternativi se vogliamo meglio capire come i pazienti rispondono a diversi tipi di lip bumper ed alle diverse gestioni cliniche.

## **Metodi e materiali**

Il responso alla terapia del lip bumper è risultato dalla comparazione di records pre e post trattamento di 40 pazienti. Questi includevano cefalometria laterale standard e modelli dell'arcata inferiore. La loro analisi

mostrava una riduzione dell'altezza dell'arcata e la distanza intermolare e, nella fase iniziale, gli incisivi inferiori si presentavano reclinati più lingualmente rispetto a quella post trattamento. I soggetti esaminati includevano casi trattati consecutivamente negli studi di due ortodontisti. Ogni praticante ha fornito 20 casi che presentavano le seguenti caratteristiche:

1. etnia caucasica;
2. carenza di ampiezza dell'arcata inferiore (da 4 a 8mm) trattata solo con lip bumper;
3. tutti i pazienti dovranno essere degli ottimi collaboratori;
4. 9 mesi di durata del trattamento;
5. nessuna III classe scheletrica o assenza di malocclusioni dentali.

Il primo gruppo è stato trattato con lip bumper fabbricati con un filo in acciaio da 0,045 inch, rivestito con plastica (1,5mm di spessore). Il lip bumper veniva attivato a livello delle anse ed era posizionato approssimativamente tra i 2 e i 3 mm davanti agli incisivi inferiori a livello della gengiva. Veniva posizionato a 4-5mm dai settori laterali e espanso circa di 2 mm a livello dei molari. Il lip bumper veniva riattivato ogni 2-3 alla posizione iniziale ed attivazione di espansione dei molari originale. Il trattamento iniziava approssimativamente all'età di 11 anni del paziente e durava, in media, 1,4 anni. 8 pazienti vennero esclusi a causa della loro scarsa collaborazione.

Il secondo gruppo è stato trattato con un lip bumper che presentava uno spesso scudo in resina da canino a canino. Lo scudo è stato rimodellato nel tempo per dare maggiore comfort al paziente (la sua dimensione occluso-gengivale originale era di 5,7mm e di 2,7mm di spessore). Il lip bumper veniva piazzato approssimativamente 2mm davanti agli incisivi inferiori; verticalmente al parte dello scudo era posizionata 7,2mm davanti al bordo incisale del gruppo anteriore. Il lip bumper, in media, veniva sistemato a una

distanza di 4mm dai primi premolari e dai 4 ai 5mm dai molari. Dopo un intervallo di 4-5 settimane veniva riattivato alla posizione originale. Il trattamento iniziava mediamente all'età di 12,1 anni e durava 1 anno. Vennero eliminati dalla casistica 10 pazienti per la loro scarsa collaborazione.

Veniva eseguito un tracciato cefalometrico da un esaminatore su teleradiografie laterali pre e post trattamento di pazienti scelti a caso.

Il piano occlusale veniva tracciato passando dall'apice della cuspidine mesio-vestibolare del primo molare inferiore e il bordo mesiale dell'incisivo centrale inferiore. Quando si sovrapponevano le immagini di entrambe le arcate, si sceglieva di eseguire il tracciato prendendo in esame gli elementi del lato sinistro. Per tracciare il piano occlusale sulla cefalometria pre trattamento venivano presi come riferimento punti arbitrari sia anteriori che posteriori. Il tracciato post trattamento veniva poi sovrapposto a quello iniziale usando come riferimenti invariati strutture più o meno profonde della sinfisi mentoniera, come descritto da Björk (11). Il piano occlusale post trattamento veniva sovrapposto a quello iniziale per poter essere comparati.

Da questa analisi risultavano 11 misurazioni, che includevano 4 angoli e 7 misure lineari ( Tavola 1).

I modelli venivano misurati con un calibro elettronico con una precisione vicina allo 0,01mm. Le misurazioni includevano (1) lunghezza totale dell'arcata (TAL), trovata sommando le distanze, sia destra che sinistra, da il punto di contatto mesiale dei primi molari permanenti e il punto di contatto tra gli incisivi centrali (12); (2) l'ampiezza dell'arcata (AD), data da una bisettrice, tracciata dal punto di contatto mesiale del primo molare permanente a quello mesiale tra gli incisivi centrali su entrambe le emiarcate; (3) l'indice di irregolarità (Irreg) che è dato dalla somma delle misure dello spostamento dei punti di contatto dei sei denti anteriori; (4) la larghezza tra i canini inferiori (C-C), rilevata misurando la distanza tra la sommità

delle loro cuspidi ; (5) la larghezza tra i primi premolari inferiori ( Pm1- Pm1) calcolata dal centro del solco occlusale del primo premolare inferiore sinistro a quello contro laterale e (6) la larghezza tra i primi molari inferiori ( M1-M1) rilevata misurando la distanza che intercorre tra i solchi centrali delle superfici occlusali dei primi molari.

L'affidabilità (Tavola 1) è stata valutata seguendo il metodo di errore del sistema statistico di Dahlberg (14). Non sono state individuate differenze sistematiche rilevanti durante le repliche dell'esame.

Il metodo di errore aveva un range che si aggirava tra lo 0,1 e lo 0,9mm nelle misure lineari e tra 1° e 1,2° in quelle angolari. Fatta eccezione per la lunghezza totale dell'arcata, errori casuali nella misurazione dei modelli risultavano decisamente inferiori ai 0,2m.

Analisi annuali delle variazioni nel trattamento venivano calcolate con la formula  $(X_2 - X_1) / (A_2 - A_1)$ , dove X e A corrispondono rispettivamente alle misure e all'età anagrafica esatte del paziente esaminato. Sono state esaminate la curtosi e la asimmetria delle distribuzioni; risultavano modificate le misure non normalmente distribuite. Le analisi di covarianza mostravano che l'età del pre trattamento, il sesso e l'interazione tra sesso e gruppo non risultavano statisticamente significanti.

Dati di riferimento specifici di età – e sesso – (15.16) venivano utilizzati per confrontare i risultati ottenuti con normali valutazioni di pazienti non trattati con questa sistematica.

I dati di riferimento raggruppavano i bambini bianchi, di classe socio-economica medio-alta e, in maggioranza, di origine Nord-Europea.

Prima della comparazione delle cefalometrie, sono stati fatti i necessari aggiustamenti di ingrandimento delle immagini. I punti Z venivano computati a ogni soggetto e differenze di gruppo venivano valutate dalle analisi delle varianti. Cambiamenti nei punti Z al di fuori del periodo di trattamento

venivano valutati mediante la comparazione del T test accoppiato.

## Risultati

La tavola II, descrivendo le diverse misure riscontrate nei trattamenti annuali, dimostra che non sono presenti differenze statisticamente significative. Ad eccezione degli apici degli incisivi inferiori, dal punto di riferimento anteriore, tutte le variabili visualizzate hanno subito dei cambiamenti significativi durante la fase ortodontica ( $p < 0,05$ ). Entrambi i gruppi hanno ottenuto un controllo dell'inclinazione ( $-3,8^\circ$  all'anno rispetto al piano occlusale e  $2,9^\circ$  all'anno sul piano mandibolare), nonostante il bordo incisale si sia vestibolarizzato di circa 1,4mm in un anno. Gli apici dei primi molari inferiori sono mesializzati con una media di 1,2mm all'anno, il che ha portato a una riduzione di 2,2mm all'anno dell'indice di irregolarità in entrambi i gruppi in esame (Fig. 2).

A differenza degli incisivi, tutti e due i gruppi hanno dimostrato notevoli differenze nelle misurazioni eseguite durante il trattamento ortodontico a livello dei molari (tavola III).

I cambiamenti annuali risultavano essere più evidenti nel secondo gruppo, i quali hanno mostrato un incremento della distanza intermolare approssimativamente di 4,2mm all'anno (Fig. 3), spostamenti distali della cuspidine molare con una media di 1,5mm all'anno e di una riduzione dell'angolo tra il molare e il piano occlusale di circa  $8^\circ$  in un anno (Fig. 4).

Si è arrivati così ad ottenere un incremento della lunghezza totale della arcata di 7,45mm in un anno.

I movimenti del molare nel primo gruppo risultavano essere molto limitati. I molari si sono espansi trasversalmente con una media di 0,8mm all'anno, la lunghezza totale dell'arcata è aumentata di circa 2,7mm in un anno e l'inclinazione distale del molare ottenuta rientrava nell'ordine di circa  $2,8^\circ$  all'anno.

Nella tavola VI vengono comparati il lip bumper semplice con valutazioni di controllo non precedentemente trattate. Le altezze verticali pre trattamento degli incisivi e dei molari (I1-Me, Mit—MP) vanno da 1,0 a 1,6 negli spostamenti standard più brevi ottenuti con la terapia del lip bumper semplice. Gli incisivi inferiori del gruppo del lip bumper risultavano molto più verticali e posteriori rispetto al nasion - punto B sul piano. Prima del trattamento, la profondità dell'arcata inferiore in entrambi i gruppi risultava essere corta (da  $-0,8$  a  $-0,5$  negli spostamenti standard) e stretta a livello dei molari (da 1,2 a 1,4 nelle unità di spostamenti standard). È interessante notare che, all'inizio del trattamento, la larghezza intercanina rientrava appena nei valori medi approssimati ( $Z = -0,06$ ). Fatta eccezione per la larghezza intercanina e per la profondità dell'arcata nel gruppo 2, tutte le misure si avvicinavano ai valori di riferimento previsti durante il trattamento. È importante vedere come queste misurazioni abbiano potuto dimostrare questi cambiamenti significativi avvenuti, i quali non avrebbero potuto verificarsi durante la normale crescita e sviluppo dei pazienti presi in esame.

## Discussioni

I risultati hanno mostrato chiaramente che il lip bumper è un apparecchio efficace per ottenere circonferenze maggiori in arcate leggermente o moderatamente affollate. (Fig. 5). L'indice di irregolarità di Little (12) diminuiva all'incirca di 2,2mm all'anno e la lunghezza totale dell'arcata incrementava di 2,7 e di 7,5mm all'anno rispettivamente nel gruppo 1 e nel gruppo 2. Il tipo di lip bumper usato e la sua manipolazione clinica hanno dimostrato essere fattori importanti nel determinare modifiche nelle dimensioni trasversali e nella posizione dei molari.

Il gruppo 2 mostrava movimenti distali delle corone dei molari e movimenti mesiali della

radice, indicandone il centro di rotazione vicino del centro di resistenza.

Bjerregaard e collaboratori (3) hanno ottenuto 7,9° di inclinazione distale dei molari in 8 mesi di trattamento, dimostrandosi molto simili al cambiamento ( 8° all'anno ), ottenuti nel gruppo 2. Più dell'85% dei pazienti del gruppo 2 hanno evidenziato movimenti distali, quindi verosimili all' 88% riportato da Subtelny and Sakuda (2) e al 95% riportato da Bergensen (1). Invece il gruppo 1 non ha mostrato movimenti distali significativi della corona del molare; le radici si sono mosse mesialmente, con il centro di rotazione in corrispondenza della corona. Come ci si poteva aspettare, l'angolazione del molare inferiore aumentava l'altezza del molare in rapporto al piano mandibolare più del previsto per i bambini non trattati. Le differenze della posizione molare A-P avrebbero potuto essere anticipate. I pazienti nel gruppo 1 hanno mostrato variazioni nel trattamento durante le valutazioni annuali inferiori, probabilmente perché i loro lip bumper venivano attivati con minor frequenza ( 1). Inoltre, i lip bumpers del secondo gruppo avevano una superficie di plastica più larga da canino a canino, la quale ha la capacità di generare forze maggiori nei molari (5), portandoli verso un maggior movimento distale.

Il lip bumper mantiene le guance lontane dalle superfici vestibolari dei denti, consentendo alla spinta della lingua di agire incontrastata nell'incrementare la dimensione trasversale dell'arcata (8.9). Il primo gruppo ha espresso la maggior espansione a livello dei premolari, seguito rispettivamente dai canini e dai molari. Il secondo gruppo ha mostrato molte più espansioni a livello di molari e premolari. Un insieme di differenze nella dimensione trasversale potrebbero essere attribuite alla frequenza e alla quantità di regolazioni fatte sui tubi dei molari e (2) differenze nella forma del bumper. E' interessante notare che le variazioni trasversali risultavano maggiori delle variazioni antero-posteriori in entrambi i gruppi dei pazienti. Al contrario, Bjerregaard

e collaboratori (3), hanno suggerito che i cambiamenti antero-posteriori causati dal ribaltamento distale dei molari e l'allargamento degli incisivi nel primo trattamento erano il risultato della terapia con il lip bumper.

Nonostante le differenze nei lip bumper e le loro manipolazioni cliniche, i due operatori hanno prodotto effetti molto simili sugli incisivi inferiori. Questo supporta gli studi di Bergensen (1) , i quali riportano che il movimento in avanti degli incisivi avviene indipendentemente dal posizionamento del lip bumper o dal suo avanzamento lineare nel labbro inferiore. L'angolazione incisale, rispetto al piano mandibolare è aumentata con una media di 2,9° all'anno, il margine incisale ha avuto un avanzamento di circa 1,4mm all'anno e l'apice non ha mostrato cambiamenti importanti nel tempo.

Quindi il centro di rotazione era collocato in prossimità dell'apice degli incisivi. La percentuale di pazienti a cui si sono spostati in avanti gli incisivi (75%) si trova tra il 44% riportato da Subtelny and Sakuda (2) , e il 95% riportato da Bergensen (1). Quando gli incisivi risultavano inclinati lingualmente prima del trattamento, la loro protrusione durante il trattamento ortodontico incrementava di circa 1,1mm all'anno nella distanza verticale tra il bordo incisale e il mento, il quale risultò essere, tra i valori di controllo, quello più significativo.

La stabilità clinica dei trattamenti studiati è risultata dipendere, in gran parte, dalle forze esercitate sulla dentatura e sulle arcate alveolari dalla lingua, dalle labbra e dalle guance. I denti possono essere spinti ad assumere una posizione di equilibrio tra i muscoli vestibolari e linguali (17). Se la terapia in grado di stabilire nuovi rapporti tra le varie componenti funzionali, potremmo aspettarci la stabilità. Altrimenti, un certo grado di recidiva è inevitabile.

Il carico oclusale di denti contrapposti, sia distale che mesiale dal centro della resistenza,

potrebbe contribuire ulteriormente alla stabilità o all'instabilità del trattamento.

## Conclusioni

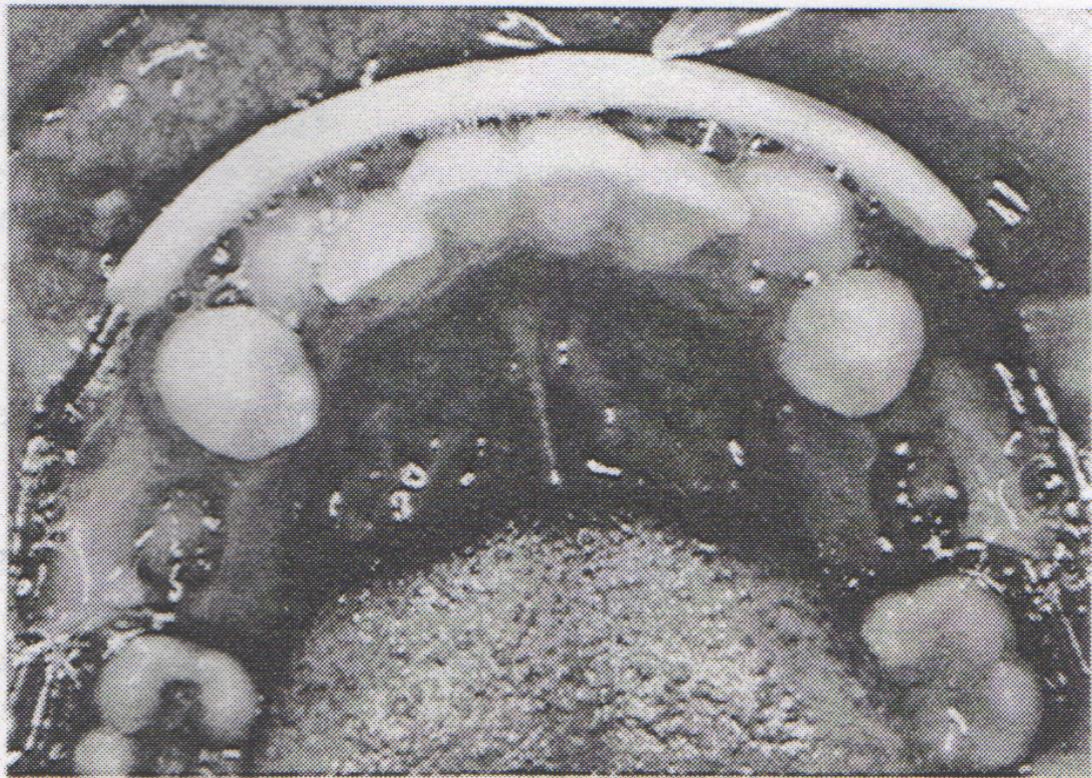
1. Il tipo di lip bumper e il metodo di manipolazione clinica non ha effetti significativi sui cambiamenti a livello degli incisivi. La corona si sposta mesialmente e l'apice radicolare rimane stazionario, il che indica una inclinazione controllata con il centro di rotazione in corrispondenza dell'apice.
2. La distalizzazione dei molari inferiori è variabile. I centri di rotazione nei gruppi 1 e 2 risultavano vicini rispettivamente alla corona e al centro della resistenza. Le differenze possono essere attribuite al lip bumper usato e ai metodi utilizzati per la sua manipolazione.
3. I cambiamenti trasversali dell'arcata, anche in relazione al tipo di lip bumper utilizzato e alla sua manipolazione clinica, sono importanti per guadagnare spazio a favore dell'allineamento dei denti in arcate più o meno affollate.
4. La terapia con il lip bumper produce piccoli ma significativi aumenti di estrusione dei molari.
5. Sesso ed età, all'inizio del trattamento, non sono dati significativamente influenti nei casi esaminati; questo rafforza l'affermazione che il carico meccanico ha una maggior influenza rispetto ai normali parametri fisiologici.

## Bibliografie

1. Bergensen EO. A cephalometric study of the clinical use of mandibular lip bumper. AM J ORTHOD 1972;61:578-602.
2. Subtelny JD, Sakuda M. Muscle function, oral malformation, and growth changes. AM J ORTHOD 1966;52:495-517.

3. Bjerregaard J, Bundgaard AM, Melsen B. The effect of the mandibular lip bumper and maxillary bite plane on tooth movement, occlusion and space conditions in the lower dental arch. Eur J Orthod 1980;2:257-65.
4. Cetlin NM, Ten Hoeve AJ. Non extraction treatment. J Clin Orthod 1983;17:396-413.
5. Moin K. Buccal shield appliance for mandibular arch expansion. J Clin Orthod 1988;22:588-90.
6. Sakuda M, Ishizwa M. Study of the lip bumper. J Dent Res 1970;49:677.
7. Weinstein S. Minimal forces in tooth movement. AM J ORTHOD 1967;53:881-903.
8. Christiansen RL, Evens CA, Sue SK. Resting tongue pressures. Angle Orthod 1979;49:92-7.
9. Proffit WR. Muscle pressure and tooth position: North American whites and Australian aborigines. Angle Orthod 1975;45:1-11.
10. Feinstein AR. Clinical epidemiology: The architecture of clinical research. New York: WB Saunders, 1985.
11. Byörk A. Variations in the growth pattern of the human mandible: longitudinal radiographic study of the implant method. J Dent Res 1963;42:400-11.
12. Little RM. The irregularity index: a quantitative score of mandibular anterior alignment. AM J ORTHOD 1975;68:554-63.
13. Nance HN. The limitation of orthodontic treatment: diagnosis and treatment in the permanent dentition. AM J ORTHOD ORAL SURG 1947;33:225-301.
14. Dahlberg G. Statistical methods for medical and biological students. London: George Allen and Unwin, Ltd. 1940.
15. Moyers RE, Van Der Linden F, Riolo M, McNamara J. Standards of human occlusal development. Monograph 5. Craniofacial Growth Series. Ann Arbor: Center for Human Growth and Development, The University of Michigan, 1976.
16. Riolo M, Moyers R, McNamara J, Hunter S. An atlas of craniofacial growth. Monograph 2. Craniofacial Growth Series. Ann Arbor: Center for Human Growth and Development, The University of Michigan, 1974.
17. Weinstein S, Haack DC, Morris LY, Snyder BB, Attaway HE. On an equilibrium theory of tooth position. Angle Orthod 1963;33:1-26.

## Seguono immagini originali



**Fig. 1.** Occlusal view of lip bumper used for patients in group 2. This figure includes consecutively treated cases from the

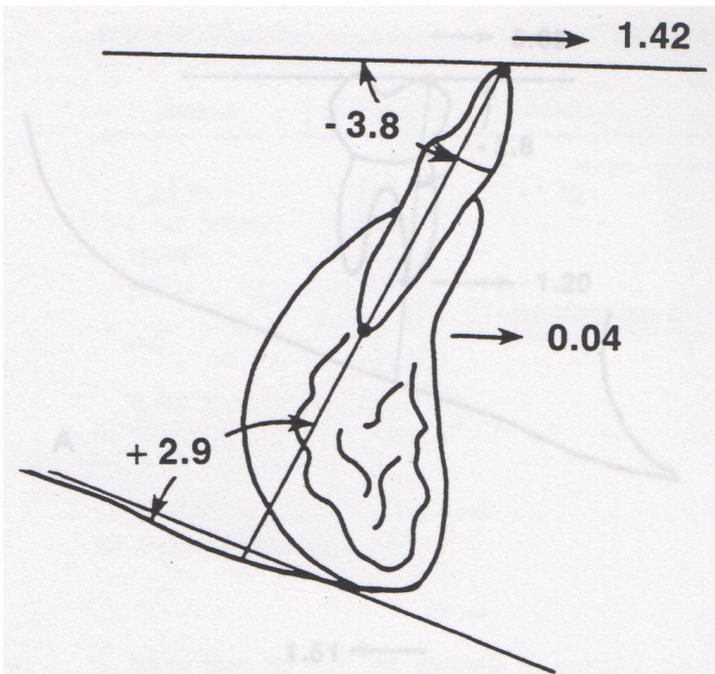
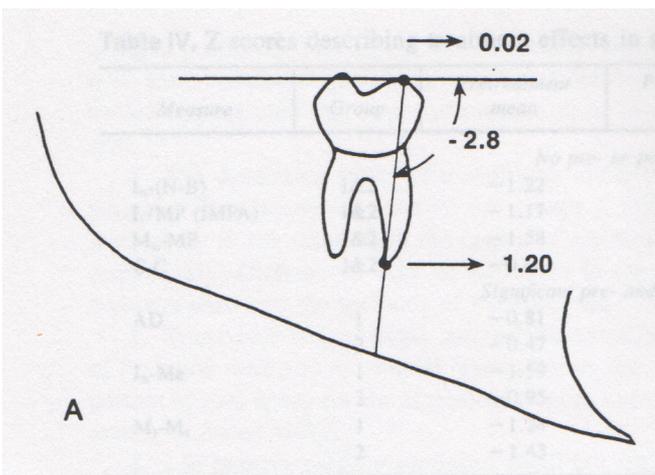
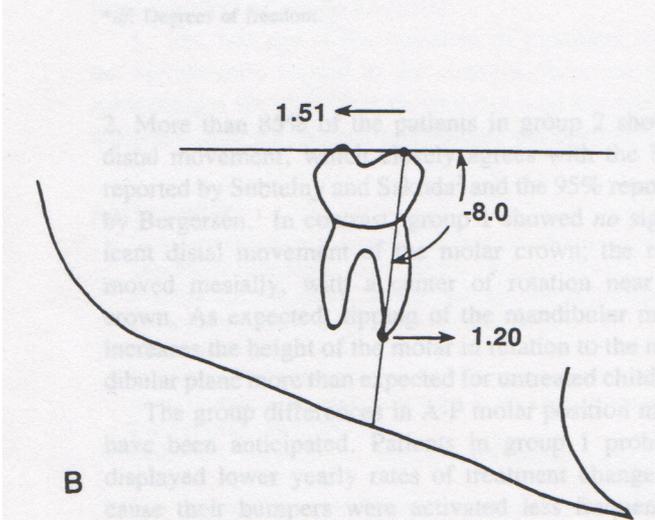


Fig. 2. Yearly changes in incisal position for groups 1 and 2 combined.

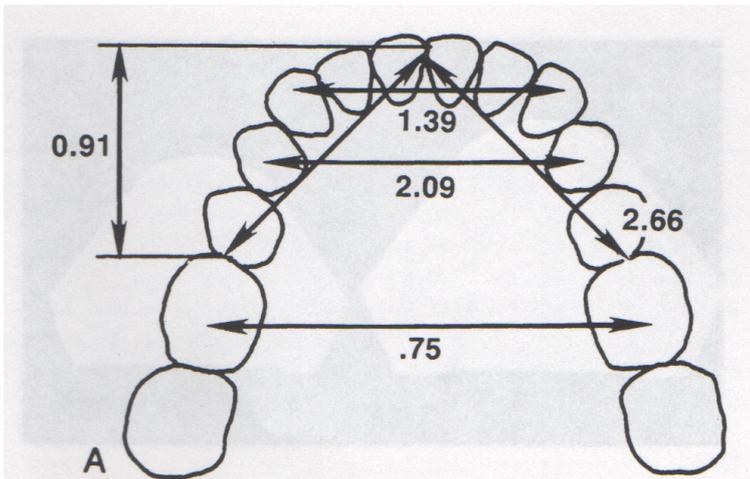


A

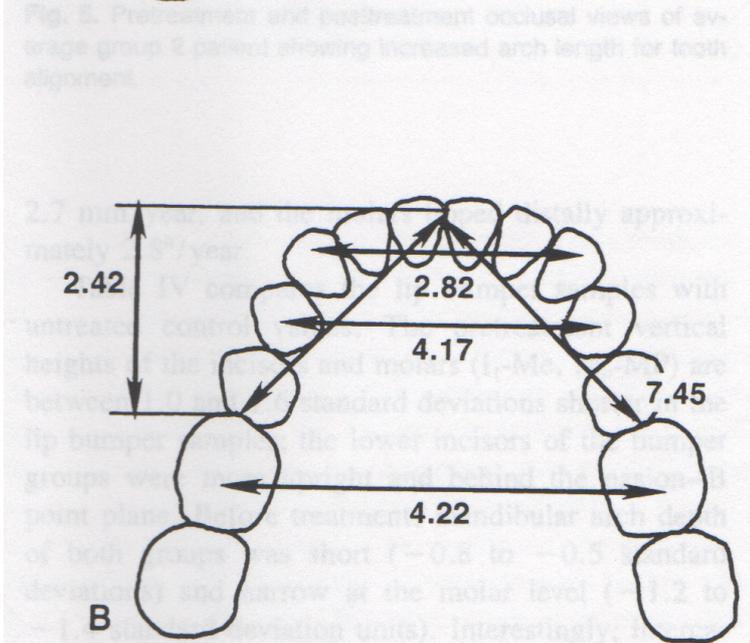


B

Fig. 4. Yearly changes in molar position for groups 1 (A) and 2 (B).



A



B

Fig. 3. Yearly changes in arch dimensions for groups 1 (A) and 2 (B).

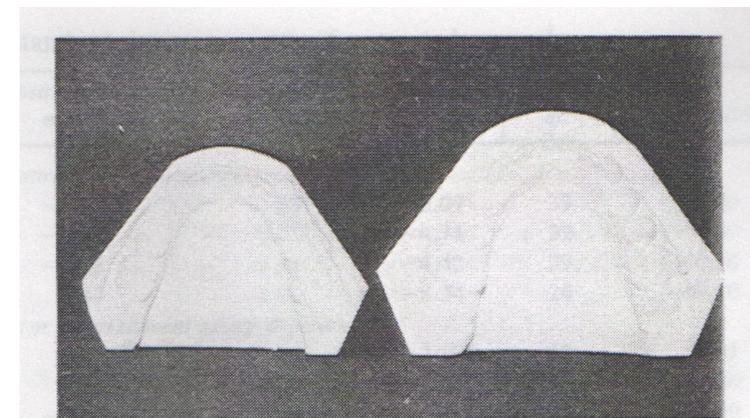


Fig. 5. Pretreatment and posttreatment occlusal views of average group 2 patient showing increased arch length for tooth alignment.

**Table I.** Cephalometric angles and distances

Description	Abbreviation	Scale	No. of replicates	Mean systematic difference	Method error*
<i>Cephalometric measurements</i>					
Central incisor to mandibular plane	I <sub>1</sub> /MP (IMPA)	Degrees	15	0.19	1.19
Central incisor to nasion-B point line	I <sub>1</sub> /N-B	Degrees	15	0.14	1.23
Central incisor to occlusal plane	I <sub>1</sub> /OP	Degrees	15	-0.26	1.02
Central incisor apex to anterior reference point	I <sub>1a</sub> -ARP	mm	15	-0.18	0.35
Central incisor cusp tip to anterior reference point	I <sub>1c</sub> -ARP	mm	15	-0.21	0.45
Central incisor cusp tip to nasion-B point line	I <sub>1c</sub> -(N-B)	mm	15	-0.05	0.29
Central incisor cusp tip to menton	I <sub>1c</sub> -Me	mm	15	0.18	0.44
Molar to occlusal plane	M <sub>1</sub> /OP	Degrees	15	-0.05	1.07
Molar apex to anterior reference point	M <sub>1a</sub> -ARP	mm	15	0.01	0.35
Molar cusp tip to anterior reference point	M <sub>1c</sub> -ARP	mm	15	0.01	0.89
Molar cusp tip to mandibular plane	M <sub>1c</sub> -MP	mm	15	0.15	0.54
<i>Model measurements</i>					
Total arch length	TAL	mm	20	-0.99	0.81
Arch Depth	AD	mm	20	0.06	0.17
Irregularity index	Irreg.	mm	20	-0.04	0.25
Inter canine width	C-C	mm	20	0.04	0.16
Inter premolar width	Pm <sub>1</sub> -Pm <sub>1</sub>	mm	20	-0.08	0.11
Inter molar width	M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	mm	20	0.06	0.10

$$* \sqrt{\frac{\sum (x_1 - x_2)^2}{2n}}$$

**Table II.** Annual rates of treatment change showing no significant group differences (n = 40)

Measure	Scale	Mean annual change	Standard error of the mean	SD*	Maximum	Minimum
<i>Anteroposterior relationships</i>						
I <sub>1</sub> /MP (IMPA)	Degrees/year	2.95	0.78	4.96	15.00	-12.79
I <sub>1</sub> /N-B	Degrees/year	3.64	0.69	4.34	14.63	-8.18
I <sub>1</sub> /OP	Degrees/year	-3.76	0.83	5.26	13.90	-17.54
I <sub>1a</sub> -ARP	mm/yr	-0.04	0.16	1.04	2.09	-2.74
I <sub>1c</sub> -ARP	mm/yr	-1.42	0.26	1.67	2.35	-5.75
I <sub>1c</sub> -(N-B)	mm/yr	1.17	0.24	1.48	4.29	-1.61
M <sub>1a</sub> -ARP	mm/yr	-1.20	0.34	2.17	2.89	-8.84
Irreg	mm/yr	-2.23	0.52	2.64	4.12	-9.13
<i>Vertical dental relationships</i>						
I <sub>1c</sub> -Me	mm/yr	1.07	0.17	1.09	3.98	-1.98
M <sub>1c</sub> -MP	mm/yr	0.65	0.19	1.20	3.21	-2.00

\*SD, Standard deviation.

**Table III.** Annual rates of treatment change showing significant differences between groups

Measure	Group	Scale	Mean annual change	Standard error of the mean	SD	Maximum	Minimum
<i>Anteroposterior dental relationships</i>							
M <sub>1c</sub> -ARP*	1	mm/yr	-0.02	0.25	1.09	3.13	-1.35
	2		1.51	0.43	1.90	6.48	-1.94
M <sub>1</sub> /OP	1	mm/yr	-2.79	1.12	4.99	3.28	-15.61
	2		-8.04	1.88	8.39	6.54	-26.09
TAL	1	mm/yr	2.66	0.58	2.61	10.01	-1.04
	2		7.45	0.94	4.22	18.22	1.44
AD	1	mm/yr	0.91	0.31	1.40	4.34	-1.59
	2		2.47	0.39	1.76	5.57	-1.10
<i>Transverse dental relationships</i>							
C-C	1	mm/yr	1.39	0.22	0.79	2.73	0.01
	2		2.82	0.56	2.09	7.05	0.45
Pm <sub>1</sub> -Pm <sub>1</sub>	1	mm/yr	2.09	0.24	0.98	4.03	0.70
	2		4.17	0.55	2.40	8.83	0.18
M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	1	mm/yr	0.75	0.35	1.54	4.94	-1.28
	2		4.22	0.84	3.76	12.50	-0.05

\*No significant treatment change (p > 0.05).