

Daniel Celli

LOW FRICTION

# LOW FRICTION E SUCCESSO CLINICO IN ORTODONZIA

Presentazione di Roberto Deli e Mauro Cozzani



ISO®  
ISTITUTO  
STUDI  
ODONTOIATRICI



Daniel Celli

**LOW FRICTION**  
**E SUCCESSO CLINICO**  
**IN ORTODONZIA**

**ISO**<sup>®</sup>  
**ISTITUTO**  
**STUDI**  
**ODONTOIATRICI**



Colophon

*A mio padre e mia madre con infinito amore e gratitudine*



## SOMMARIO

### 9 INTRODUZIONE

### 11 L'EVOLUZIONE DELLE SLIDING MECHANICS DA BENNETT-MCLAUGHLIN FINO ALLE TECNICHE LOW FRICTION/LOW FORCE

- > L'avvento della filosofia low friction/low force
- > Come si ottiene una bassa frizione?
  - Bracket
  - Filo
  - Sistemi di legatura
- > La frizione in funzione della malocclusione
- > Low friction e biologia del movimento dentale
- > Recupero dello spazio, forma di arcata e stabilità del trattamento

### 30 LO SMART FRICTION/SMART FORCE SYSTEM

- > Fase di allineamento e livellamento
  - Fili sottodimensionati Ni-Ti superelastici
  - Ingaggio parziale delle legature
  - Bandaggio sequenziale
- > Fase di chiusura degli spazi
  - Settore anteriore - Fili di lavoro a pieno spessore
  - Settore anteriore - Ingaggio serrato delle legature
  - Settore posteriore - Fili bidimensionati
  - Settore posteriore - Legature posteriori a bassa frizione
- > Case report. Smart friction/smart force system e trattamento ortodontico del paziente adulto con DTM

### 48 APPARECCHIATURE SELF-LIGATING

- > Considerazioni storiche
- > Caratteristiche merceologiche e implicazioni biomeccaniche
- > Case report. Time 2 system e trattamento non estrattivo
- > Case report. Damon system e trattamento non estrattivo
- > Limiti
- > Caratteristiche del sistema self-ligating ideale

## 62 IL SISTEMA STEP & SLIDE

- > Nuova sequenza degli archi nello Step & Slide system
  - Livellamento e allineamento
  - Chiusura degli spazi
- > Applicazione clinica del sistema Step & Slide nelle diverse malocclusioni
  - Case report 1. Trattamento intercettivo di classe I senza estrazioni
  - Case report 2. Trattamento intercettivo di classe I iperdivergente biprotruso con estrazioni
  - Case report 3. Trattamento di classe II div 1 con estrazioni in dentizione permanente
  - Case report 4. Trattamento intercettivo di classe III senza estrazioni
  - Case report 5. Trattamento di classe III senza estrazioni in dentizione permanente
  - Case report 6. Finalizzazione ortodontica nel paziente DTM con arcate mutilate ed affollate
  - Case report 7. Trattamento multidisciplinare nel paziente adulto chirurgico
  - Case report 8. Step & Slide e ortodonzia estetica

## 122 FRIZIONE: MITO O REALTA'?

- > Recenti acquisizioni, attuali orientamenti, prospettive future

## 132 CONCLUSIONI

## 134 BIBLIOGRAFIA

A close-up, high-angle photograph of a person's mouth, showing a wide smile with bright white teeth. The lips are slightly parted, and the overall tone is soft and positive. The background is a light, neutral color, making the teeth the central focus.

Questo testo è molto interessante da molti punti di vista. In primo luogo vi si trova una descrizione accurata di come si sia passati dalle tecniche a scorrimento a quelle a bassa frizione. In secondo luogo vengono esaustivamente trattati lo sviluppo storico e l'evoluzione delle tecniche autoleganti con presentazione di casi trattati con differenti apparecchiature fino ad arrivare, presentandola criticamente, alla tecnica preferita dall'autore.

Due sono tuttavia le caratteristiche di questo lavoro che mi hanno particolarmente colpito: l'assoluta attenzione a presentare casi clinici magnificamente documentati per ogni tipo di trattamento proposto (si spazia dall'intercettiva ai trattamenti di pazienti con DTM, dai trattamenti multidisciplinari a quelli chirurgici) e la completezza e precisione delle citazioni bibliografiche.

Mi fa, inoltre, piacere sottolineare come la documentazione sia presentata seguendo i criteri ed i codici colore internazionali, pertanto non è quasi necessario leggere le didascalie per capire quale fase del trattamento venga descritta da quella particolare fotografia.

La lettura di questo testo può essere utile sia all'ortodontista esperto quanto al neolaureato che cerchi informazioni su come si stia evolvendo la nostra disciplina.

*Dr. Mauro Cozzani*

Specialista in Ortognatodonzia

Past President I B O (Italian Board of Orthodontics)

Il testo **“Low Friction e successo clinico in ortodonzia”** è un manuale inteso come guida di riferimento per il clinico che inizia ad usare questo sistema e come approfondimento e arricchimento a specializzandi e specialisti in Ortognatodonzia che vogliono conoscere o perfezionare una nuova metodica. Questo testo prevede conoscenze di base di ortodonzia, e all'interno di questo è descritta l'evoluzione delle sliding mechanics da Bennett-McLaughlin fino alle tecniche low friction/low force, la storia, la biomeccanica, la merceologia, i diversi brackets e le diverse fasi terapeutiche della tecnica a bassa frizione: smart friction, apparecchiature self-ligation, sistema Step & Slide con la descrizione delle diverse fasi terapeutiche.

Inoltre è possibile, attraverso una serie di case report, vedere l'applicazione clinica della stessa per la risoluzione di diverse malocclusioni .

L'Autore, il Dott. Daniel Celli, specialista e professionista affermato, attraverso questo libro ha ricostruito l'evoluzione di una tecnica molto usata partendo dalla filosofia di Bennett-McLaughlin che introdussero un nuovo concetto di controllo e distribuzione delle forze riducendo i livelli di forze impiegati rispetto alla tecnica standard edgewise per arrivare alla descrizione dei principali brackets autoleganti. Il percorso analitico si conclude con l'esame di un sistema alternativo Low friction che, grazie all'impiego di innovative legature a bassa frizione accoppiate all'utilizzo di brackets Straight Wire convenzionali, consente di ridurre notevolmente l'attrito e le forze impiegate. La trattazione si conclude con numerosi casi clinici che dimostrano l'applicazione dei moderni concetti ortodontici; tutti i casi sono documentati con lo standard dell'European Board of Orthodontists a riprova della competenza diagnostica e terapeutica dell'Autore.

Ritengo molto interessante questo testo perché non si limita a descrivere solo una tecnica ma permette anche di comprendere le fasi terapeutiche e l'applicazione cliniche non dimenticando l'importanza di una corretta programmazione. E' importante sottolineare che nella decisione clinica non si può prescindere da alcuni fattori: il successo ortodontico va al di là della metodica usata ma essenzialmente dipende da una corretta diagnosi e programmazione terapeutica. Qualsiasi piano di trattamento non inizia con l'applicazione dei brackets e l'inserimento del filo, ma attraverso la raccolta di dati diagnostici completi e informazioni riguardanti il motivo per il quale i pazienti vogliono intraprendere una terapia ortodontica e questi rappresentano gli elementi che devono precedere qualsiasi trattamento ortodontico.

L'utilizzo di questa metodica mi trova d'accordo in quanto l'applicazione di bassi livelli di forza assicura il rispetto biologico del dente e del parodonto.

Con la bassa frizione le forze necessarie per muovere i denti risultano sicuramente minori e, diminuendo l'attrito tra filo e slot, aumenta la facilità di scorrimento dei brackets lungo l'arco.

Inoltre; in caso di denti molto malposizionati e di severe rotazioni, la capacità del filo di scivolare nello slot dei brackets dei denti ruotati facilita l'allineamento.

Questo testo non solo dimostra che gli strumenti che permettono di abbassare la frizione possono essere sia i brackets self ligating che quelli convenzionali con l'applicazione di legature Low friction ma soprattutto l'utilizzo ragionato della frizione che l'Autore definisce, non a caso, Smart Friction.

*Prof. Roberto Deli*

Direttore della SCUOLA DI SPECIALIZZAZIONE IN ORTOGNATODONZIA  
Università Cattolica del Sacro Cuore ROMA

## Ringraziamenti

Vorrei ringraziare tutti coloro che, in qualche modo, comunicandomi le loro idee ed esperienze personali, hanno contribuito alla realizzazione di questo testo. So che è cosa ardua, desidero tuttavia esprimere intensa gratitudine ai miei maestri, ai miei allievi e ai miei collaboratori; a tutti i colleghi, che entusiasti come me di questa nostra meravigliosa specialità che è l'ortodonzia e soprattutto per la tecnica straight-wire e la low friction, hanno consentito di confrontarmi con la loro esperienza e le loro idee e quindi di imparare sempre qualcosa.

Un pensiero grato anche a coloro che non hanno condiviso i miei principi e le mie idee, perché tale atteggiamento ha costituito uno stimolo ancor più grande, quando frutto di un confronto dialettico ma costruttivo e non finalizzato ad interessi di parte. Un ringraziamento particolarmente affettuoso al Prof. Roberto Deli che ha reso possibile con i suoi insegnamenti di clinico, la sua saggezza di maestro e ricercatore e la sua "humanitas" la realizzazione di un percorso che dagli anni della specializzazione mi ha permesso di giungere ad una collaborazione clinica, di ricerca e didattica sempre più stretta e gratificante che si è oggettivata nella pubblicazione, tra gli altri, di questo testo. Desidero infine esprimere intensa gratitudine a tutti i miei collaboratori, alla Leone spa e a tutti i suoi uomini che, a diverso titolo, hanno reso possibile la realizzazione di questa opera, superando con me mille e più difficoltà.

# LOW FRICTION E SUCCESSO CLINICO IN ORTODONZIA

## Introduzione

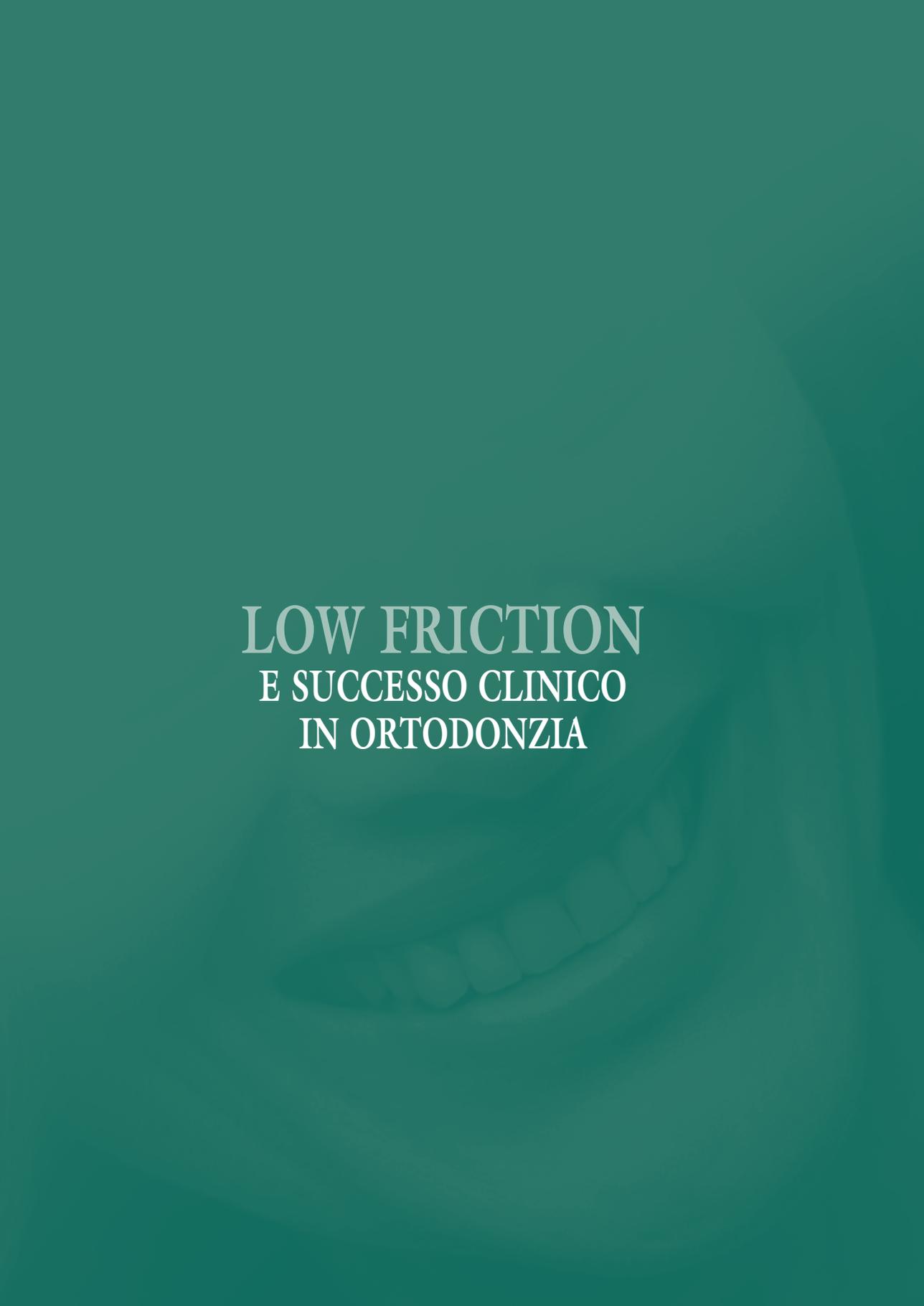
Durante i lavori di un congresso dell'A.A.O. mi capitò di seguire la relazione di un ortodontista statunitense, di cui non ricordo il nome, che fece precedere il suo intervento da una breve presentazione di se stesso, dal percorso educazionale specialistico a quello formativo professionale alle attività accademiche correlate, didattiche, cliniche e di ricerca. Non tralasciò di menzionare e mostrare le strutture in cui lavorava e, in ultimo, concluse con un'immagine della sua famiglia allo scopo di presentare, anche se brevemente, qualcosa di privato che ne completasse la figura agli occhi della platea. Trovai la novità giusta ed interessante e da allora sono solito presentarmi in maniera analoga prima dell'esposizione di un mio contributo scientifico di fronte al mio ascoltatore-spettatore-lettore. Tralascierò per ovvi motivi la sfera privata nel senso degli affetti e della professione privata, ma nelle righe che seguiranno ho voluto ricostruire brevemente i passi fondamentali della mia carriera di ortodontista, allo scopo di illustrare meglio il percorso della mia maturazione professionale ed il perché delle attuali scelte.

L'iniziale formazione presso il Centro studi e ricerche in ortodonzia, diretto da Giuseppe Cozzani, mio "padre ortodontico", e determinante nell'acquisizione dei concetti fondamentali di sviluppo e crescita dento-maxillo-facciale, diagnosi e biomeccanica ortodontica. Ho sempre avuto impressione, e ne ho tuttora continua conferma, che qualunque sia la tecnica di ortodonzia fissa utilizzata, dallo standard edgewise allo straight-wire low friction, crescita, diagnosi e biomeccanica siano gli indispensabili strumenti per condurre con successo anche le più complesse terapie sia nel paziente in crescita che nell'adulto. Gli approfondimenti in tecnica standard edgewise sono stati successivamente integrati ed arricchiti con corsi specifici di filosofia e tecnica di Tweed, bidimensionale secondo Gianelly, bioproggressiva di Ricketts, linguale, tenuti dai più validi esponenti delle diverse discipline, italiani e stranieri.

L'incontro con R. Roth e ancor più quello con R. Mc Laughlin marcò una svolta decisiva nella mia professione di ortodontista clinico. Nei primi anni '90 ebbi occasione, infatti, frequentando i suoi corsi prima a Roma, poi nel suo studio di San Diego, di apprezzare una impostazione terapeutica nuova, che utilizzava forze marcatamente ridotte rispetto alle tradizionali standard edgewise e meccaniche di sliding per la chiusura degli spazi. Lo standard edgewise e l'impiego di forze elevate e soprattutto non controllate provocava infatti diversi effetti collaterali come l'angolazione della corona e la rotazione linguale negli spazi estrattivi, un imperfetto controllo dell'inclinazione labio-linguale e l'estrusione degli incisivi con chiusura del morso. Lo straight-wire di Andrews e dei suoi epigoni aveva cercato di annullare tali effetti indesiderati proponendo l'impiego di attacchi con extra-torque molare per traslazione minima, media e massima, attacchi per canini premolari e molari con caratteristiche di anti-angolazione, anti-rotazione e power arms nel tentativo di ottenere movimenti corporei dei denti soprattutto nei casi estrattivi.

Mc Laughlin propose un nuovo sistema di controllo e distribuzione delle forze che prevedeva l'uso di lace-backs e bend-backs per il controllo della posizione di incisivi e canini durante le prime fasi di livellamento e allineamento e dei tie-backs nella fase di chiusura degli spazi per mezzo di una meccanica di scivolamento che retraeva "en masse" il gruppo frontale, da canino a canino.

Tale sistema, diminuendo i livelli di forza impiegati, riduceva la richiesta di ancoraggio posteriore e produceva sliding del filo nello slot con espressione di minore frizione rispetto ai precedenti sistemi frizionanti. Gli effetti negativi delle meccaniche precedenti venivano quasi del tutto superati e nuovi scenari, meccanici, biologici ed estetici, si aprivano nei trattamenti ortodontici. Tutto ciò ha portato, nel tempo, all'affermazione di meccaniche sempre più low force/low friction, che da anni vengono utilizzate di routine con grande soddisfazione, mia personale e, soprattutto, dei miei pazienti.



LOW FRICTION  
E SUCCESSO CLINICO  
IN ORTODONZIA

## L'EVOLUZIONE DELLE SLIDING MECHANICS DA BENNETT – MC LAUGHLIN FINO ALLE TECNICHE LOW FRICTION/LOW FORCE

Allo stato attuale l'utilizzo di sistemi a bassa frizione e di forze leggere sembra favorire il raggiungimento degli obiettivi del trattamento ortodontico, funzionali ed occlusali, nel rispetto dell'estetica facciale (face driven orthodontics)<sup>1-6</sup>.

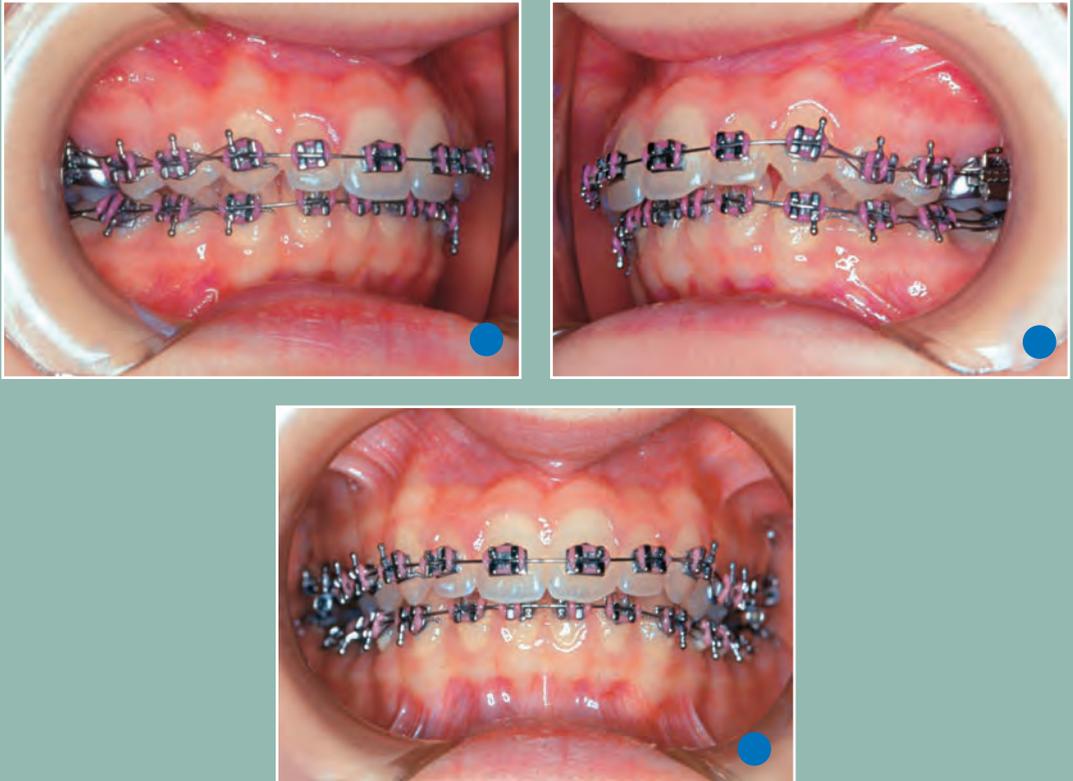
Il percorso che ha portato al riconoscimento dell'efficacia e quindi all'utilizzo quotidiano dei sistemi a bassa frizione è caratterizzato da una lenta maturazione dell'approccio biomeccanico nel tentativo di variare la forza e la frizione a seconda della necessità e delle fasi terapeutiche.

L'iniziale sequenza di archi proposta da Bennett e McLaughlin è successivamente integrata dall'aggiunta di fili iniziali di livellamento ed allineamento capaci di esprimere forze più leggere nelle situazione di affollamento più severo (.016 NiTi Heat Activated Light – Tab. 1 e Fig. 1).

Sequenza Archi		
	Sistema MBT	Sistema STEP
<b>Livellamento e allineamento</b>	<input checked="" type="radio"/> .016" NiTi HA <input checked="" type="radio"/> .019" X .025" NiTi HA	<input type="radio"/> .014" NiTi <b>Memoria</b> con piega a "V" <input type="radio"/> .016" NiTi <b>Memoria</b> con piega a "V" <input type="radio"/> .016" Australiano special plus <input type="radio"/> .020" Australiano special plus
<b>Chiusura degli spazi</b>	<input checked="" type="radio"/> .019" X .025" Acciaio con uncini	<input type="checkbox"/> .019"x.025" Beta <b>Memoria</b> <input type="checkbox"/> .019"x.025" Extra duro elastico <input type="checkbox"/> .019"x.025" Super duro temperato (opzione)
<b>Finitura e dettagliamento</b>	<input checked="" type="radio"/> .018" Sezionale acciaio (Arcata superiore) <input checked="" type="radio"/> .014" Acciaio (Arcata inferiore)	<input type="radio"/> .016" Sezionale acciaio (Arcata superiore) <input type="radio"/> .016" NiTi <b>Memoria</b> (Arcata inferiore)

Tab. 1 – Alcuni cambiamenti nella sequenza degli archi, rispetto alla sistemistica MBT classica, sono apportati nello STEP System.

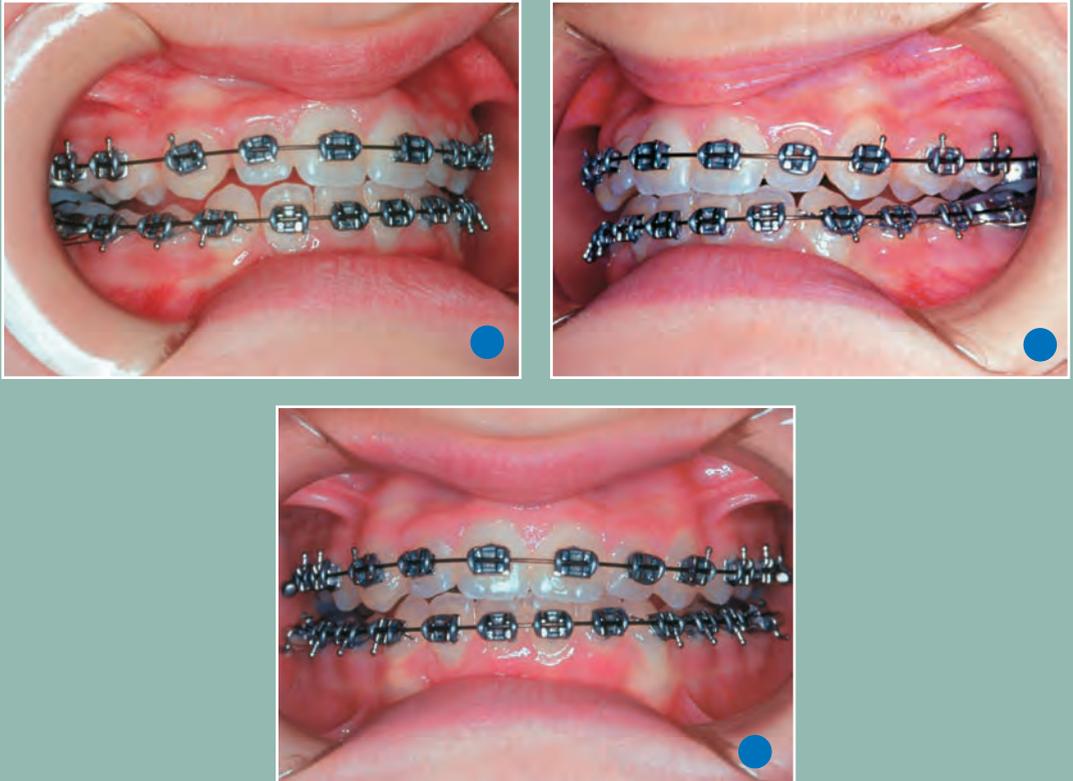
A temperatura ambiente e al di fuori della bocca gli archi Ni-Ti Heat Activated possono essere piegati in maniera facile, ma a temperatura corporea ritornano gradualmente alla forma originale. Questo comportamento dipende dall'intervallo di temperatura di transizione (TTR – transition temperature range), che negli archi heat-activated inizia attorno ai 30°C. Tale temperatura è anche definita come "temperatura austeniti-



*Fig. 1 - .016 NiTi Hant nelle arcate superiore ed inferiore.*

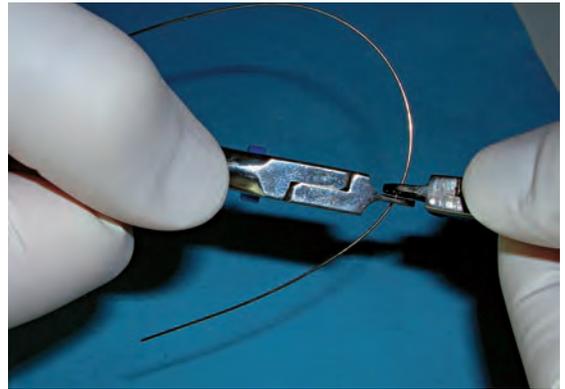
ca di avvio" (Austenitic start temperature), che indica la temperatura alla quale inizia il passaggio di fase del NiTi dalla fase martensitica a quella austenitica.

Anche se da un punto di vista clinico gli archi HANT si rivelano solitamente efficienti, soprattutto nelle primissime fasi di allineamento e livellamento, risultano più lenti nel ritorno elastico rispetto agli archi in NiTi Superelastico. La frequente formazione di pieghe permanenti nel filo e l'incompleta risposta elastica alla deformazione<sup>7</sup> stanno attualmente portando ad un loro abbandono in favore del classico NiTi Superelastico. La fase finale dell'allineamento e del livellamento è completata dall'impiego di un filo tondo quasi a pieno spessore (.020 round stainless steel in slot .022x.028) al fine di facilitare l'ingaggio successivo degli archi di lavoro (.019x.025 stainless steel), capaci a loro volta di iniziare ad esprimere torque e avviare successivamente la chiusura degli spazi mediante meccaniche di sliding (Tab. 1 e Fig. 2).



*Fig. 2 - .020 acciaio nelle arcate superiore ed inferiore.*

L'uso di archi di chiusura .019x.025 con extratorque di 20° nei casi in cui non si voglia “bruciare” ancoraggio anteriore o in cui si voglia comunque controllare l'inclinazione labio-linguale ideale del gruppo incisale, arricchisce le possibilità di individualizzare le informazioni nei tre piani dello spazio trasferite agli elementi dentali (Tab. 1 e Fig. 3).



## FILO ACCIAIO 20° TORQUE

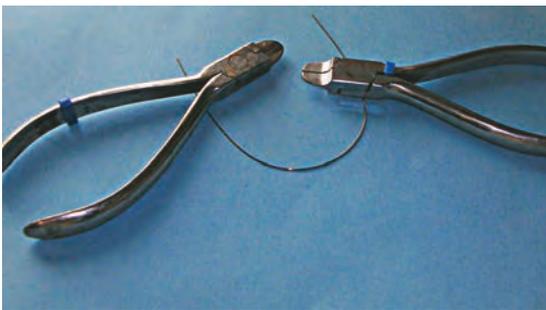


Fig. 3 - Archi .019x.025 con extra-torque di 20°. Il torque posteriore, distalmente agli incisivi laterali, si annulla utilizzando due pinze di Tweed.

Al fine di ridurre l'inventario e personalizzare ulteriormente il trattamento, sono inoltre introdotti uncini grippabili a seconda della dimensione mesio-distale del gruppo incisale (Fig. 4).



Fig. 4 - Gli uncini grippabili permettono di ridurre l'inventario degli archi .019x.025 posted.

La chiusura dello spazio può essere completata da archi rettangolari .021x.027 beta memoria, che permettono una piena espressione delle informazioni inserite nel sistema. E' così possibile ottenere un miglior posizionamento tridimensionale delle radici dentali.

## L'avvento della filosofia low friction/low force

Quando a metà degli anni '90 il mondo ortodontico inizia ad enfatizzare i risultati ottenibili con meccaniche a bassa frizione e a bassa forza, i clinici cominciano a porsi diversi quesiti.

E' realmente possibile migliorare le meccaniche di scorrimento?

E' possibile rendere i trattamenti ancora più rispettosi della biologia del movimento dentale?

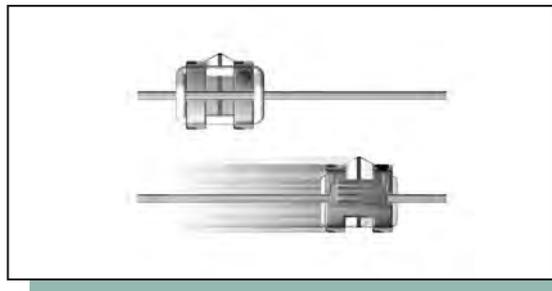
E' possibile ridurre la necessità di estrazioni e migliorare il profilo e l'estetica del paziente?

E' possibile ridurre i tempi di trattamento?

E' possibile raggiungere i suddetti obiettivi contenendo i costi?

La letteratura ortodontica consultata a tal riguardo sottolinea l'importanza di utilizzare fili rotondi leggeri iniziali in grado di stimolare l'attività cellulare senza danneggiare il sistema vascolare del parodonto<sup>3,4</sup>, il che significa, secondo Damon, trovarsi nella "optimal force zone" o "biozone"<sup>6</sup>. L'impiego di forze adeguate, capaci di non alterare il sistema biologico osso-parodonto-dente, consentirebbe un movimento del dente non attraverso l'osso ma con l'osso.

Per ottimizzare l'efficienza della tecnica straight-wire apportando inoltre maggiore comfort al paziente occorre dunque lavorare sulla frizione presente nel sistema (Fig. 5).



*Fig. 5 - I nuovi sistemi a bassa frizione permettono all'attacco di scivolare sull'arco a differenza di quanto avviene con i sistemi tradizionali che utilizzano legature elastiche o metalliche per bloccare l'arco all'interno dello slot.*

Ma cosa è la frizione?

Frizione (o forza di attrito) è la forza che si esercita tra due superfici a contatto tra loro e si oppone al loro moto relativo.

La forza d'attrito che si manifesta tra superfici in quiete tra loro è detta di attrito statico, tra superfici in moto relativo si parla invece di attrito dinamico.

Usualmente le meccaniche di sliding sono considerate solo in termini di chiusura degli spazi<sup>8</sup> (Fig. 6), mentre nella realtà clinica esse entrano in gioco in molti altri aspetti del movimento dentale come ad esempio durante le prime fasi di livellamento ed allineamento durante le quali vengono corrette le rotazioni, ingaggiati i canini in posizione alta ed effettuato un primo abbozzo di forma di arcata<sup>9</sup>. (Figg. 7-9)



Fig. 6 – Chiusura degli spazi con tie-back elastico su archi .019x.025 nel corso di trattamento estrattivo.

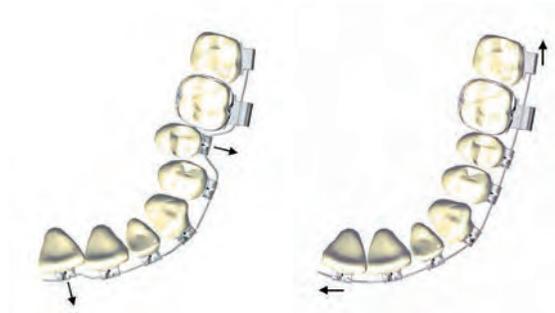


Fig. 7 – La bassa frizione favorisce le prime fasi dell'allineamento, durante le quali vengono corrette le rotazioni e si determina un primo abbozzo di forma di arcata.



Fig. 8 – L'utilizzo di sistemi a bassa frizione annullano, o quantomeno riducono, le forze indesiderate durante il livellamento di elementi in posizione alta.



Fig. 9 - Anche in situazioni nelle quali è opportuno ricorrere alle estrazioni, l'utilizzo di sistemi a bassa frizione semplifica le fasi di livellamento ed allineamento permettendo il recupero degli elementi ectopici. Nella situazione illustrata, il recupero dello spazio comporta non solo l'estrazione dei quattro primi premolari, ma anche l'espansione ortopedica del mascellare superiore. Archi sottili NiTi (.014) vengono utilizzati nelle prime fasi in combinazione a legature Slide. L'utilizzo dei Lace-backs non è comunque abbandonato in quanto il movimento di mesializzazione a carico delle corone dei canini deve essere ostacolato il più possibile, soprattutto nell'arcata superiore a causa dei rapporti dentali di classe II.

Non vanno poi dimenticati gli effetti collaterali nel corso di allineamenti e livellamenti di elementi in posizione alta o comunque ectopici (Fig. 8). In questi casi si determinano forze di reazione intrusive e vestibolarizzanti a carico degli elementi contigui, che possono essere annullate o ridotte impiegando forze e frizioni non più elevate. In tali casi i denti adiacenti non vengono negativamente condizionati<sup>9</sup> utilizzando i sistemi low friction, ma si assiste ad un rimodellamento progressivo dell'intera arcata. L'espansione ottenuta rende spesso inutile il recupero dello spazio, che nelle meccaniche classiche precede il riposizionamento dei denti ectopici (Figg. 10a-f).



Fig. 10a



Fig. 10b



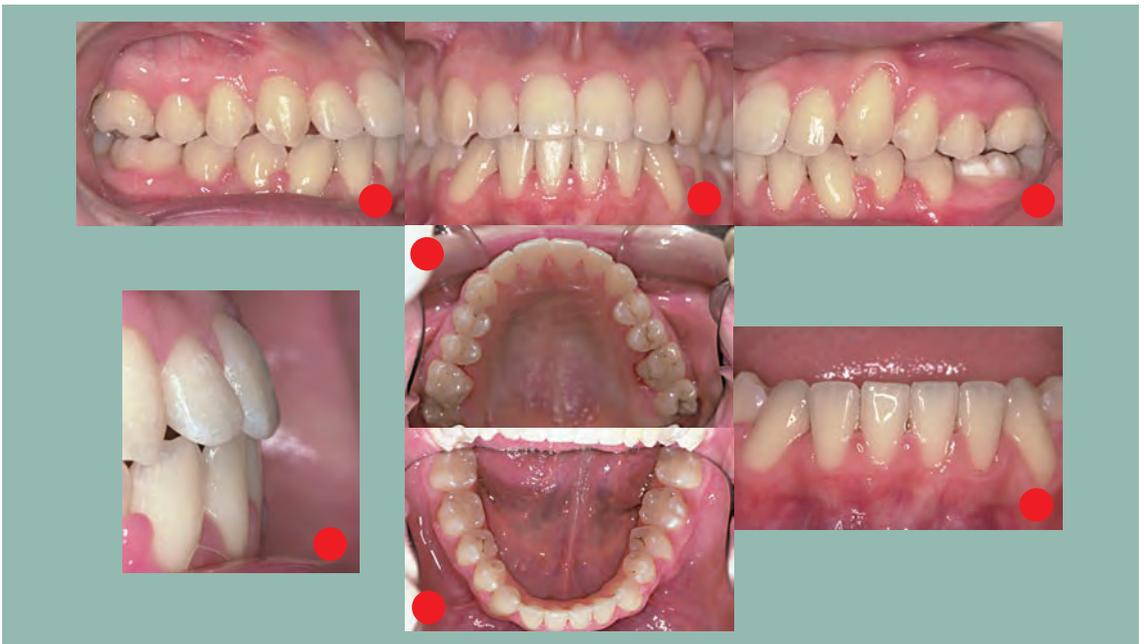
Fig. 10c



Fig. 10d



Fig. 10e



Figg. 10(a-f) - Secondo le meccaniche dell'ortodonzia "classica", il posizionamento in arcata di elementi ectopici necessita del recupero preventivo dello spazio. Una volta che lo spazio è recuperato, le molle compresse sono lasciate in sito al fine di mantenere lo spazio durante la trazione elastica dell'elemento ectopico. Solo quando quest'ultimo è rientrato in arcata, si ingaggia l'arco nello slot del bracket.

## Come si ottiene una bassa frizione?

Vanno considerati essenzialmente tre parametri: bracket, filo e legatura.

### Bracket

Per quanto riguarda il design del bracket esso è in relazione con la dimensione dello slot e con quella del bracket: ad una maggiore ampiezza dello slot corrisponde una minore frizione. Una maggiore dimensione del bracket conduce, attraverso una maggiore attivazione del modulo elastico, ad un aumento della frizione prodotta dall'interazione delle componenti in gioco<sup>10</sup>.

L'altro parametro è il materiale di cui è costituito il bracket: acciaio, ceramico con slot rinforzato in metallo, ceramico puro. Secondo recenti valutazioni sperimentali<sup>11</sup>, la frizione aumenta progressivamente dai brackets in acciaio a quelli in ceramica, con valori intermedi per quelli in ceramica con lo slot in metallo (Fig. 11).



Fig. 11 – Bracket in metallo, bracket in ceramica con slot rinforzato in metallo e bracket in ceramica. La frizione aumenta progressivamente passando dal bracket in metallo a quello in ceramica. Il bracket in ceramica con slot metallico presenta livelli intermedi di frizione.

Ne consegue che condizioni ideali per ottenere una meccanica a bassa frizione e quindi a ridotti livelli di forza prevedono l'utilizzo di brackets sottodimensionati nel diametro mesio-distale, slot grandi e costituiti da acciaio.

### Filo

Il materiale costituente i fili impiegati durante tutto l'arco del trattamento condiziona in misura considerevole la frizione e le forze generate nelle fasi di livellamento ed allineamento e poi quelle di chiusura degli spazi. I fili al nichel-titanio, normalmente utilizzati nelle prime fasi, producono i livelli di frizione minore, seguiti dall'acciaio e dal beta-titanio in ordine crescente<sup>12</sup>, sebbene ricerche sperimentali di Kusy<sup>13</sup> sugli effetti della ruvidità di superficie sui coefficienti di frizione in modelli sperimentali di sistemi ortodontici dimostrino come gli archi in acciaio presentano i più bassi coefficienti di frizione cinetica (0.120 – 0.148), quelli in beta titanio (RMS = 0.14 microns) i più alti coefficienti di frizione (0.445-0.658), anche se i fili al nichel titanio si presentano come i più ruvidi<sup>14</sup>.

Nella valutazione della frizione generata dall'interazione degli elementi del sistema ortodontico, lo stesso Kusy considera la variabilità di risposta frizionale in relazione allo stato, secco o umido, in cui lavora il sistema costituito dallo slot del bracket e dall'arco ortodontico<sup>15</sup>.

Comparando i coefficienti di frizione per combinazioni selezionate filo-slot del bracket nello stato secco e nello stato umido, la frizione aumenta nel passaggio dai fili in acciaio a quelli in beta titanio nello stato secco, mentre nello stato umido e quindi in condizioni naturali di trattamento ortodontico, in cui la saliva gioca il suo ruolo, la frizione risulta aumentata utilizzando gli archi in acciaio mentre è ridotta con i beta-titanio. Anche il diametro e la sezione dei fili influenzano grandemente la risposta frizionale del sistema. Maggiore è il diametro del filo maggiore risulta la frizione generata, così come la frizione è maggiore con i fili rettangolari e minore con i fili tondi<sup>10</sup>.

Ne consegue dunque che l'utilizzo di fili sottodimensionati nella fase di livellamento e allineamento e di fili bidimensionati o comunque ridotti meccanicamente distalmente ai canini con frese di lavoro nella fase di chiusura degli spazi, in cui necessitano meccaniche di sliding controllato (massimo nei settori posteriori, minimo a livello del gruppo incisale), riducano la frizione e i livelli di forza impiegati migliorando l'efficienza del sistema (Fig. 12).



Fig. 12 – Archi bidimensionati in acciaio con sezione .019x.025 nel settore incisale e sezione tonda .019 nel settore posteriore. Permettono una riduzione della frizione durante la fase di chiusura degli spazi.

## Sistemi di legatura

I sistemi di legatura sono una delle ultime variabili da valutare.

Le legature metalliche consentono di modulare il vincolo lasciando più libero il filo nello slot (Fig. 13).



*Fig. 13 – Legature metalliche vengono utilizzate per assicurare l'arco al bracket.*

Come ormai ampiamente documentato, esse esercitano quindi una frizione più bassa delle legature elastiche che, pratiche da applicare, producono sempre e comunque compressione del filo con aumento considerevole del vincolo<sup>16</sup> (Fig. 14).

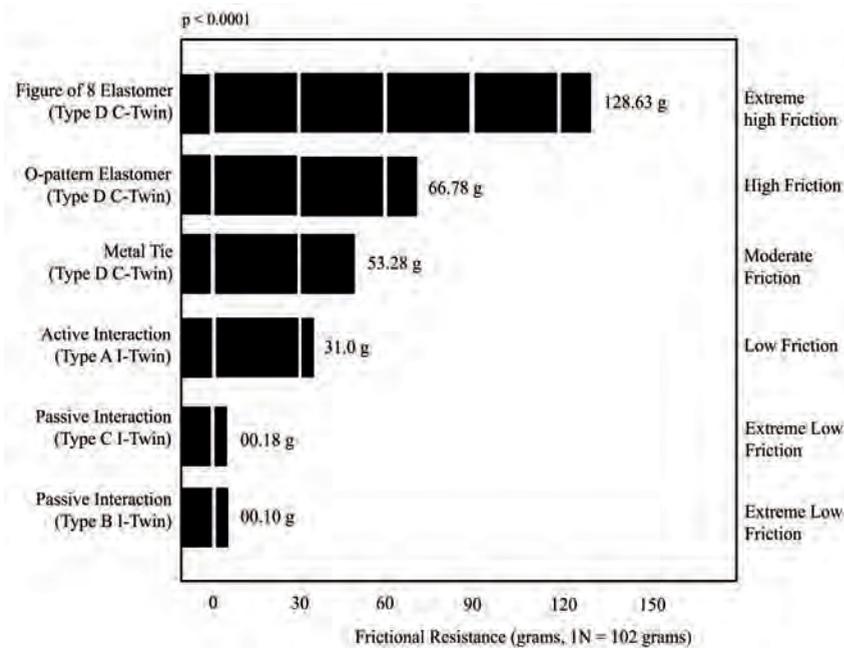


*Fig. 14 - Legature elastiche bloccano l'arco nello slot.*

Nei comuni e quotidiani trattamenti di casi con affollamento dento-alveolare non dobbiamo mai dimenticare che la forza esercitata da legature vincolanti è un fattore decisivo per la forza di frizione all'interfaccia bracket-slot e che essa costituisce un freno al movimento ortodontico.

Secondo la filosofia low force/low friction, movimenti dentali con forze molto leggere sono possibili solo se si utilizzano sistemi a bassissima frizione.

Voudouris ha dimostrato l'incremento progressivo della frizione, generata dall'interazione filo/slot/sistema di legatura, dal bracket autolegante al bracket legato con legatura elastica<sup>2</sup> (Tab. 2).



Tab. 2 – Frizione prodotta da diversi sistemi filo/slot/legatura.

Risulta evidente come i sistemi self-ligating passivi producano livelli di frizione notevolmente più bassi rispetto a sistemi che utilizzano legature metalliche o legature elastiche. Queste ultime, soprattutto nella conformazione ad 8, producono la frizione più alta.

Legature elastiche ad otto producono più frizione di ogni altra metodica<sup>17</sup> (a parità di forza di legatura Fig. 15 e Tab. 2).



Fig. 15 – Legature elastiche nella conformazione a 8.

## La frizione in funzione della malocclusione

Non va infine dimenticato che la frizione è influenzata dalla severità della malocclusione. Uno studio che ha valutato le differenze di frizione a livello dei quattro quadranti di una malocclusione presa come riferimento, mostrerebbe come la frizione aumenti considerevolmente passando da situazioni con lieve affollamento a situazioni con affollamento più severo, anche utilizzando sistemi self-ligating<sup>18</sup>. Tale comportamento è dovuto al superamento dell'angolo critico di contatto ( $\theta$ ) tra arco e bracket, che avviene più facilmente nelle malocclusioni con affollamento più severo (Fig. 16).

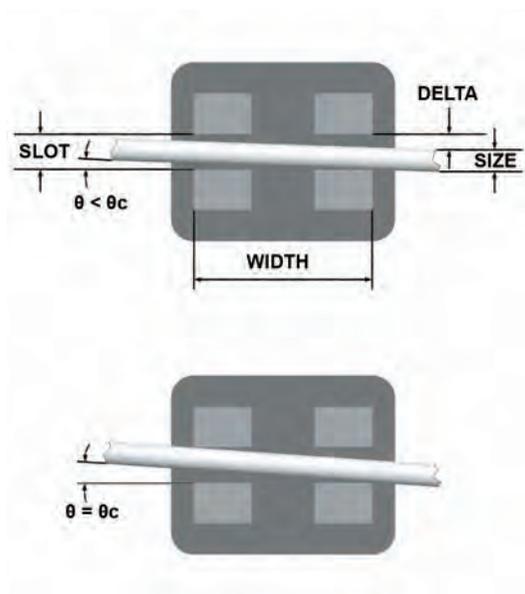


Fig. 16 – Nella situazione rappresentata in alto non viene superato l'angolo critico di contatto e lo scivolamento avviene con facilità. Nella situazione in basso si raggiunge l'angolo critico di contatto e lo scivolamento è fortemente ostacolato.

Quando viene superato tale angolo lo scivolamento è fortemente ridotto e si parla di “binding”. Quando si supera ulteriormente tale angolo e lo scivolamento è completamente impedito si parla di “notching”. Nelle malocclusioni con affollamento più severo, al fine di mantenere bassa la frizione e di non incorrere nel fenomeno del “binding” o, peggio, del “notching”, è quindi consigliabile l'utilizzo di archi molto sottili (Fig. 17) o il ricorso a un bandaggio sequenziale nelle primissime fasi del livellamento e dell'allineamento.



*Fig. 17 - Archi sottili in Ni-Ti e ingaggio incompleto del filo nello slot facilitano lo sliding.*

## Low friction e biologia del movimento dentale

Opinioni a volte contrastanti possono essere trovate in letteratura riguardo ai livelli di forza ottimali da utilizzare in ortodonzia al fine di rispettare il più possibile la biologia dell'osso e del legamento parodontale. Si presume che un ottimale sistema di forze sia alla base di una adeguata risposta biologica all'interno del legamento parodontale<sup>19</sup>. Per lungo tempo si è supposto che la forza ideale dipendesse dall'area della superficie della radice<sup>20-22</sup>.

Nel 1932 Schwarz<sup>23</sup> ritiene che la forza continua ottimale debba avvicinarsi alla pressione dei capillari sanguigni in modo tale che sia impedita la loro occlusione durante la compressione del legamento parodontale. Forze che superino il livello ottimale causerebbero aree di necrosi tissutale ed impedirebbero il riassorbimento frontale dell'osso. Successivamente (1942) tale concezione viene leggermente modificata da Oppenheim<sup>24</sup>, che sostiene l'utilizzo delle forze più leggere possibili in grado di avviare il movimento dentale, e nel 1967 da Reitan<sup>25</sup> che, dimostrando l'assenza di cellule in alcune aree compresse da forze leggere, propone l'utilizzo di forze ancora più leggere.

Secondo il pensiero attuale la forza ottimale dovrebbe essere di entità tale e presentare determinate caratteristiche temporali (forza continua versus forza intermittente, forza costante versus forza che si riduce nel tempo) da produrre il massimo ammontare di spostamento dentale senza causare danno tissutale e nel massimo comfort del paziente.

La forza ottimale può essere diversa per ciascun dente e per ciascun paziente<sup>26</sup>.

Da un punto di vista cellulare, la distribuzione degli stress (forza/unità di superficie), la deformazione del legamento parodontale (stress di taglio, tensione) e dell'osso (tensione) rappresentano i fattori critici in quanto la risposta di rimodellamento è in relazione diretta agli stress e alle tensioni che avvengono all'interno del parodonto<sup>27,28</sup>. Sfortunatamente non è possibile misurare direttamente gli stress e le tensioni che avvengono all'interno del parodonto e che scatenano le risposte cellulari di rimodellamento. Solo misurando le forze che vengono applicate direttamente ai denti e conoscendo a priori le aree delle superfici radicolari possono essere compiute stime degli stress e delle tensioni.

Da una revisione sistematica della letteratura<sup>29</sup> non emergono evidenze scientifiche riguardo alla forza ottimale da utilizzare in ortodonzia. Nessuno studio sperimentale, inoltre, fornirebbe informazioni riguardo alla relazione tra velocità del movimento dentale ed entità della forza applicata. Allo stato attuale sono necessari ulteriori studi clinici "ben controllati" ed esperimenti standardizzati su animali al fine di conoscere meglio la relazione esistente tra forza applicata ed ammontare di spostamento dentale.

Anche se non è possibile conoscere esattamente l'entità della forza ottimale, la base dell'ortodonzia contemporanea è costituita dall'applicazione di forze ortodontiche leggere. Queste ultime possono essere raggiunte con maggior facilità utilizzando sistemi a bassa frizione, che consentano di "liberare" il dente dai vecchi ostacoli rappresentati dalle legature tradizionali.

Basse frizioni facilitano lo scorrimento dei denti e dei brackets lungo il filo sin dalle fasi iniziali di livellamento ed allineamento.

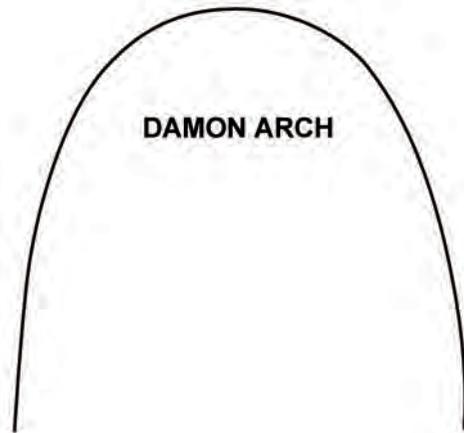
Verrebbe così facilitata la libertà di azione del complesso muscolare orofacciale, dell'osso e dei tessuti molli, grazie all'uso di forze biologiche molto leggere che si comportano come un sistema di forze naturale.

L'uso di sistemi fissi a bassa frizione conduce così paradossalmente a risultati non solo occlusali, ma anche funzionali (Effetto Frankel).

I fenomeni biologici che sottendono tali spostamenti dentali consentirebbero una riduzione sostanziale dei tempi di trattamento<sup>6</sup> e maggiori possibilità di attuare terapie non estrattive o comunque maggiormente rispettose dell'estetica facciale del paziente.

## Recupero dello spazio, forma di arcata e stabilità del trattamento

Nelle situazioni di affollamento il principale obiettivo terapeutico diventa il recupero dello spazio. Se in dentizione mista casi lievi/moderati di affollamento possono essere risolti utilizzando il Lee-Way space<sup>30,31</sup>, in dentizione permanente il recupero dello spazio viene effettuato grazie alle estrazioni, allo stripping o all'espansione delle arcate. Quest'ultima modalità terapeutica è spesso preferita dagli utilizzatori delle tecniche a bassa frizione, a meno che le estrazioni non abbiano un effetto positivo sull'estetica facciale<sup>6</sup>. Al fine di recuperare lo spazio necessario per risolvere anche affollamenti severi, Damon propone una unica forma ampia di arcata<sup>6</sup> (Fig. 18).



*Fig. 18 - Nel sistema Damon un'unica forma ampia di arcata viene utilizzata in entrambe le arcate durante le fasi di allineamento e livellamento con gli archi Ni-Ti. Solo ad allineamento e livellamento completati si procede alla personalizzazione della forma di arcata.*

Utilizzando tale forma di arcata, si assiste ad un aumento dei diametri trasversali, soprattutto a livello di premolari e molari, che permette di risolvere le situazioni di affollamento. Il diametro intercanino subirebbe invece solo minime variazioni (1 mm circa). In questo modo verrebbe inoltre salvaguardato il limite anteriore della dentatura, riducendo il rischio di proclinare erroneamente il gruppo incisale.

Va tuttavia ricordato come la stabilità dei trattamenti espansivi sia un argomento estremamente dibattuto in ortodonzia. Diversi studi dimostrerebbero la non stabilità degli incrementi di lunghezza e di larghezza delle arcate ottenuti con il trattamento ortodontico<sup>32-35</sup>. Secondo alcuni autori i diametri intermolare e intercanino dovrebbero essere considerati inviolabili in quanto il loro aumento mostra una forte tendenza alla recidiva<sup>33,36,37</sup>.

Little<sup>38</sup>, d'altra parte, ha rilevato come il diametro intercanino diminuisca dopo il trattamento anche nei casi in cui non si è verificata espansione e come non sia possibile prevedere il grado di affollamento a fine contenzione.

Non vanno infine dimenticate le ricerche che hanno valutato l'indice di irregolarità post-contenzione di casi trattati con estrazioni e di casi trattati senza estrazioni<sup>39-41</sup>. Da tali studi non emergerebbero differenze clinicamente significative nell'indice di irregolarità delle due modalità terapeutiche.

Accordo unanime, riguardo alla liceità di ricorrere all'espansione delle arcate al fine di risolvere l'affollamento, non si è ancora raggiunto.

## LO SMART FRICTION/SMART FORCE SYSTEM

Sulla base delle considerazioni sin qui esposte, sforzo dell'autore è quello di produrre un approccio versatile al trattamento ortodontico, estrattivo o non estrattivo, in grado di adeguare i livelli di forza e frizione alle necessità della terapia.

Nasce così lo "Smart friction/Smart force system", evoluzione naturale dello Step System (Tab. 3).

In cosa consiste l'innovazione?

SMART FRICTION / SMART FORCE SYSTEM	
Levelling and alignment	<p>Low friction system</p> <p>Fili sottodimensionati (.012", .014", .016" Light Ni-Ti) in slot .022" x .028"</p> <p>Ingaggio parziale delle legature met. e/o el. (slot play massimo) bandaggio sequenziale</p>
Space closure	<p>High anterior friction system</p> <p>Fili a pieno spessore anteriormente (slot play minimo) legati stretti attesa espressione del torque</p> <p>Low posterior friction system</p> <p>Riduzione della sezione posteriore con fresa diamantata oppure fili bidimensionati (.019" x .025" ant. .019" post)</p> <p>Legature posteriori a bassa frizione</p>

Tab. 3 – Principi dello Smart Friction / Smart Force System.

### Fase di allineamento e livellamento

#### Fili sottodimensionati Ni-Ti superelastici

La necessità di gestire i livelli di forza e di frizione generata dall'interazione filo-slot-legatura per adeguarli ai presupposti biologici dello spostamento dentale ideale spinge il clinico, sin dalle fasi iniziali di livellamen-

to ed allineamento, a trovare soluzioni atte a ridurre la forza e la frizione generata dal sistema. Si comincia ad utilizzare così fili sottodimensionati per lo slot impiegato dalla tecnica (0.022x 0.028).

Trovano nuova applicazione clinica fili Ni-Ti superelastici di sezione 0.012 e 0.014 che, differentemente dai .014 e .016 HANT, presentano un completo ritorno elastico e determinano, di conseguenza, una risposta clinica maggiormente predicibile.

Se inoltre si sfruttano le maggiori possibilità di ingaggio di fili Ni-Ti superelastici a sezione ridotta (0.010 - 0.012), anche in casi di grave disallineamento e/o dislivellamento, non vengono superati i limiti biologici di tollerabilità della forza impressa alle strutture vascolari parodontali<sup>3-5</sup>.

Aumenta, in altri termini, lo slot play del filo con riduzione notevole della coppia di forze che si sprigiona dall'interazione filo-slot e viene conseguentemente favorito lo sliding del filo nello slot (Fig. 19).



Fig. 19a

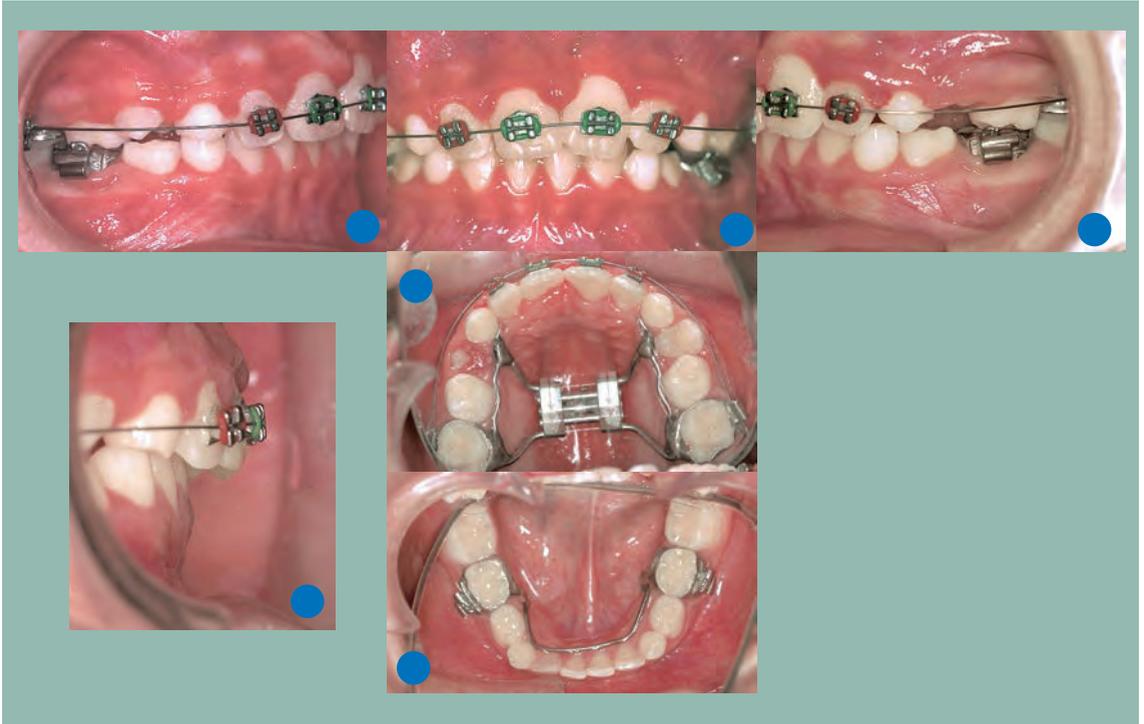


Fig. 19b



Fig. 19c



Fig. 19d

Fig. 19 - Archi Ni-Ti a sezione ridotta determinano l'estrinsecarsi di forze leggere anche nelle situazioni di grave affollamento. Nella situazione illustrata, è utilizzato un arco Ni-Ti già durante la fase di terapia intercettiva al fine di non superare i limiti biologici di tollerabilità della forza che viene impressa alle strutture vascolari parodontali del settore antero-superiore. Il buon esito del trattamento in termini di salute parodontale sembrerebbe validare tale soluzione.

### Ingaggio parziale delle legature

L'ingaggio parziale delle legature metalliche e/o elastiche è un espediente che può essere utilizzato per ridurre i livelli di forza esercitata soprattutto quando non si hanno a disposizione fili Ni-Ti .012 o .014 o comunque non si vogliono utilizzare (Fig. 20)

Il completo alloggiamento del filo nello slot viene progressivamente ottenuto nelle successive sedute trasferendo così in maniera piena le informazioni di primo e secondo ordine proprie delle fasi di livellamento ed allineamento.



Fig. 20a



Fig. 20b



Fig. 20c

Fig. 20(a-c) - Caso estrattivo (estrazione di quattro primi premolari) trattato con apparecchiatura Edgewise Standard. Al posto degli archi Ni-Ti è utilizzato un filo intrecciato. Le legature elastiche sono parzialmente ingaggiate a livello degli incisivi laterali superiori. In questo modo vengono ridotti i livelli di forza.

### Bandaggio sequenziale

Anche il ricorso al bandaggio sequenziale può produrre gli stessi effetti di trasferimento progressivo di forza impressa agli elementi dell'arcata dentale senza incorrere in indesiderati overload (Figg. 21-24).



Fig. 21 – Caso di classe II scheletrica con affollamento ed incisivi inferiori proclinati: foto intraorali iniziali.



Fig. 22 – Caso di classe II scheletrica con affollamento ed incisivi inferiori proclinati: procedura di stripping.

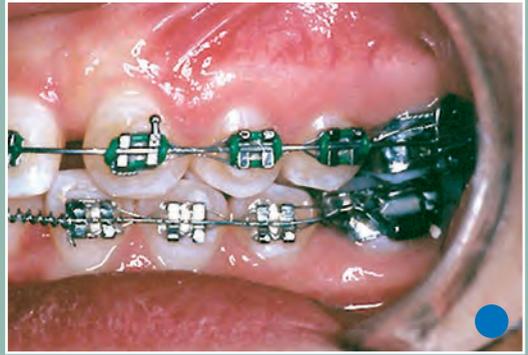
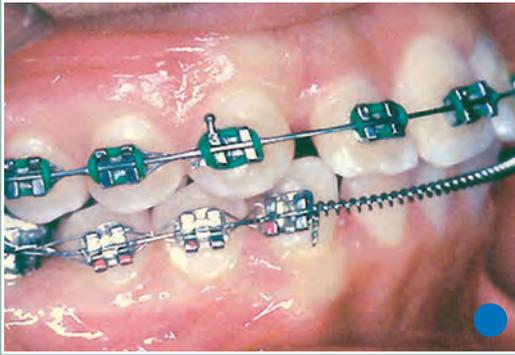


Fig. 23 – Caso di classe II scheletrica con affollamento ed incisivi inferiori proclinati: lace-backs, bend-backs e bandaggio sequenziale per impedire la proclinazione incisale nell'arcata mandibolare. Una combi-headgear viene portata per 14 ore al giorno già nelle prime fasi del trattamento.



*Fig. 24 – Caso di classe II scheletrica con affollamento ed incisivi inferiori proclinati: foto intraorali a fine trattamento.*

Viene così a delinearsi nelle fasi di livellamento ed allineamento un sistema low friction/low force che agisce su tutta l'arcata producendo i fenomeni sopradescritti di spostamento dentale associato a rimodellamento dell'osso alveolare che circonda il dente. Quest'ultimo non si muove più attraverso l'osso, ma con l'osso.

## Fase di chiusura degli spazi

### Settore anteriore – Fili di lavoro a pieno spessore

Nelle fasi successive cambiano le esigenze biomeccaniche: occorre controllare nella chiusura degli spazi l'inclinazione labio-linguale del gruppo incisale che deve essere vincolato in modo assai forte al filo di lavoro 0.019x0.025 per consentire l'espressione completa o quasi dell'informazione di terzo ordine risultante dall'interazione tra filo rettangolare e slot .

### Settore anteriore – Ingaggio serrato delle legature

Il trasferimento più completo possibile dell'informazione di terzo ordine è aiutato dall'utilizzo di legature metalliche strette o elastomeriche.

### Settore posteriore – Fili bidimensionati

L'utilizzo di fili a sezione ridotta nei settori latero-posteriori (.019x.025 anteriormente, .019 posteriormente, Wilcock; o riduzione posteriore con fresa diamantata) facilitano le meccaniche di sliding riducendo la frizione.

### Settore posteriore – Legature posteriori a bassa frizione

Legature metalliche lasse o qualsiasi altro sistema di legatura, che non vincoli in maniera eccessiva il filo nello slot, diminuisce ulteriormente la frizione.

## CASE REPORT. Smart Friction/Smart Force System e trattamento ortodontico del paziente adulto con DTM (Fig. 25-37)



Fig. 25 – Caso di paziente disfunzionale classe II morso profondo con incisivi retroclinati ed affollamento: foto del volto iniziali.



Fig. 26 – Caso di paziente disfunzionale classe II morso profondo con incisivi retroclinati ed affollamento: teleradiografia in proiezione latero-laterale e ortopantomografia iniziali.

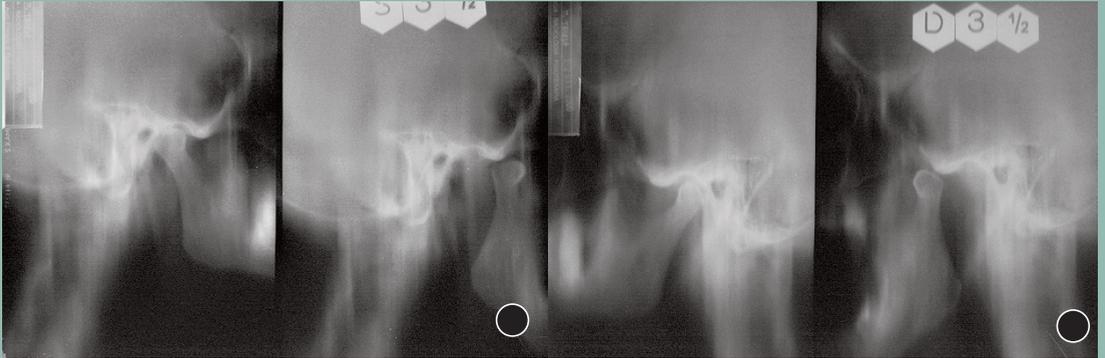


Fig. 27 – Caso di paziente disfunzionale classe II morso profondo con incisivi retroclinati ed affollamento: stratigrafie dell'ATM a inizio trattamento.



Fig. 28 – Caso di paziente disfunzionale classe II morso profondo con incisivi retroclinati ed affollamento: foto intraorali iniziali.



Fig. 29 – Caso di paziente disfunzionale classe II morso profondo con incisivi retroclinati ed affollamento: fase terapeutica gnatologica con splint di svincolo.



Fig. 30 – Caso di paziente disfunzionale classe II morso profondo con incisivi retroclinati ed affollamento: fase terapeutica con splint e apparecchiatura fissa Straight-wire. Nell'arcata inferiore le legature elastiche ingaggiano parzialmente il filo.014 NiTi superelastico.



Fig. 31 – Caso di paziente disfunzionale classe II morso profondo con incisivi retroclinati ed affollamento: fase terapeutica con sola apparecchiatura fissa di completamento del livellamento e dell'allineamento.



*Fig. 32 – Caso di paziente disfunzionale classe II morso profondo con incisivi retroclinati ed affollamento: .019x.025 acciaio con tie-backs metallici e legature strette nel settore anteriore per consentire la piena espressione del torque.*



Fig. 33 – Caso di paziente disfunzionale classe II morso profondo con incisivi retroclinati ed affollamento: sezionale .018 superiore nel settore anteriore, .016 Ni-Ti inferiore ed elastici di intercuspidação.

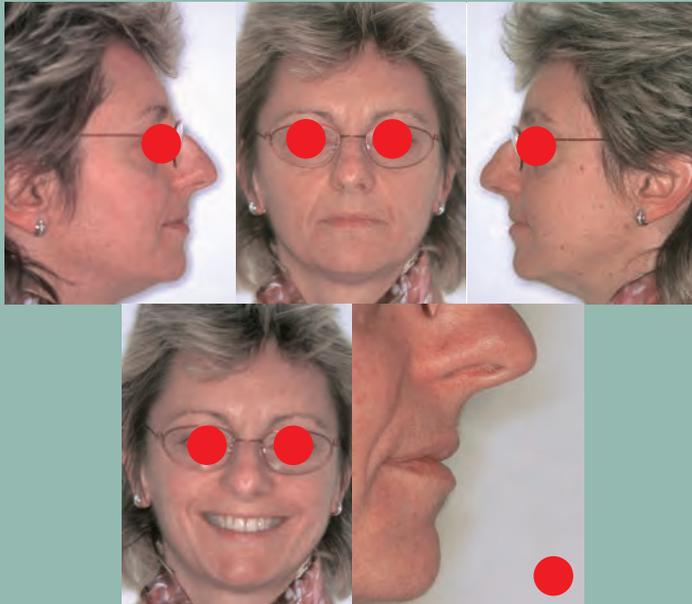


Fig. 34 – Caso di paziente disfunzionale classe II morso profondo con incisivi retroclinati ed affollamento: foto del volto a fine trattamento.

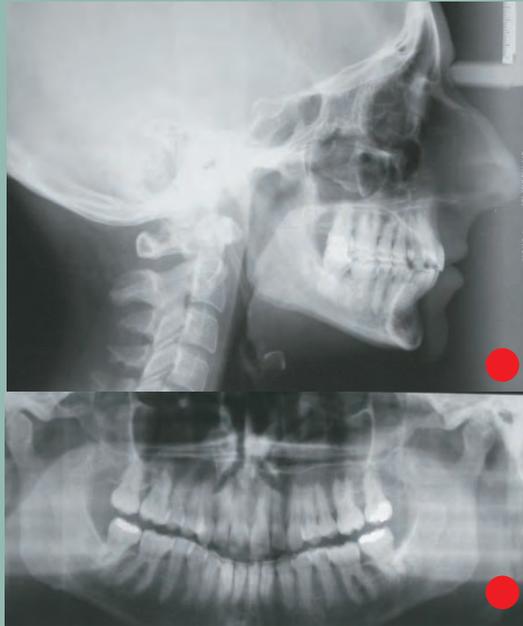


Fig. 35 – Caso di paziente disfunzionale classe II morso profondo con incisivi retroclinati ed affollamento: teleradiografia in proiezione latero-laterale e ortopantomografia a fine trattamento.

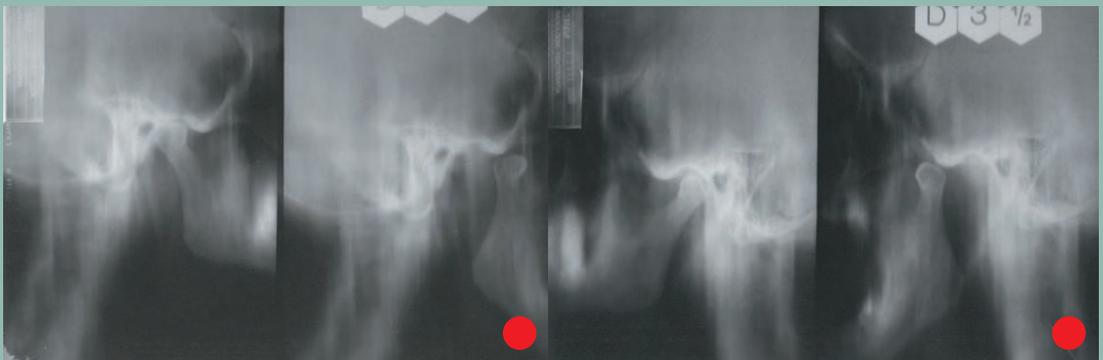
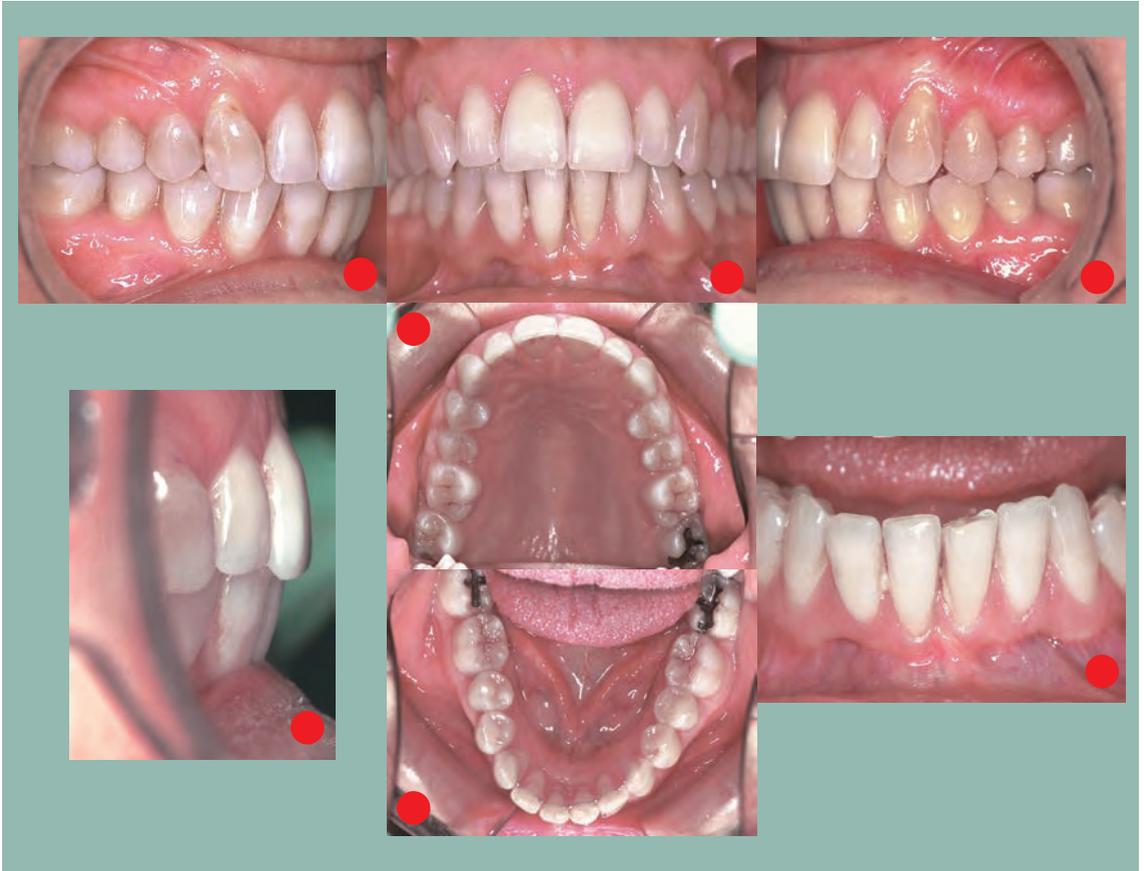


Fig. 36 – Caso di paziente disfunzionale classe II morso profondo con incisivi retroclinati ed affollamento: stratigrafie dell'ATM a fine trattamento.



*Fig. 37 – Caso di paziente disfunzionale classe II morso profondo con incisivi retroclinati ed affollamento: foto intraorali a fine trattamento.*

In contemporanea va sempre più diffondendosi l'utilizzo di sistematiche low-friction che impiegano attacchi autoleganti<sup>1,9,42</sup>.

Questi ultimi non sono una novità assoluta nel panorama delle tecniche ortodontiche in quanto fin dai primi anni '80 sono riscoperti e proposti con l'attacco Speed al fine di ridurre i tempi alla poltrona e semplificare le procedure di ingaggio–disingaggio degli archi ortodontici. I vantaggi che tali sistemi possono apportare nel ridurre la frizione e la forza impiegata non hanno ancora ricevuto la giusta enfasi .

## APPARECCHIATURE SELF-LIGATING

### Considerazioni storiche

Da quando Angle all'inizio del secolo scorso propone il suo sistema di apparecchiature fisse (E-arch, 1907 Fig. 38), l'ortodontista clinico deve da subito confrontarsi con due delle peculiarità più importanti della tecnica ortodontica fissa: il controllo tridimensionale dei denti e lo sviluppo di frizione generata dalla dinamica del trattamento attivo.

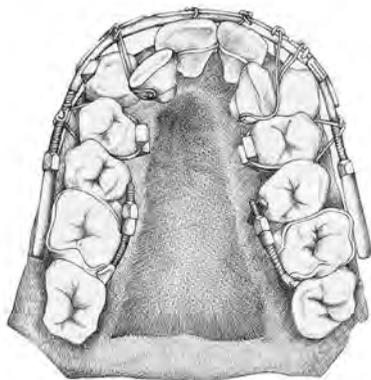


Fig. 38. Apparecchiatura E-arch. Da WR Proffit, HW Fields, Contemporary Orthodontics. Second Edition. Mosby-Year Book, Inc., 1993.

Il caricamento verticale del filo metallico rettangolare in attacchi ad incastro appunto verticale e la sua tenuta per mezzo di "pins" in ottone, caratteristiche proprie della "Ribbon arch technique" del 1915, rappresenta probabilmente il primo sistema low friction della storia dell'ortodonzia fissa (Fig. 39).

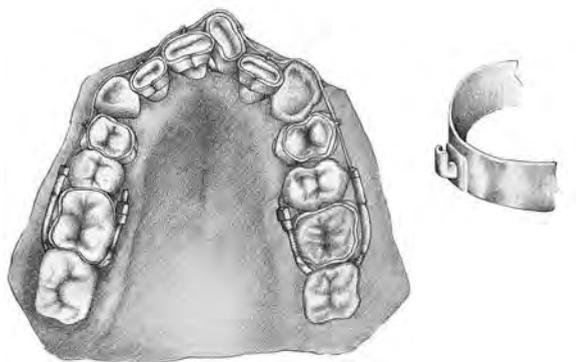


Fig. 39. Sistema del Ribbon Arch. Da WR Proffit, HW Fields, Contemporary Orthodontics. Second Edition. Mosby-Year Book, Inc., 1993.

Lo scarso controllo tridimensionale dei denti induce Angle a modificare il design dell'apparecchiatura trasformandola in "edgewise" con slot orizzontale e arco rettangolare alloggiato "di taglio" (edgewise) ovvero con la dimensione maggiore perpendicolare all'asse del dente<sup>43</sup> (Fig. 40 e 41).

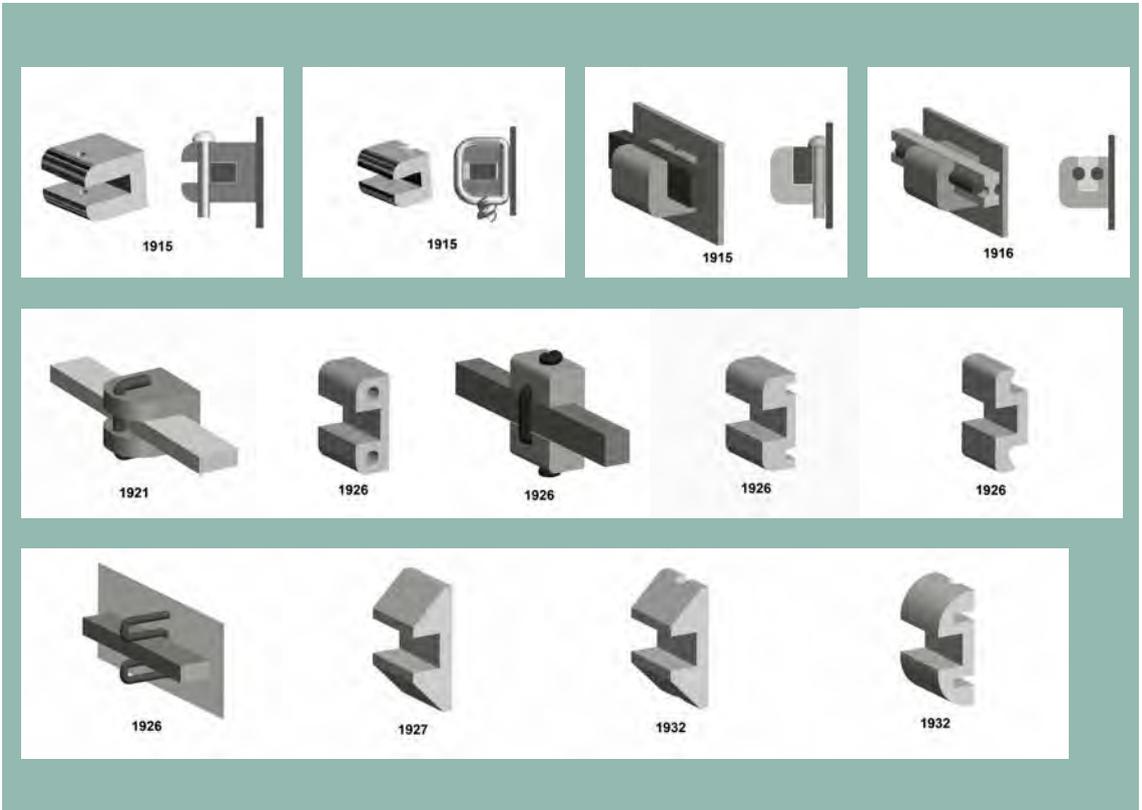


Fig. 40 - Nel corso degli anni Angle propone diverse varianti del bracket Edgewise.



Fig. 41 - Il bracket 447 di Angle, del 1928, raccoglie i maggiori consensi fra gli ortodontisti dell'epoca.

Da allora si assiste allo svilupparsi di apparecchiature e di tecniche che privilegiano ora l'una ora l'altra delle qualità caratteristiche della tecnica ortodontica.

La scuola di Tweed e Merrifield punta sul controllo assoluto delle arcate dentali mettendo a punto la sistematica delle forze direzionali con sviluppo di alte frizioni<sup>44,45</sup> (Fig. 42).

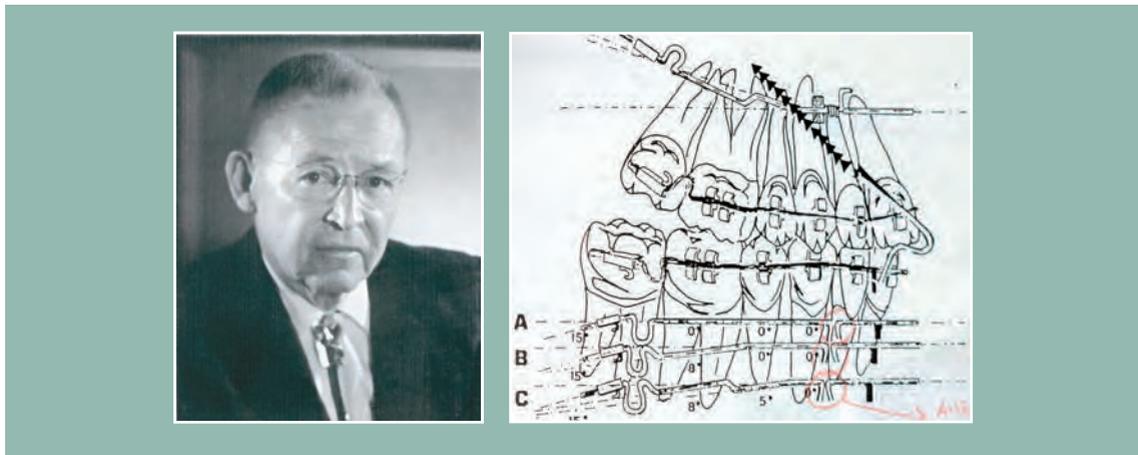


Fig. 42 – Il controllo tridimensionale del dente e delle arcate, che può essere raggiunto attraverso la sistematica delle forze direzionali, è, secondo Tweed, uno degli obiettivi principali del trattamento ortodontico. Tale metodica determina tuttavia l'estrinsecarsi di alte frizioni.

Begg in Australia sviluppa un sistema che, partendo dalla Ribbon arch technique, modifica gli attacchi a caricamento verticale e li associa ad archi a sezione esclusivamente rotonda in grado di sviluppare forze leggere e quindi movimenti dentali rapidi<sup>46</sup>. Dagli anni trenta in poi, altri autori danno il loro contributo al miglioramento della efficienza clinica (Johnson con la tecnica twin-wire<sup>47</sup>, Jarabak con l'apparecchiatura light wire<sup>48</sup> e Ricketts con la tecnica bioprogressiva<sup>49</sup>, ecc.), (Fig. 43) optando chi l'uno chi l'altro per sistemi che preferiscono utilizzare forze pesanti o forze leggere.



Fig. 43 – L'apparecchiatura Twin-wire di Johnson.

Con l'avvento dello straight-wire<sup>50-52</sup> di L. Andrews negli anni '70 si va poi incontro ad una progressiva riduzione dell'entità della forza applicata e a sistemi a basso sviluppo di frizione e alto coefficiente di rendimento clinico<sup>1,9,42</sup>. Si giunge così a proporre attacchi di nuovo design che presentano la particolarità di non avere bisogno di sistemi di legatura esterni (moduli elastici, legature metalliche o altro), ma che sono dotati di fabbrica di sistemi mediante i quali lo slot viene trasformato in un tubo da un sistema di chiusura sulla superficie anteriore dell'attacco.

Si permettono così lo sviluppo di livelli di frizione molto bassi e lo scorrimento dell'arco nello slot<sup>2,18</sup>.

Nascono i primi attacchi autoleganti.

Nell'Edge-wise Russel Lock di Stolzenberg (1935) sono già presenti quelle caratteristiche peculiari dei moderni attacchi self-ligating: una vite a testa piatta che scorre in un'apertura filettata sulla faccia anteriore dell'attacco consente, se stretta o allentata con un cacciavite da orologi, di aumentare o ridurre i livelli di frizione generati dalla meccanica ortodontica<sup>42</sup>.

Con l'Edge-lock<sup>42</sup> proposto da Wildman (1971) e il Mobil-lock (Foresta dental) si hanno i primi esempi di self-ligating passivi. Quest'ultimo, introdotto da Sander nel 1979, permette, ruotando un disco semicircolare, di passare dalla posizione "aperta" a quella "chiusa" dell'attacco trasformandolo in un self ligating passivo.

Nel 1980 Hanson presenta l'attacco Speed: fornito di una clip superelastica di dimensioni ridotte che scorre da gengivale a occlusale che può esercitare quindi una continua pressione sull'arco, è il primo esempio di attacco autolegante "attivo"<sup>42</sup>.

Il mondo ortodontico è dunque sempre più sensibilizzato sull'importanza della corretta gestione della frizione nel raggiungimento di risultati clinici di qualità ma soprattutto in tempi rapidi e nel rispetto dei tessuti biologici<sup>3</sup>, quando nel 1996 Damon<sup>1</sup> propone il suo sistema di ortodonzia a bassa frizione, ripresentato in dieci anni in quattro diverse versioni: attacchi dotati di una slide che si muove verticalmente sulla superficie labiale di un attacco gemellare convenzionale, cioè all'esterno delle alette.

Viene quindi ad essere definito il concetto di "opened self-ligating", in cui gli slides invadono lo slot applicando una forza leggera sull'arco (In-Ovation, Speed, Time, Activa); e "closed self ligating" in cui gli slides mantengono il filo in modo passivo nello slot (Damon, Twin lock).

Da allora è un proliferare di ricerca, innovazioni merceologiche, eventi e pubblicazioni scientifiche dedicati a quello che può essere definito sicuramente il trend dominante dell'ortodonzia contemporanea.

## Caratteristiche merceologiche e implicazioni biomeccaniche

Ai giorni nostri la presenza di svariate tipologie di attacchi self-ligating proposti dalle aziende del settore (GAC, ULTRADENT, 3M UNITEK, ORMCO ed altri), conferma i continui sforzi per migliorare l'efficienza clinica della tecnica low-force/low-friction secondo i vari approcci.

Tali sistemi, continuamente riveduti, aggiornati e migliorati, prevedono l'utilizzo di attacchi che presentano meccanismi incorporati di legatura (self-ligating) passiva, ideale nelle fasi iniziali del trattamento in cui è richiesto maggiore sliding del filo di allineamento negli slots dei brackets, o attiva, necessaria nelle fasi successive di chiusura degli spazi e quando sono richiesti maggiore attrito, stabilizzazione ed espressione del torque.

## CASE REPORT. Time 2 system e trattamento non estrattivo

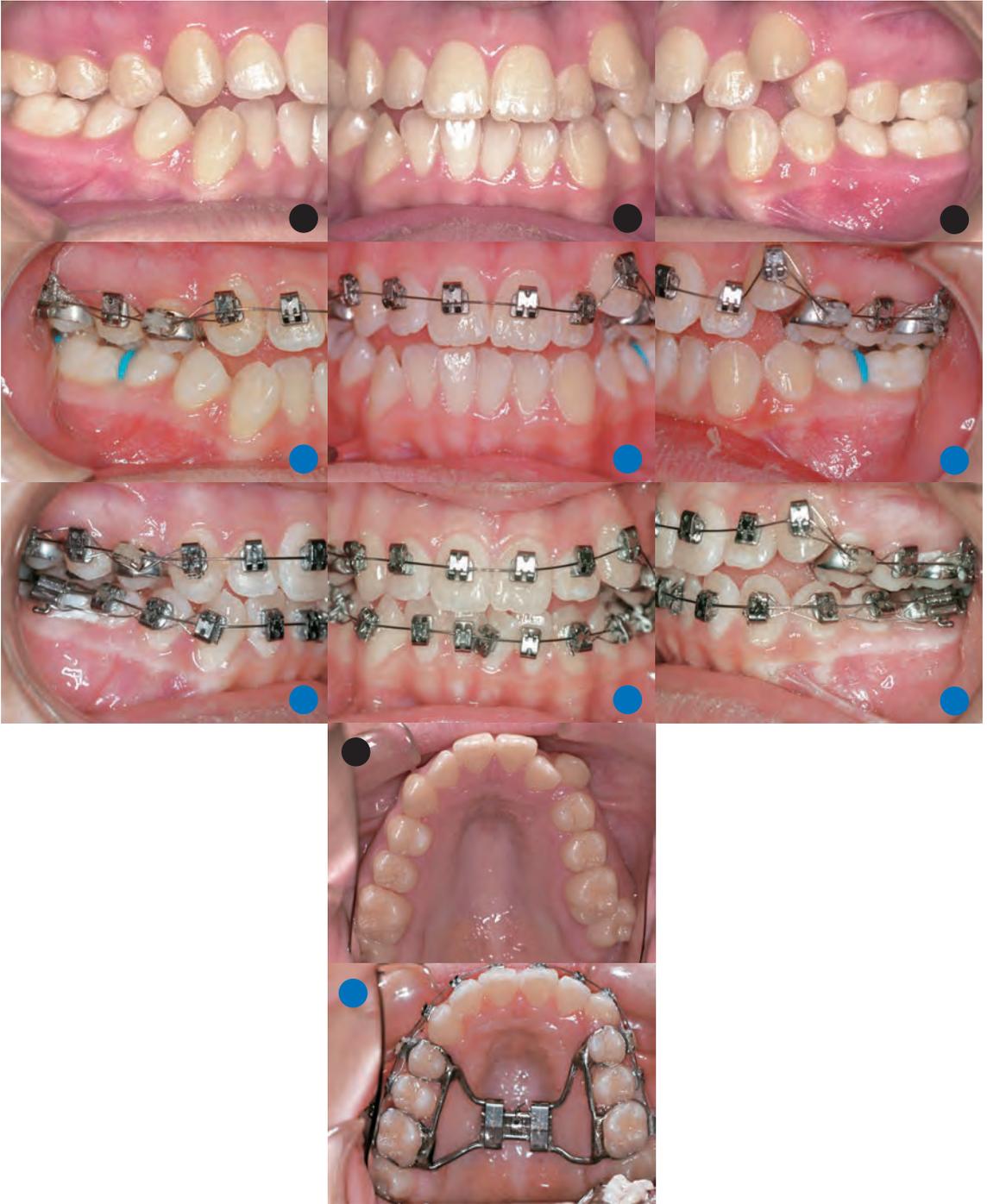


Fig. 44 – Prime fasi dell'allineamento e del livellamento utilizzando gli attacchi Time 2 in combinazione all'espansore rapido del palato. Sono presenti legature Slide a livello dei primi premolari bandati al fine di mantenere il sistema a bassa frizione. I Lace-backs impediscono la mesializzazione della corona dei canini.

## CASE REPORT. Damon system e trattamento non estrattivo



Fig. 45 - Caso di classe I con affollamento superiore ed inferiore: foto del volto iniziali.



Fig. 46 - Caso di classe I con affollamento superiore ed inferiore: teleradiografia in proiezione latero-laterale iniziale.



Fig. 47 - Caso di classe I con affollamento superiore ed inferiore: foto intraorali iniziali.



Fig. 48 - Caso di classe I con affollamento superiore ed inferiore: fase di allineamento e livellamento con .014 NiTi e apparecchiatura Damon 2 dopo espansione rapida del mascellare superiore. Quando possibile, l'espansione rapida del mascellare superiore rappresenta comunque una scelta d'elezione nei casi di affollamento da ipoplasia mascellare.



Fig. 49 - Caso di classe I con affollamento superiore ed inferiore: legature Slide sono utilizzate a livello dei primi premolari superiori (bandati) per non aumentare la frizione durante le fasi dell'allineamento e del livellamento.

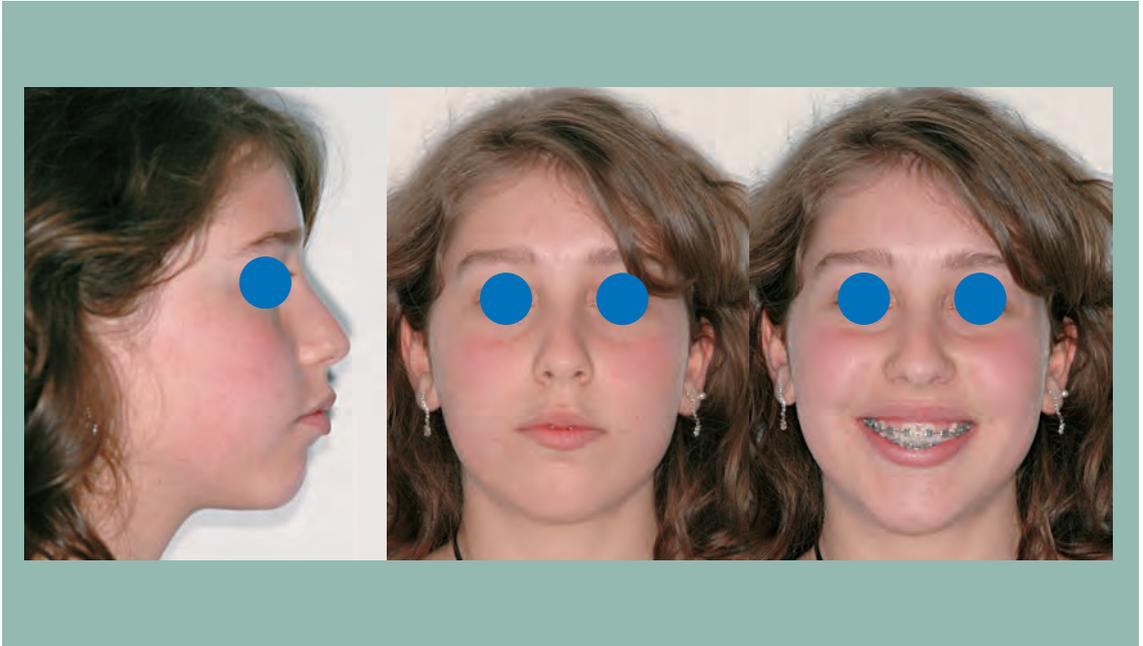


Fig. 50 - Caso di classe I con affollamento superiore ed inferiore: foto del volto intermedie.



Fig. 51 - Caso di classe I con affollamento superiore ed inferiore: foto del sorriso intermedie.

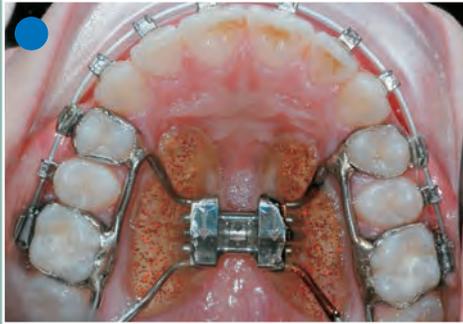


Fig. 52 – Caso di classe I con affollamento superiore ed inferiore: il livellamento e l'allineamento proseguono con archi Ni-Ti rettangolari.



Fig. 53 – Caso di classe I con affollamento superiore ed inferiore: vengono applicati tubi sui settimi mandibolari per un corretto allineamento e livellamento di questi ultimi. L'inserimento di un arco 0.16 NiTi determina una recidiva dell'allineamento nel settore anteriore a causa del gioco tra arco e slot. Si tratta di un effetto indesiderato che non avviene con le apparecchiature classiche.

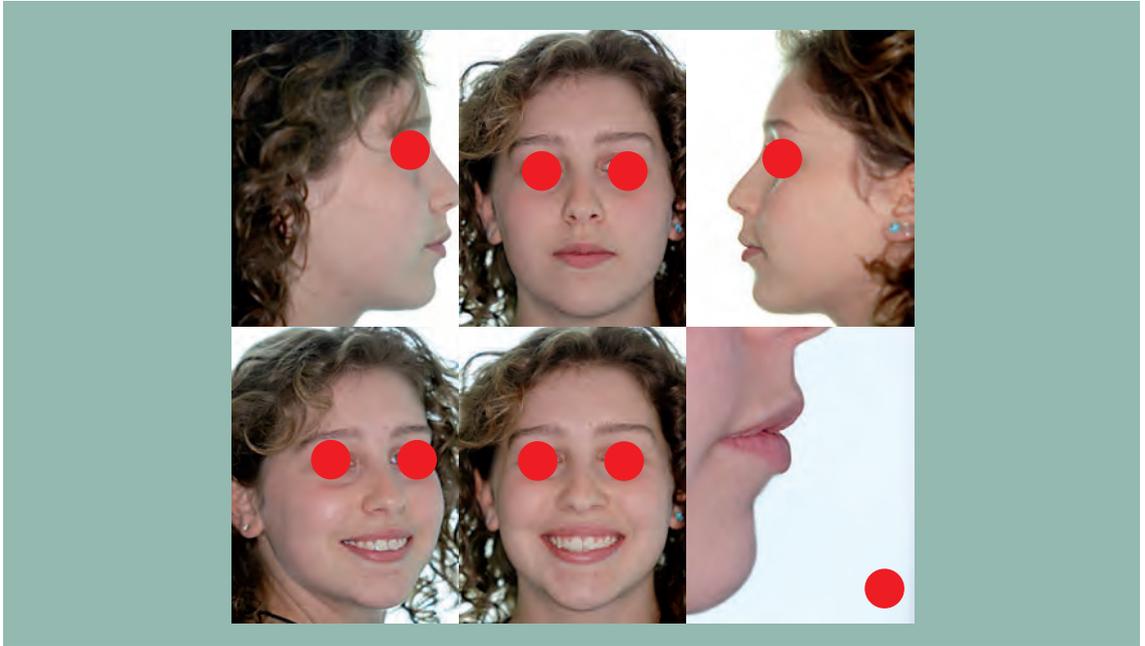


Fig. 54 – Caso di classe I con affollamento superiore ed inferiore: foto del volto a fine trattamento.

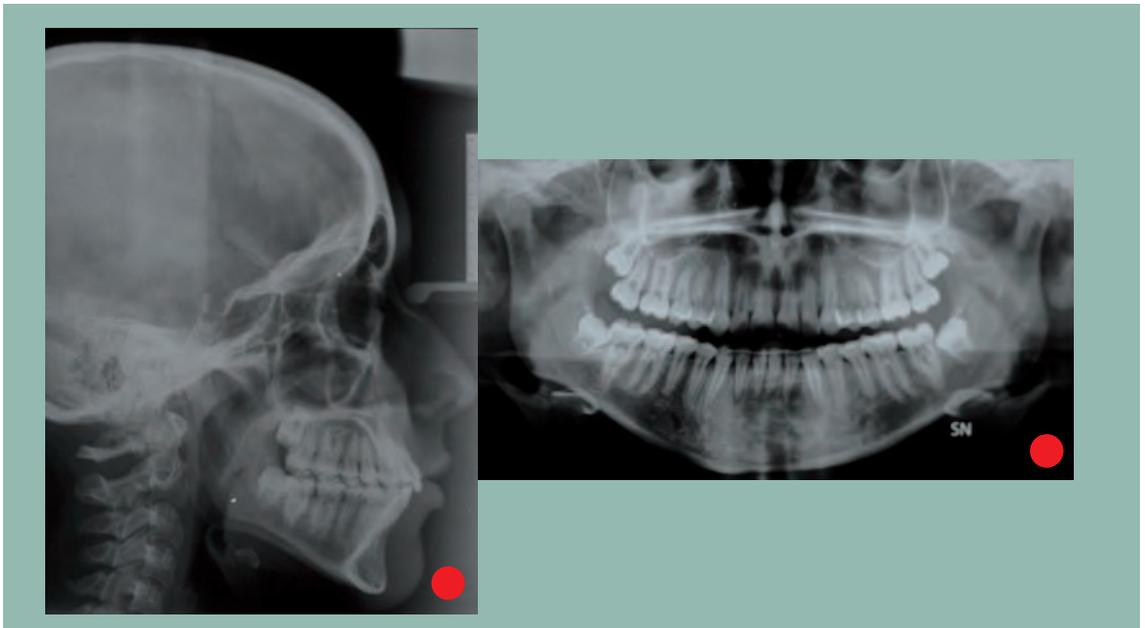


Fig. 55 – Caso di classe I con affollamento superiore ed inferiore: teleradiografia in proiezione latero-laterale e ortopantomografia a fine trattamento.



Fig. 56 – Caso di classe I con affollamento superiore ed inferiore: foto intraorali a fine trattamento.

## Limiti

I sistemi self-ligating migliorano sicuramente l'efficienza nelle fasi di allineamento e livellamento, ma possono presentare alcuni limiti:

- le informazioni di torque contenute nel bracket non vengono adeguatamente trasmesse, a differenza di quanto avviene con i sistemi frizionanti;
- alcuni sistemi di legatura sono clinicamente difficili da gestire in quanto, a causa di meccanismi delicati e/o complicati, è facilitato il distacco dei brackets in mani non esperte;
- necessitano di un cambiamento radicale di impostazione terapeutica del professionista, che è inoltre costretto a modificare l'inventario di studio, e del personale ausiliario. Gli attacchi self-ligating sono spesso più ingombranti e più costosi di quelli tradizionali.

## Caratteristiche del sistema self-ligating ideale

A nostro avviso il sistema low friction/low force ideale dovrebbe essere sicuro, robusto e facile da usare, ma soprattutto versatile, cioè:

- avere una bassa frizione tra arco e attacco se necessitano meccaniche di sliding (massimo sliding del filo

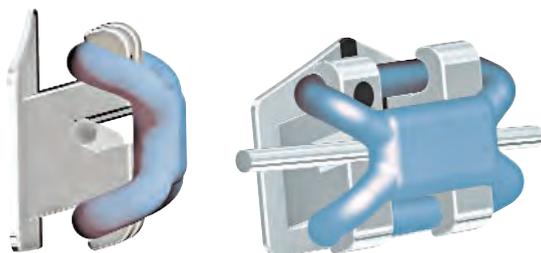
negli slots di incisivi e canini nelle fasi di allineamento e livellamento, massimo sliding del filo negli slots di molari, premolari e canini nella fase di chiusura degli spazi);

- consentire di aumentare la frizione quindi attrito, stabilizzazione, espressione del torque nelle situazioni cliniche che lo richiedono (chiusura degli spazi, controllo settoriale dell'ancoraggio, perfezionamento del controllo dell'overbite e della posizione tridimensionale di corona e radice degli elementi dentali prima di passare alla fase di finitura e dettagliamento);
- essere confortevole per il paziente;
- permettere un facile inserimento di ausiliari;
- consentire una buona igiene orale.

Nel recente passato la ricerca clinica ha orientato i suoi sforzi nell'individuare sistemi di forze ortodontiche costituiti da combinazioni differenti di sistemi di legatura, brackets e fili che consentivano di variare intensità di forza e di frizione.

## IL SISTEMA STEP & SLIDE

Sulla base di questi presupposti di ricerca clinica, merceologica e biomeccanica è stato poi proposto un sistema low force-low friction ancora più semplice, versatile ed economico, fondato sull'utilizzo di una metodica di legatura innovativa capace di adattarsi alle esigenze cliniche di bassa frizione e bassa forza applicata<sup>53-56</sup> (Fig. 57).



*Fig. 57– La legatura Slide consente libertà al filo all'interno dello slot, riducendo la frizione. L'attacco tradizionale assume così le caratteristiche di un attacco self-ligating.*

Il sistema di legatura SLIDE può essere applicato su tutti gli attacchi disponibili sul mercato e permette così di gestire la frizione a seconda delle necessità e della fase terapeutica.

La metodica risulta molto versatile in quanto consente ad apparecchiature fisse tradizionali di far esprimere compiutamente la bassa frizione, nelle fasi in cui è necessario massimamente lo sliding e la riduzione dell'attrito, e permette l'utilizzo di legature elastiche, ad alto coefficiente di attrito, nelle fasi di trattamento e nei settori di arcata in cui si rende necessario il massimo controllo e stabilizzazione tridimensionale .

E' inoltre pianificata una nuova sequenza di archi, capace di adattarsi al nuovo sistema di legatura ottimizzandone le prestazioni e le possibilità cliniche.

## Nuova Sequenza degli archi nello Step & Slide System

### Livellamento - Allineamento

- .014 Ni-Ti Memoria® Superelastic
- .016 Ni-Ti Memoria® Superelastic
- .016 Stainless Steel Special Plus Australian
- (.018) Stainless Steel Special Plus Australian
- .020 Stainless Steel Special Plus Australian

Lo scopo dei fili iniziali rotondi leggeri è quello di stimolare l'attività cellulare senza danneggiare il sistema vascolare del periodonto, in modo di lavorare sempre nella "optimal force zone" o "biozone". L'utilizzo di forze ottimali, che non alterino il sistema biologico, consentirebbe all'osso alveolare e ai tessuti di muoversi assieme ai denti. L'obiettivo del trattamento è inserire una forza biologica molto leggera e lasciare il complesso muscolare orofacciale, l'osso ed i tessuti liberi di agire.

Secondo uno studio di Vouduris<sup>2</sup>, i sistemi autoleganti passivi determinano una frizione tra filo e bracket che è rispettivamente 400 volte e 500/600 volte inferiore rispetto a quelle prodotte da legature metalliche ed elastiche (Tab. 2). I sistemi a bassa frizione facilitano lo scorrimento dei denti e dei brackets lungo il filo sin dalle fasi iniziali di livellamento ed allineamento (Fig. 58-61).

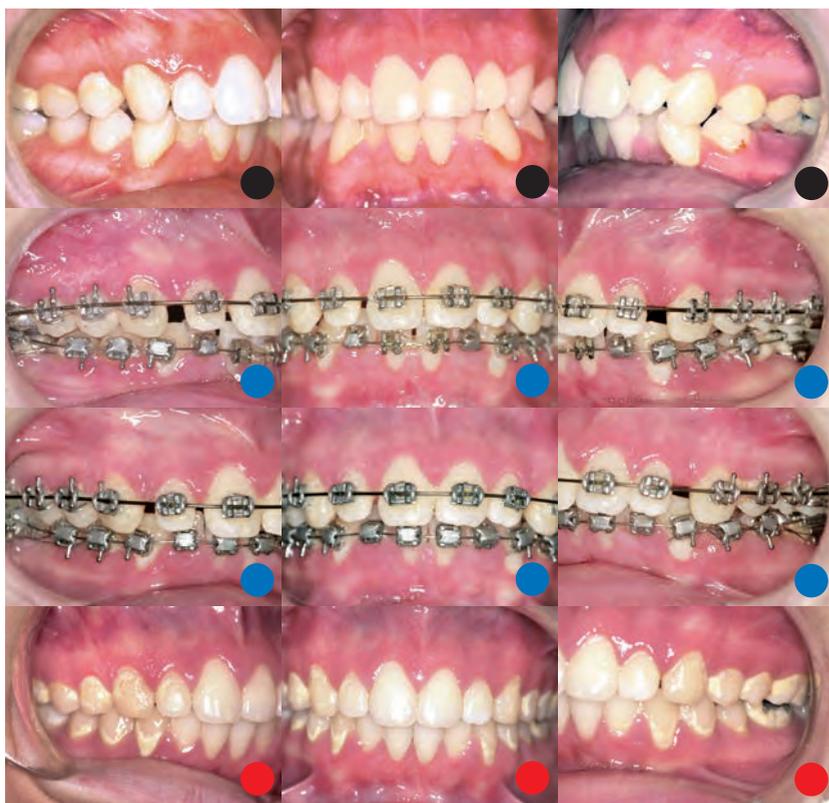


Fig. 58 – Nell'arcata inferiore la fase di livellamento ed allineamento ha comportato l'impiego di legature Slide.



Fig. 59– L'utilizzo del sistema Slide ha semplificato la risoluzione dell'affollamento durante la fase di livellamento e allineamento.



Fig. 60– Nell'arcata superiore è stata privilegiata un'espansione ortopedica del mascellare superiore.



Fig. 61- Risoluzione dell'affollamento nell'area mandibolare anteriore.

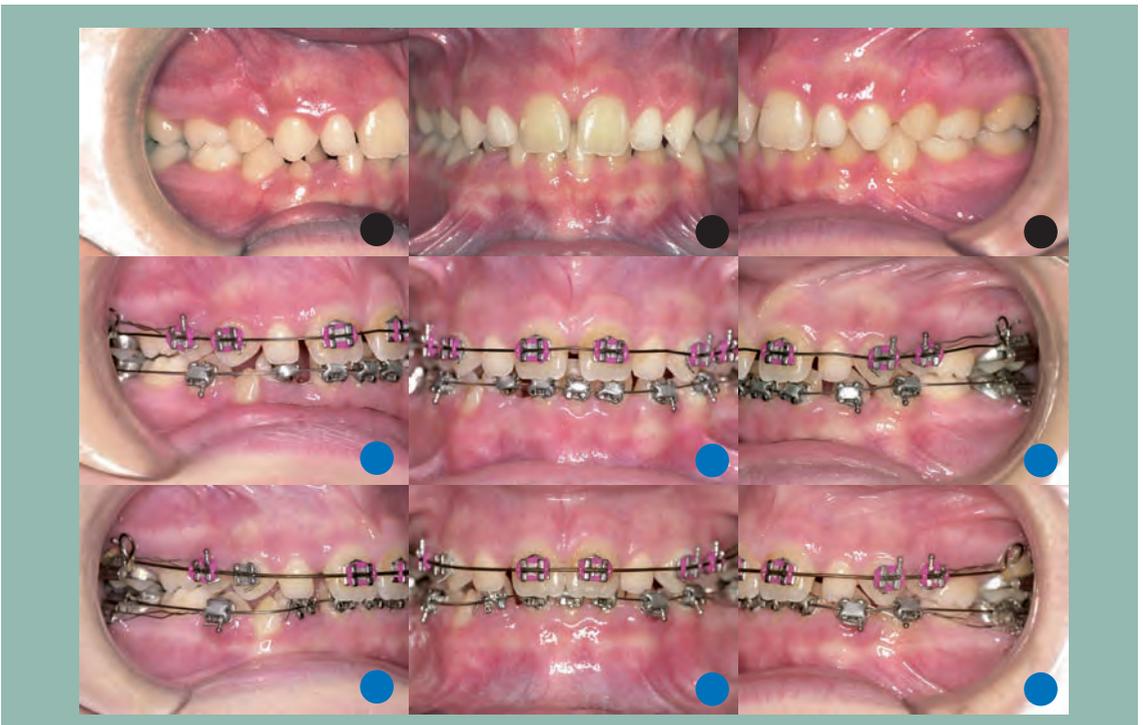


Fig. 62a



Fig. 62b



Fig.62c - figg. 62a-c – L'ectopia linguale del 42 è risolta durante una fase di allineamento e livellamento che prevede l'utilizzo di un arco .014 in acciaio e di legature Slide in dentatura mista. Solo dopo il recupero in arcata è applicata una legatura metallica stretta sul 42 al fine di migliorarne il posizionamento.

Riducendo l'ammontare della frizione nell'apparecchiatura si permette ad archi a bassa forza di esprimersi totalmente, si stimola un movimento del dente biologicamente più compatibile e si riducono gli effetti indesiderati.

Le ricerche<sup>3-5</sup> indicano che l'ottimale forza ortodontica dovrebbe essere appena sufficiente a stimolare il movimento dentale senza tagliar via il supporto vascolare al legamento parodontale.

### Chiusura degli spazi

- .019 x .025       $\beta$ -Memoria® Titanio-Molibdeno
- .019 x .025      Stainless Steel Gold Tone
- (.019 x .025)    (Stainless Steel Torque 20°)

Nei casi estrattivi è possibile (Figg. 63,66,67):

- mantenere il massimo controllo di torque utilizzando archi rettangolari con legature convenzionali nel settore anteriore;
- favorire invece lo sliding e la chiusura degli spazi nel settore posteriore grazie all'applicazione delle legature Slide.



Fig. 63 – Legature Slide nei settori laterali delle arcate facilitano le meccaniche di sliding durante la fase di chiusura degli spazi, (Figg. 63-67) mentre legature elastiche ad alta frizione determinano il controllo del torque nel settore anteriore.



Fig. 64 – Tie-backs elastici, associati a legature Slide nell'area laterale, determinano una efficace chiusura degli spazi. Legature elastiche consentono il controllo del torque nell'area anteriore.



Fig. 65 – Chiusura degli spazi con tie-backs elastici, legature Slide posteriori e legature elastiche anteriori. Rimane solo un piccolo spazio da chiudere distale all'incisivo laterale sinistro.

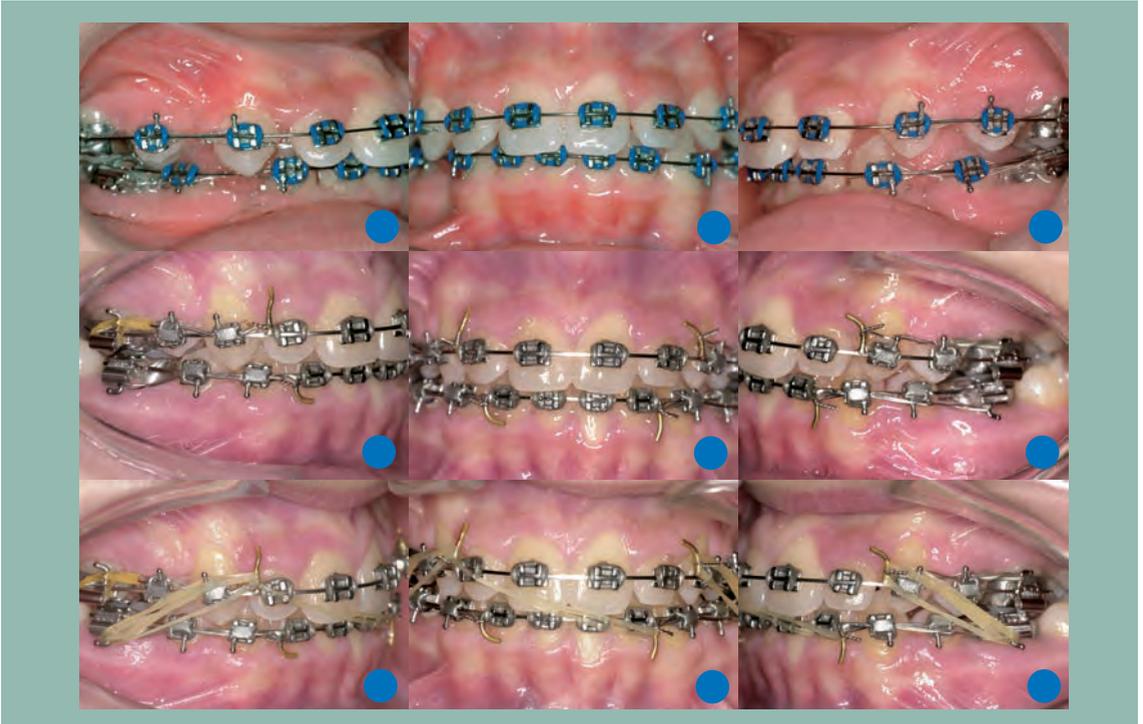


Fig. 66 – Chiusura degli spazi estrattivi dei primi premolari con tie-backs elastici, legature Slide posteriori e legature elastiche anteriori.



Fig. 67 – Chiusura degli spazi estrattivi dei primi premolari con tie-backs elastici, legature Slide posteriori e legature elastiche anteriori. Visione oclusale.

## Applicazione clinica del sistema Step & Slide nelle diverse malocclusioni

### CASE REPORT 1. Trattamento intercettivo di classe I senza estrazioni

Paziente di sesso femminile, età anni 10, normodivergente con rapporti scheletrici e dentali di classe I in dentizione mista (Figg. 68-70).

Ad inizio trattamento la paziente presenta un affollamento medio a carico dell'arcata mandibolare e un affollamento severo a carico dell'arcata mascellare.

L'incisivo laterale superiore di sinistra si presenta in cross-bite e in posizione palatina. L'incisivo laterale controlaterale non è ancora eretto e manca lo spazio per un suo corretto posizionamento in arcata.

Si decide per un trattamento non estrattivo, che preveda il recupero dello spazio nell'arcata mandibolare tramite il mantenimento del Lee-Way space. L'espansione rapida del mascellare superiore consentirebbe di recuperare lo spazio nell'arcata mascellare. Il trattamento viene condotto in due fasi. L'espansione rapida del palato e il recupero degli incisivi superiori laterali avvengono durante la prima fase del trattamento (terapia intercettiva). A seguito di un periodo di sospensione, segue una seconda fase di terapia con apparecchiatura fissa. L'inizio di questa fase avviene poco prima della permuta dei secondi molari decidui al fine di mantenere il lee-way space e risolvere così l'affollamento mandibolare.



Fig. 68



Fig. 69



Fig. 70

Le legature Slide non sono necessarie nella fase immediatamente successiva all'espansione rapida in cui è utilizzato un arco .014 australiano con stop mesiali agli E+E per il mantenimento dello spazio guadagnato (Fig. 71). Possono essere utilizzate successivamente durante la fase di recupero degli incisivi laterali qualora si decidano di impiegare archi NiTi a sezione piccola (.012 o .014).

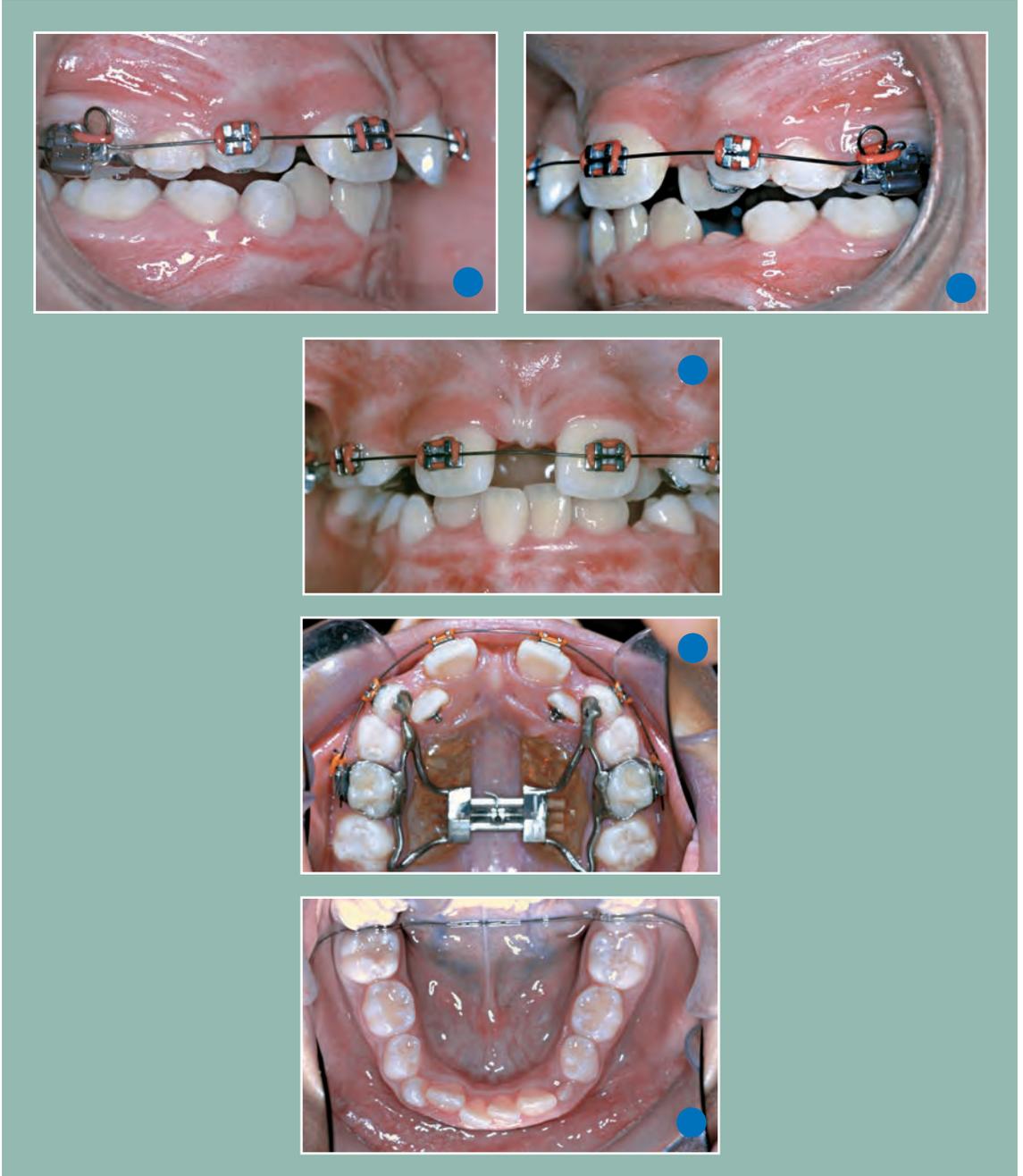


Fig. 71

Nell'arcata mascellare, durante la chiusura degli spazi con arco .019x.025 acciaio, sono utilizzate legature Slide nel settore posteriore per facilitare lo scorrimento del filo e legature elastiche nel settore anteriore per controllare il torque (Fig. 72).

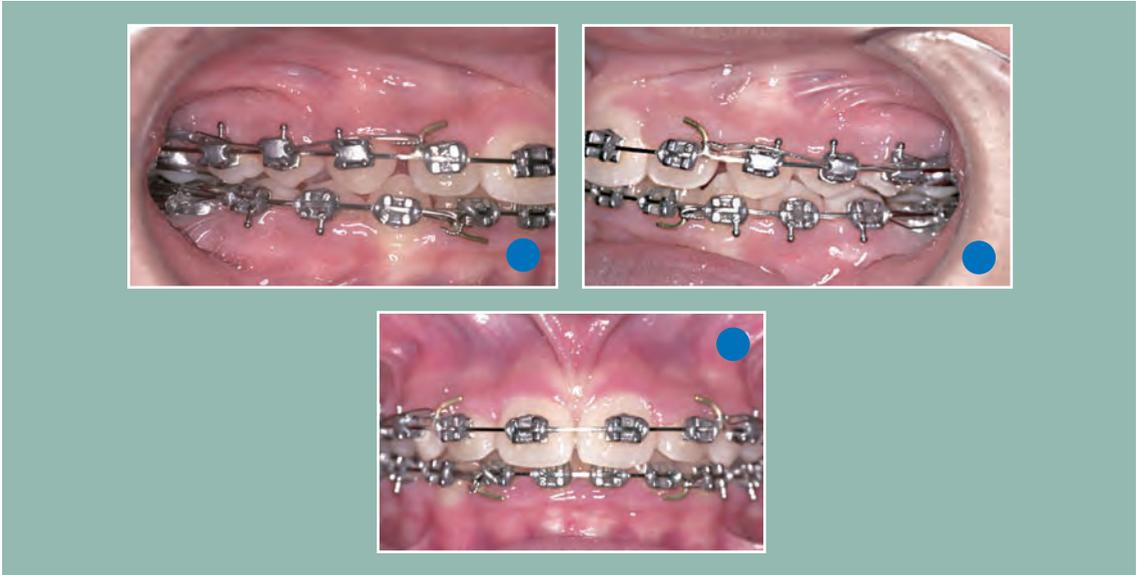


Fig. 72

A fine trattamento risulta gradevole il profilo e l'estetica del sorriso. Un buon risultato occlusale è raggiunto nel rispetto della tipologia scheletrica della paziente (Figg. 73-76).

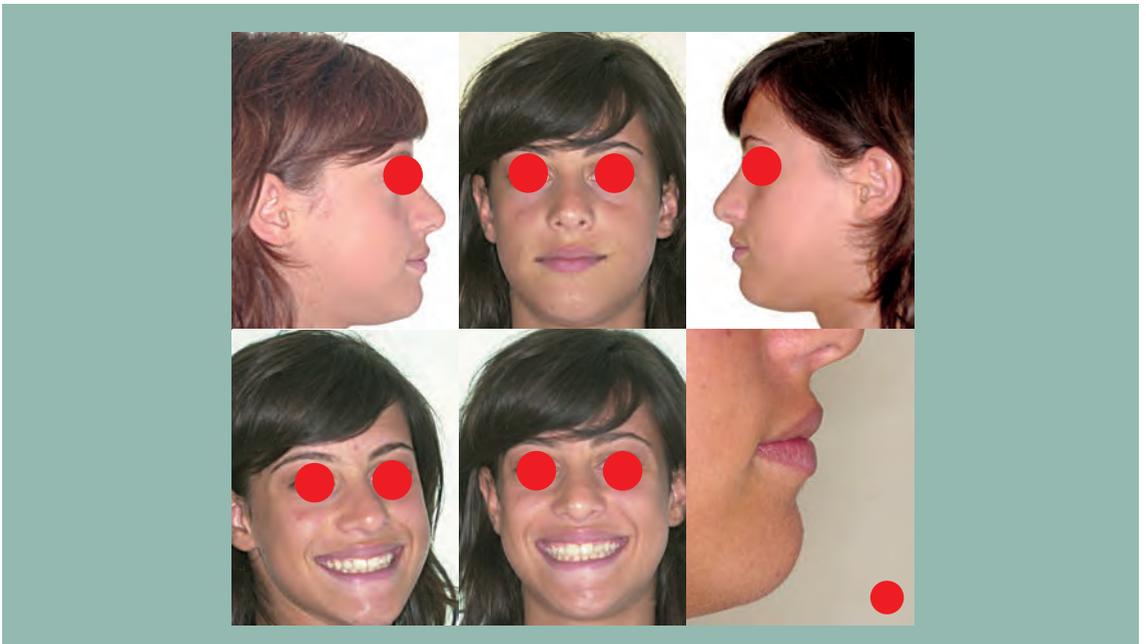


Fig. 73

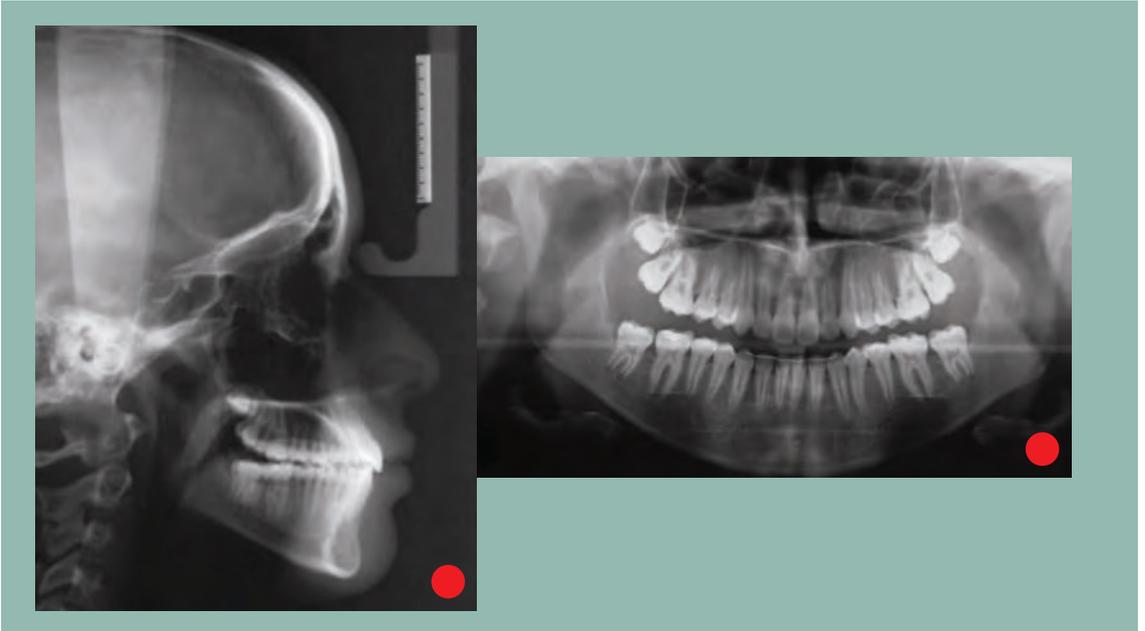


Fig. 74

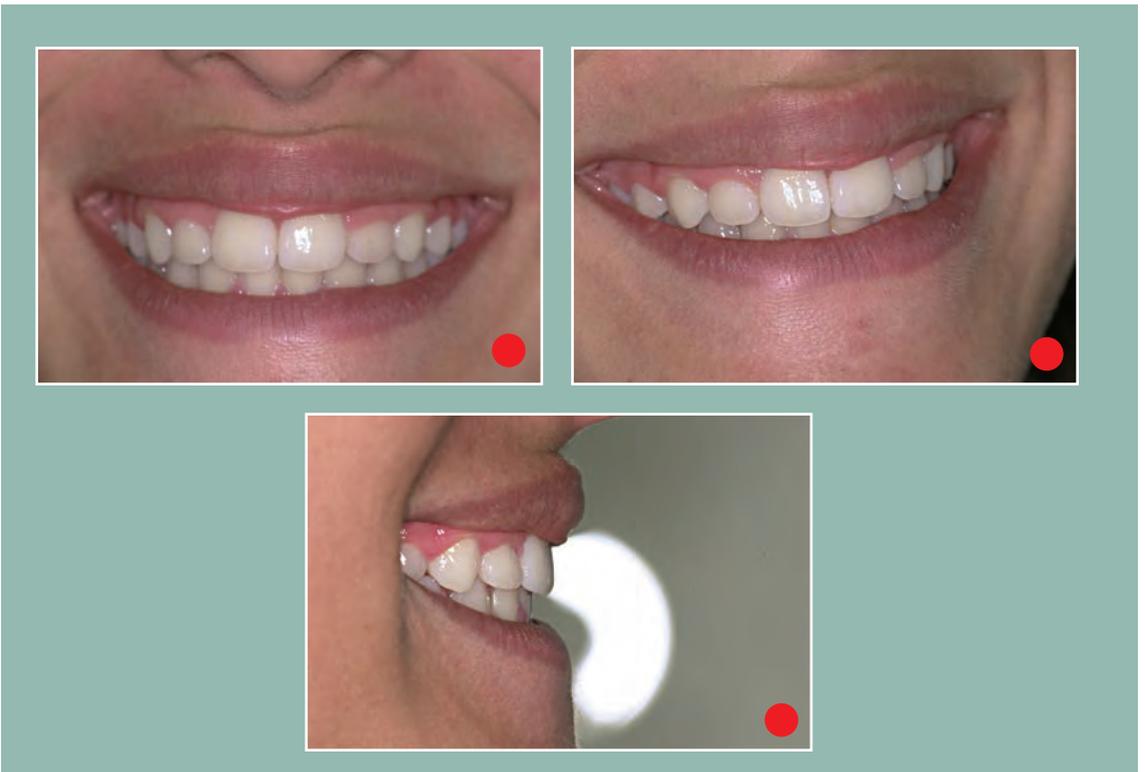


Fig. 75



Fig. 76

## CASE REPORT 2. Trattamento intercettivo di classe I iperdivergente biprotruso con estrazioni

Paziente di sesso maschile, età 10,5, con una tipologia scheletrica iperdivergente e di classe I (Figg. 77-79). Una leggera biprotrusione risulta dall'esame del profilo facciale. Gli incisivi superiori ed inferiori risultano proclinati, mentre i rapporti dentali sagittali sono di classe I. Le arcate mascellare e mandibolare presentano un affollamento medio.

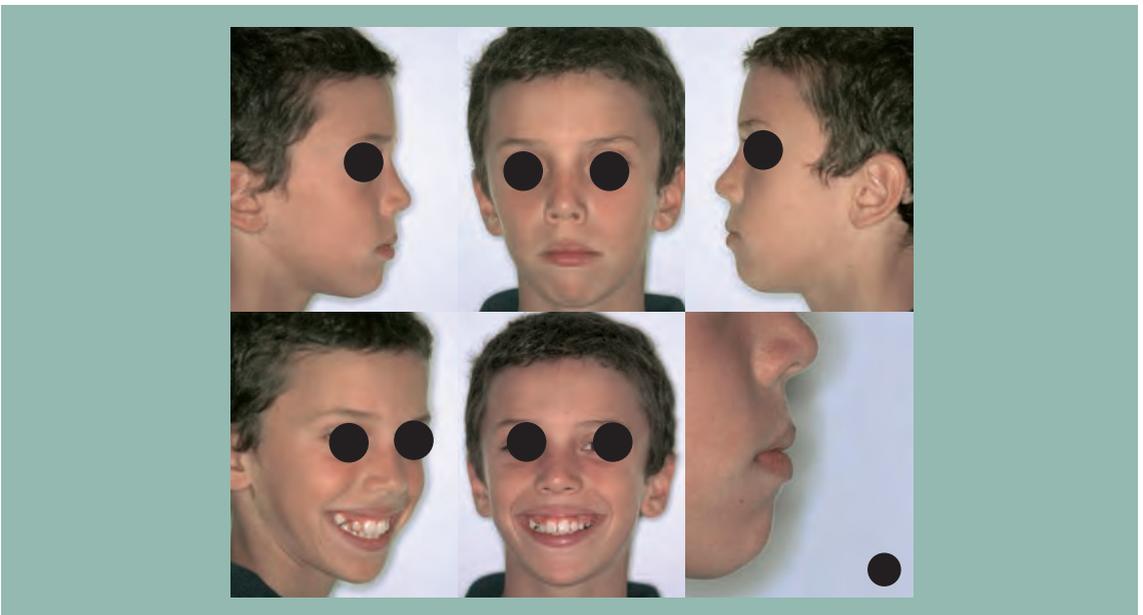


Fig. 77

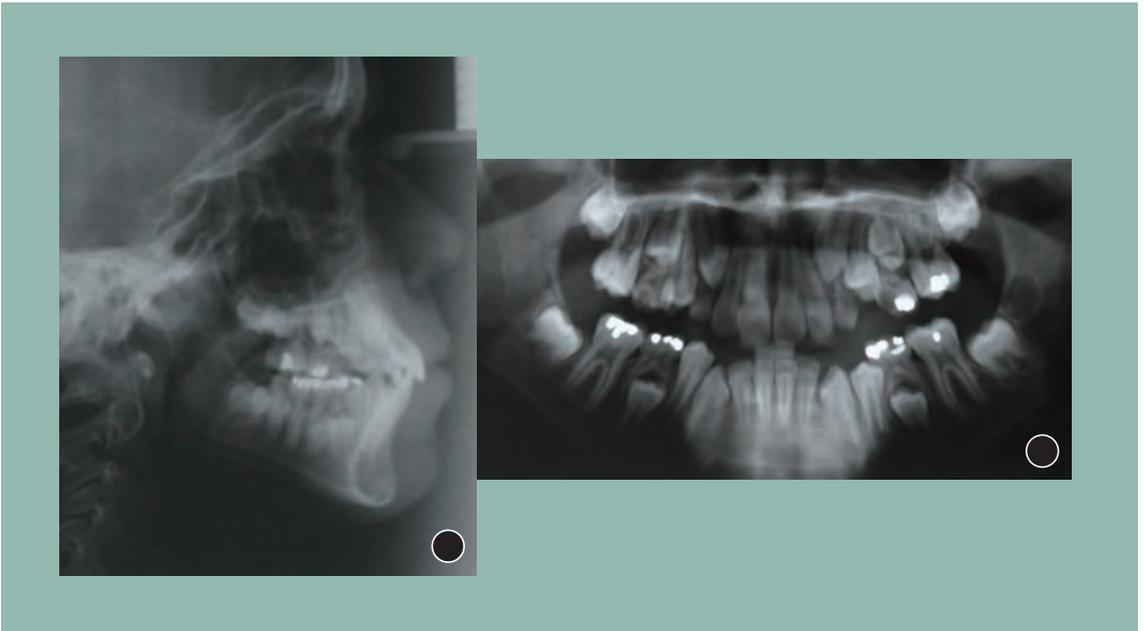


Fig. 78



Fig. 79

A causa della tipologia scheletrica iperdivergente, dell'affollamento bimaxillare e della proclinazione incisale è pianificata una terapia con estrazione dei quattro primi premolari.

Oltre che nella fase di livellamento e di allineamento, legature Slide vengono utilizzate durante la fase di chiusura spazi, con archi .019x.025 acciaio e tie-backs elastici, per facilitare lo scorrimento del filo nei settori posteriori (Fig. 80).

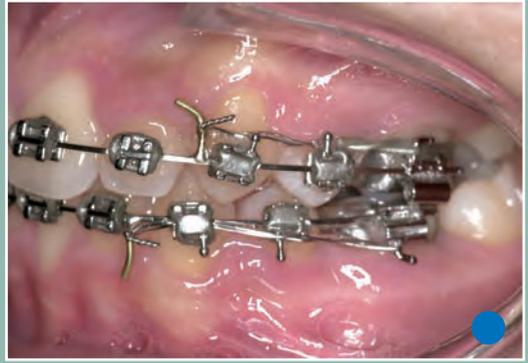
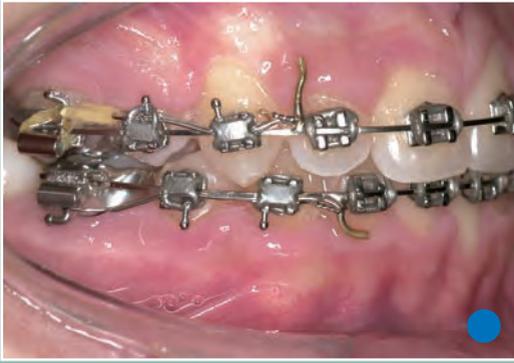


Fig. 80

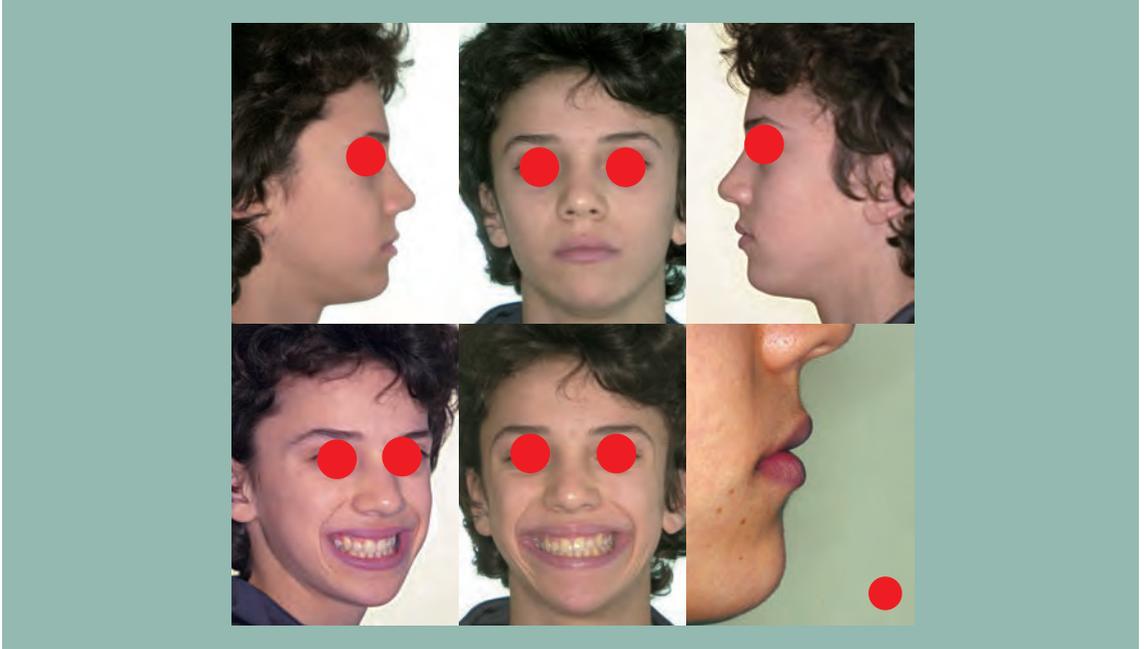


Fig. 81

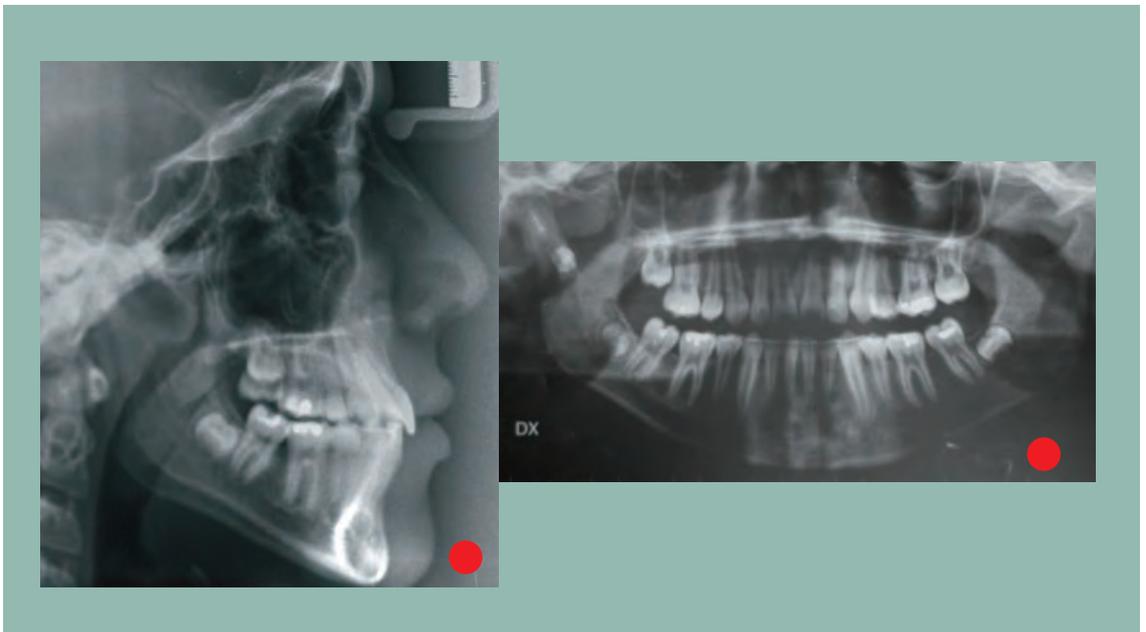


Fig. 82

La biprotrusione del paziente appare ridotta e buona risulta l'estetica del sorriso (Figg. 81-83).  
L'inclinazione degli incisivi è corretta e l'occlusione soddisfacente.

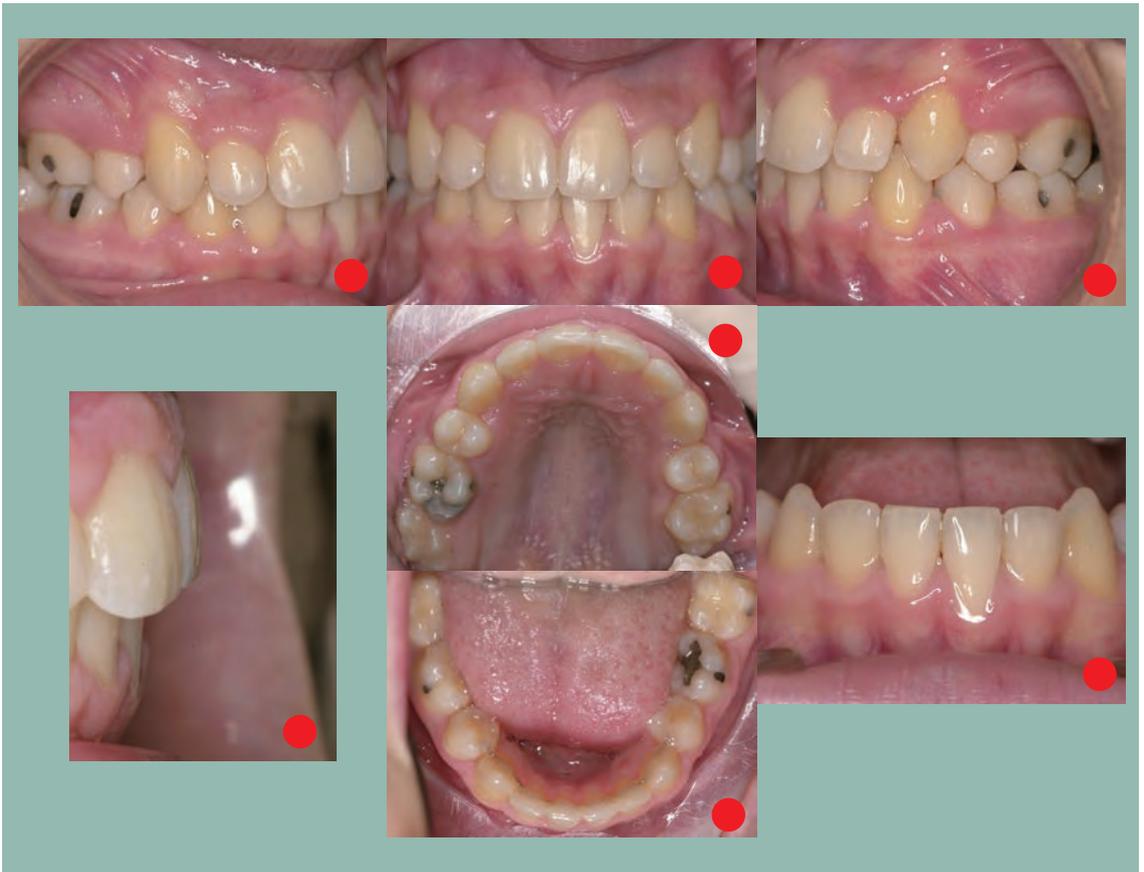


Fig. 83

### CASE REPORT 3. Trattamento di classe II div 1 con estrazioni in dentizione permanente

Paziente di sesso maschile, età 13.10, con una tipologia scheletrica normodivergente e di classe II. I rapporti dentali sagittali sono di classe II, mentre le arcate mascellare e mandibolare presentano un affollamento severo (Figg. 84-86).



Fig. 84

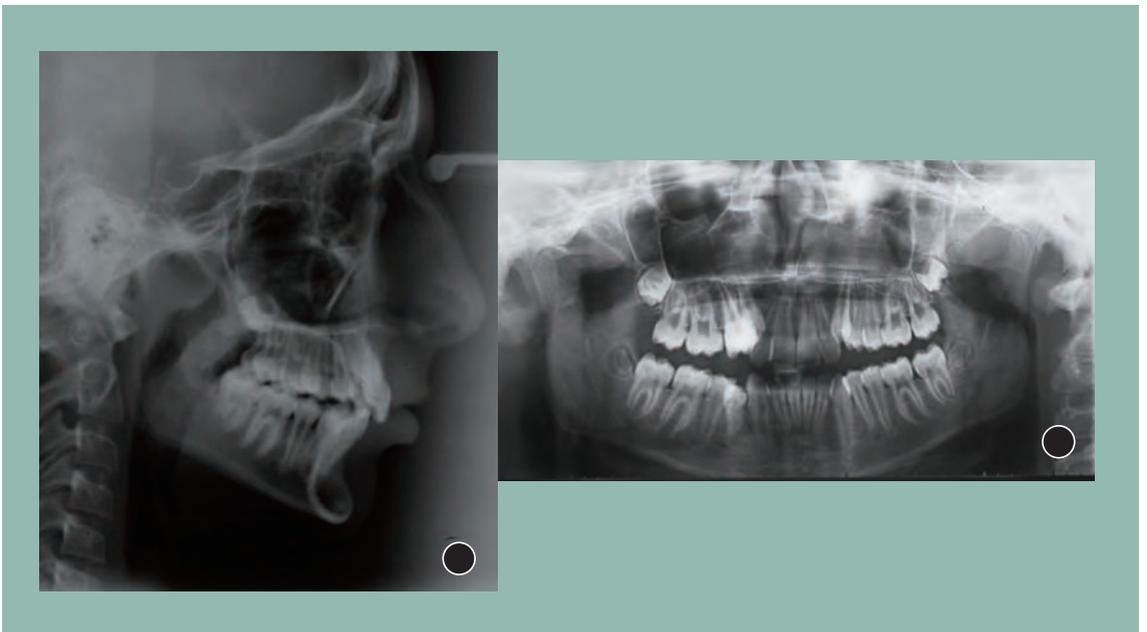


Fig. 85

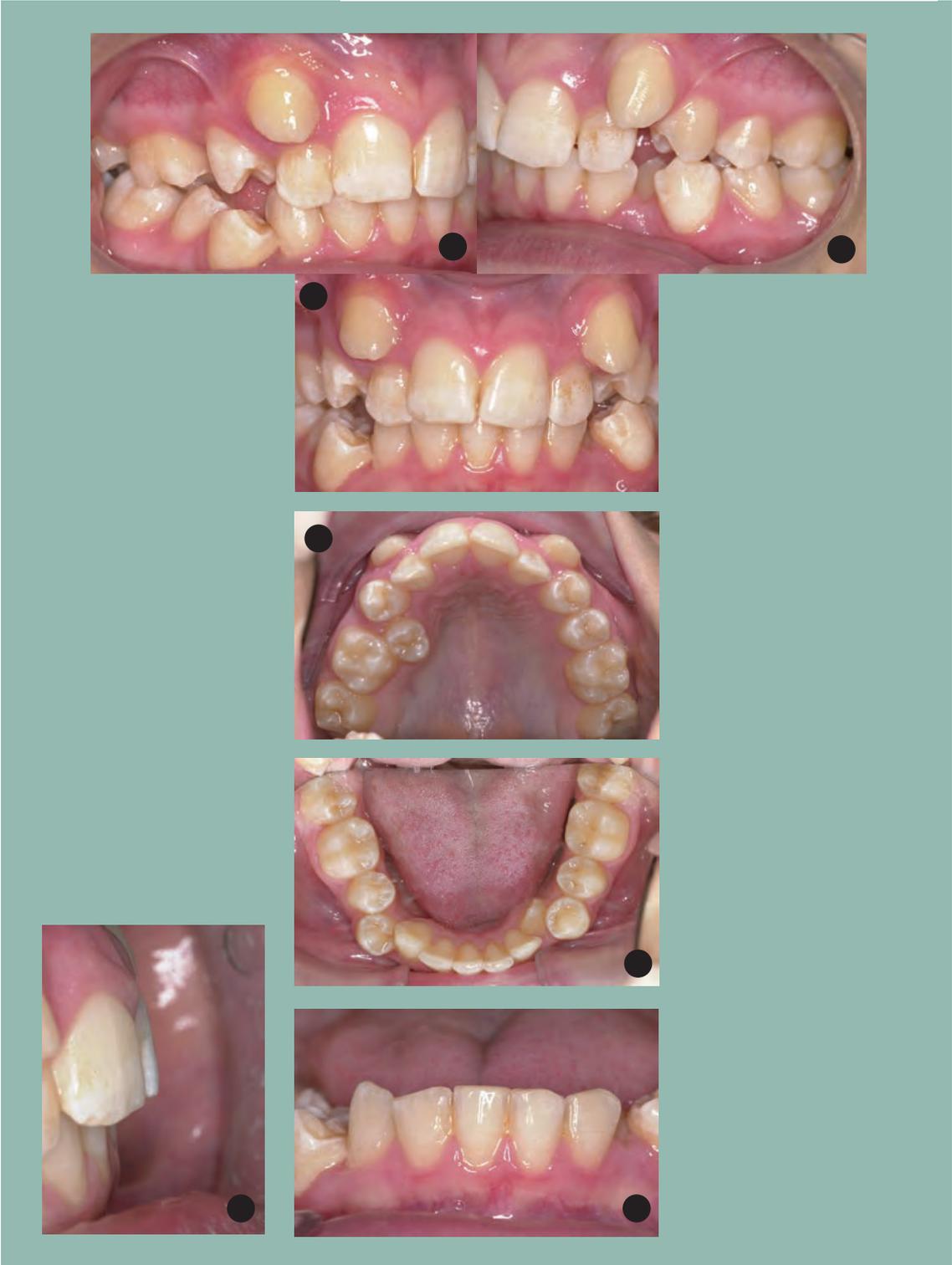


Fig. 86

Anche nei trattamenti estrattivi è possibile ricorrere all'espansione rapida del mascellare superiore per risolvere il concomitante deficit scheletrico trasversale (Fig. 87).



Fig. 87

Archi sottili NiTi (.014) vengono utilizzati nelle prime fasi del trattamento in combinazione alle legature Slide. Lace-backs vengono comunque utilizzati per impedire i movimenti di mesializzazione a carico delle corone dei canini (Fig. 88).



Fig. 88

Gli spazi estrattivi si chiudono già durante le fasi di livellamento e di allineamento, prima delle meccaniche di chiusura spazi con archi .019x.025 acciaio (Fig. 89). Due palline di composito fluido sono realizzate sull'arco tra i due incisivi centrali superiori per limitare lo scorrimento del filo ed impedirne la fuoriuscita dai tubi dei secondi molari con conseguente discomfort per il paziente.



Fig. 89

La visione di insieme delle prime fasi terapeutiche evidenzia la semplicità con la quale si realizzano il livellamento e l'allineamento con quasi immediata chiusura degli spazi estrattivi e costituzione di una iniziale forma d'arcata (Fig. 90).

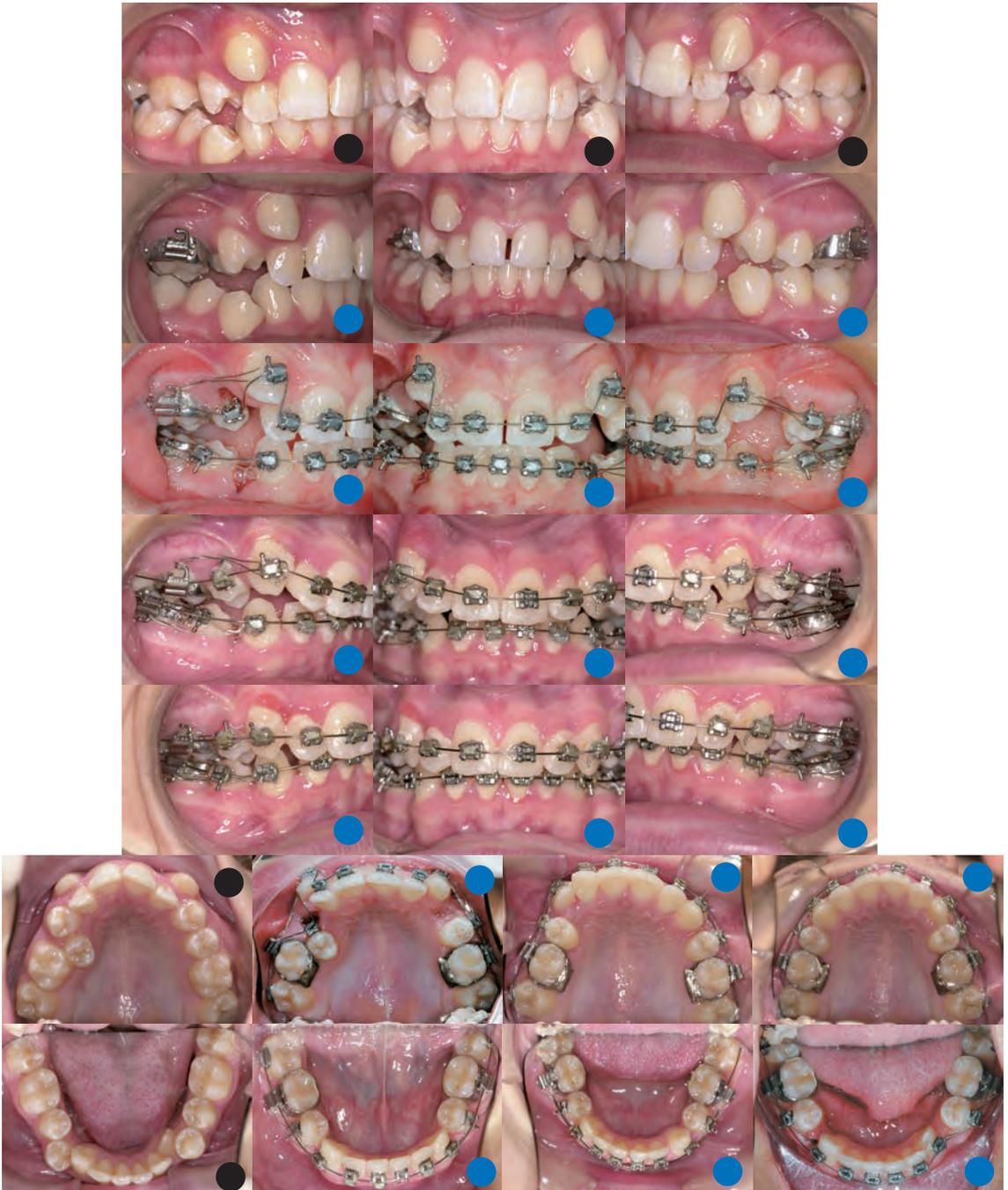


Fig. 90

#### CASE REPORT 4. Trattamento intercettivo di classe III senza estrazioni

Paziente di sesso femminile, età anni 9.6, con una tipologia scheletrica normodivergente con biretrusione e classe III ( $ANB=-1^\circ$ ; Figg. 91 e 92). E' presente una dentizione mista con rapporti molari di classe I, l'arcata mandibolare è di forma regolare senza affollamento mentre l'arcata mascellare risulta stretta nell'area della premaxilla e di forma triangolare.

Cross-bites sono presenti nei settori medi delle arcate (Fig. 93).



Fig. 91



Fig. 92

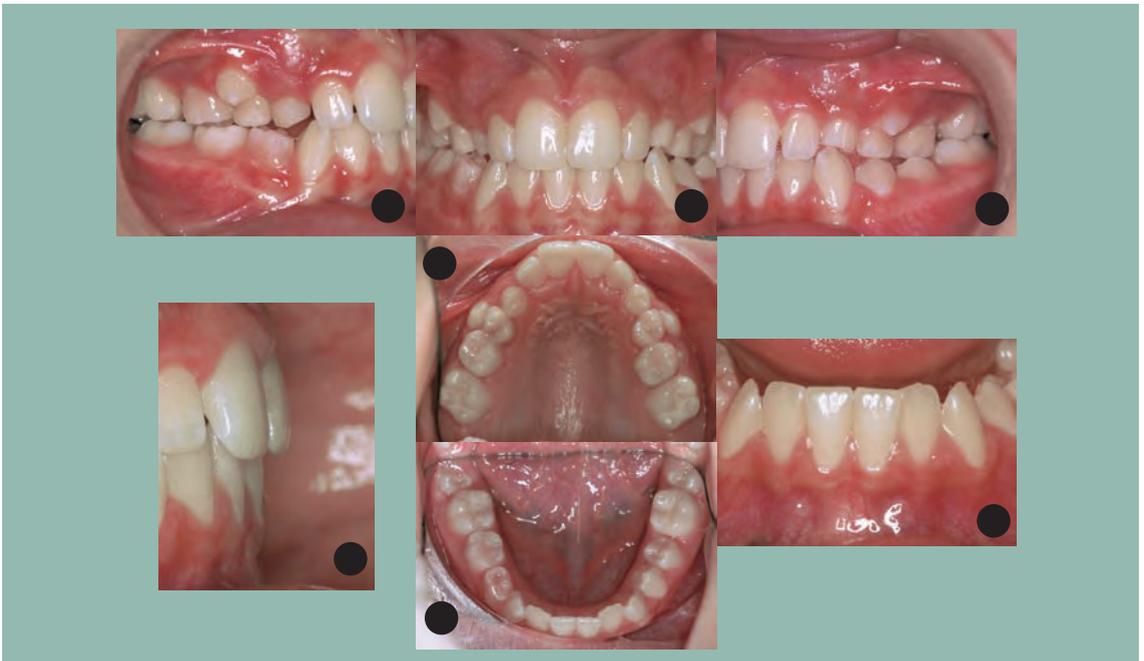


Fig. 93

Si intraprende una terapia che prevede l'espansione ortopedica dell'arcata mascellare e l'applicazione di una apparecchiatura multi-attacchi (Step) nelle due arcate. Nelle prime fasi della terapia, come spiegato in precedenza (vedi case report 1) non sono necessari sistemi a bassa frizione, ma il controllo sagittale dell'arcata superiore (Fig. 94).



Fig. 94

Nella fase di chiusura degli spazi distali agli incisivi laterali sono utilizzati archi .019x.025 in acciaio e sistemi posteriori a bassa frizione: legature Slide vengono applicate su canini e premolari (Figg. 95 e 96).



Fig. 95



Fig. 96

Un ottimo risultato estetico e una corretta occlusione sono raggiunti nel rispetto dell'armonia facciale della paziente (Figg. 97-100)

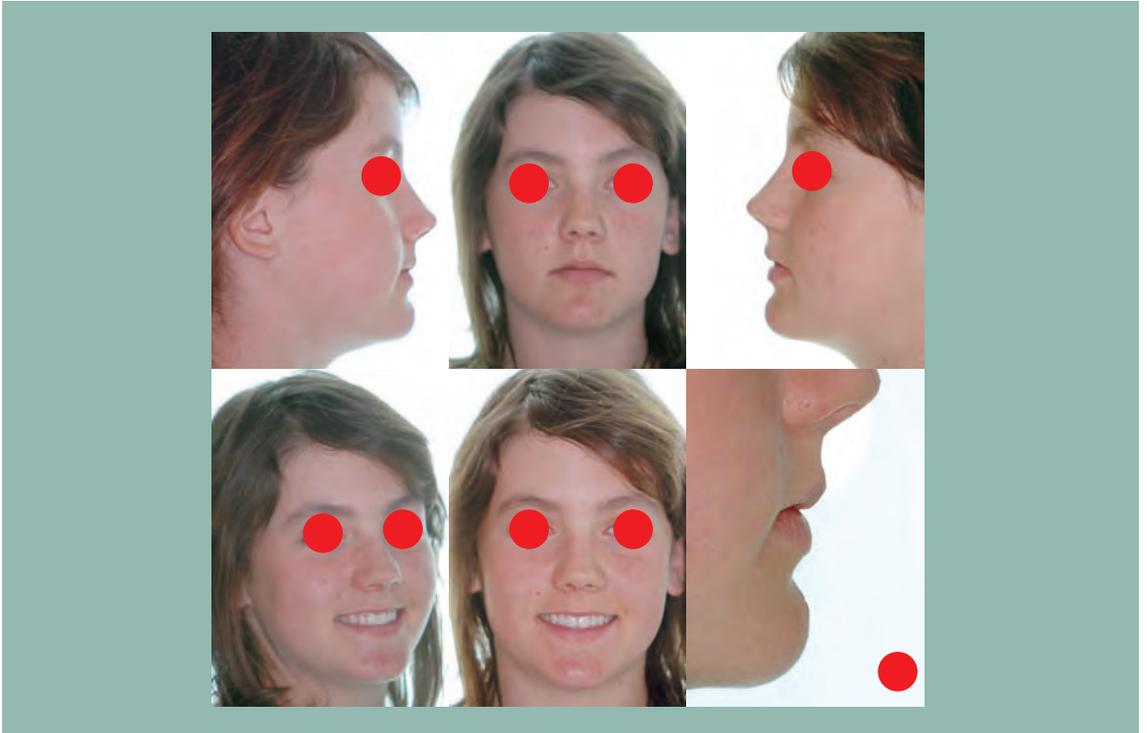


Fig. 97

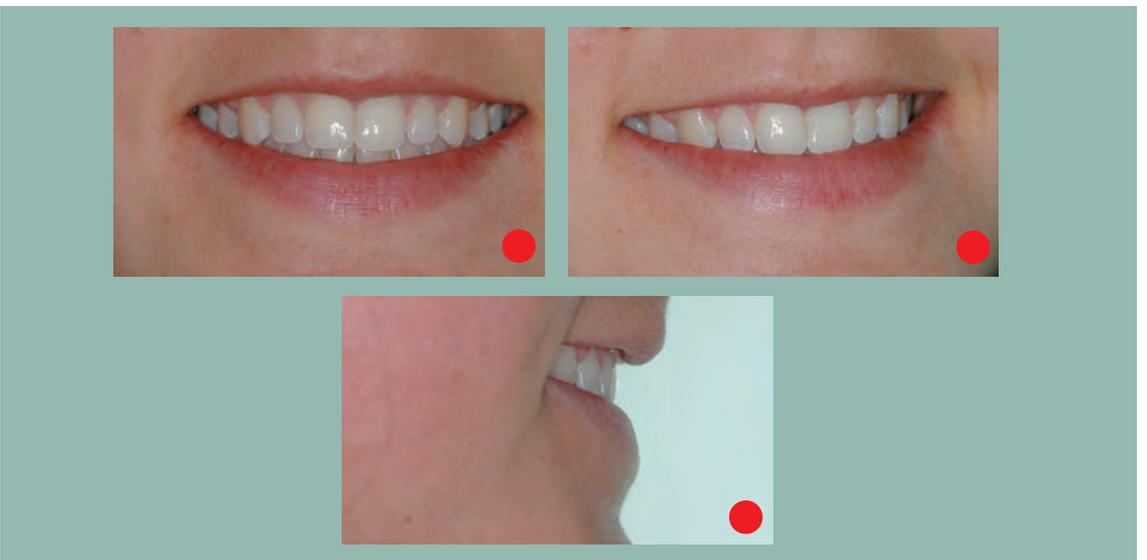


Fig. 98



Fig. 99



Fig. 100

## CASE REPORT 5. Trattamento di classe III senza estrazioni in dentizione permanente

Paziente di sesso maschile, età 14.4, normodivergente con rapporti scheletrici e dentali di classe III in dentizione permanente (Figg. 101-103).

Ad inizio trattamento il paziente presenta un affollamento lieve a carico dell'arcata mandibolare (Fig. 103). L'arcata mascellare appare contratta nella regione premaxillare.



Fig. 101



Fig. 102



Fig. 103

Si opta per un'espansione rapida del mascellare superiore seguita dall'applicazione di una trazione postero-anteriore, da portare 12 ore al giorno (Fig. 104).

La scelta di espansione ortopedica è decisa anche in virtù degli effetti di avanzamento del punto A e di mobilitazione delle suture causati dall'espansore rapido. Quest'ultima conseguenza può risultare utile per l'applicazione successiva della trazione postero-anteriore anche se, a causa dell'età del paziente, gli effetti scheletrici della trazione sono minimi.



Fig. 104

Durante la chiusura degli spazi con .019x.025 acciaio, nell'arcata superiore sono utilizzate legature Slide nel settore posteriore (Fig. 105). Nel settore anteriore è utilizzata una catenella elastica per chiudere gli spazi anteriormente e concentrarli distalmente agli incisivi laterali.



Fig. 105

A fine terapia il risultato sembra soddisfacente in termini di estetica e di funzione (Figg. 106 e 108). Sfavorevole risulta la prognosi dei terzi molari (Fig. 107).

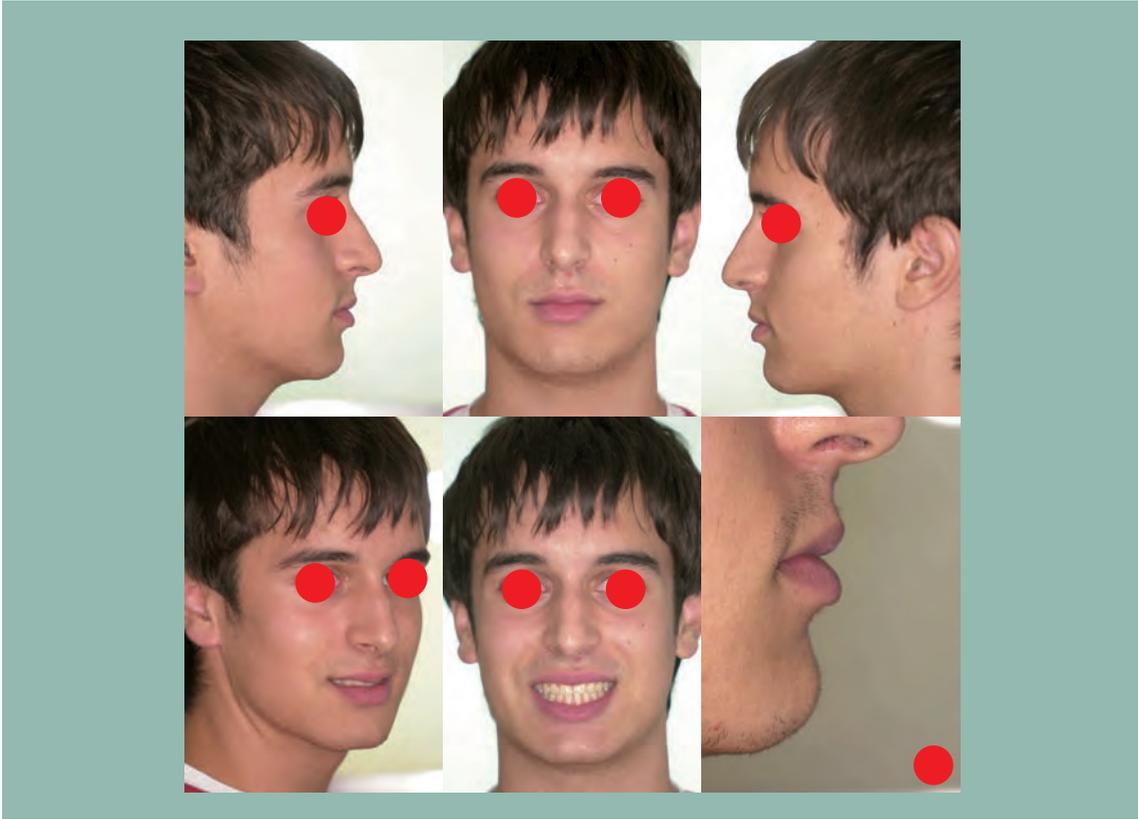


Fig. 106

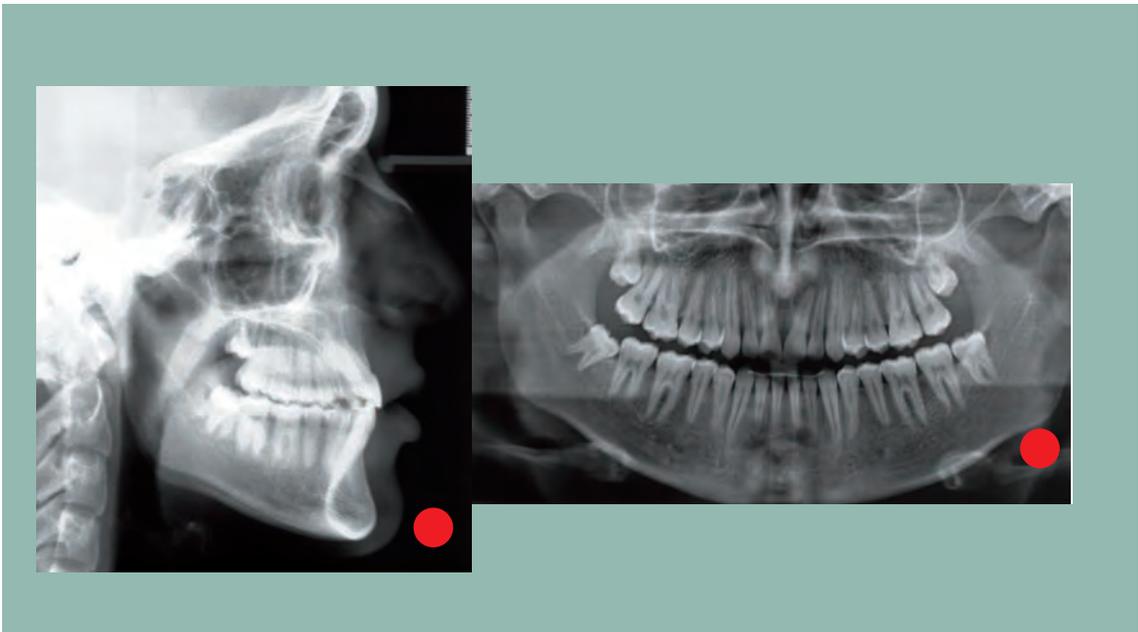


Fig. 107

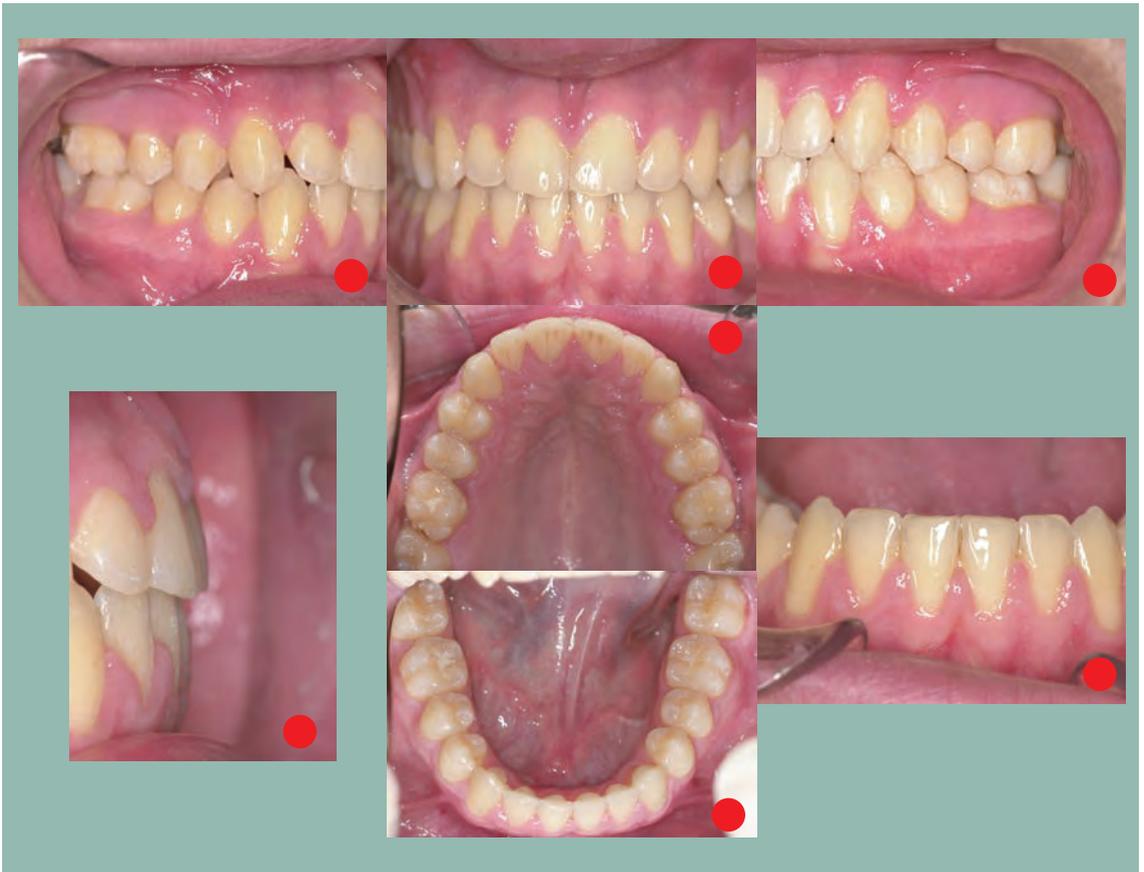


Fig. 108

## CASE REPORT 6. Finalizzazione ortodontica nel paziente DTM con arcate mutilate ed affollate

Paziente di sesso femminile, età 41, ipodivergente con rapporti scheletrici di classe II (Figg. 109 e 110). E' presente una sintomatologia algico-disfunzionale.

I dischi articolari sono dislocati anteriormente con riduzione. Risultano mancanti diversi elementi dentali: 22, 36, 32 e 46 (Fig. 111). I rapporti dentali risultano di classe I a destra e di classe II a sinistra. Il morso è profondo.



Fig. 109

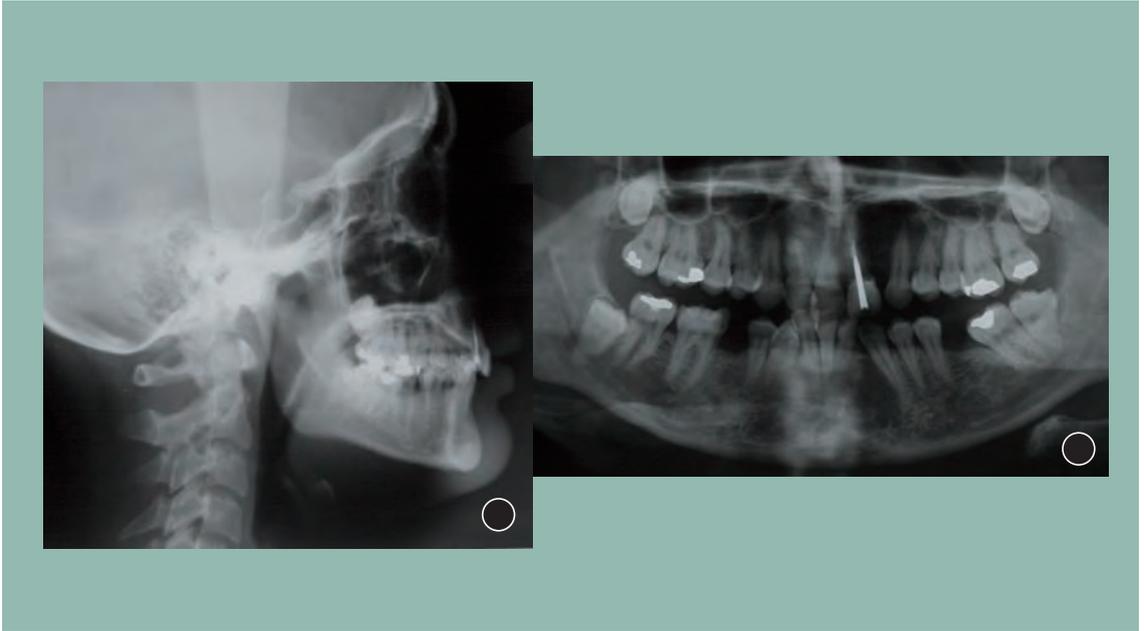


Fig. 110

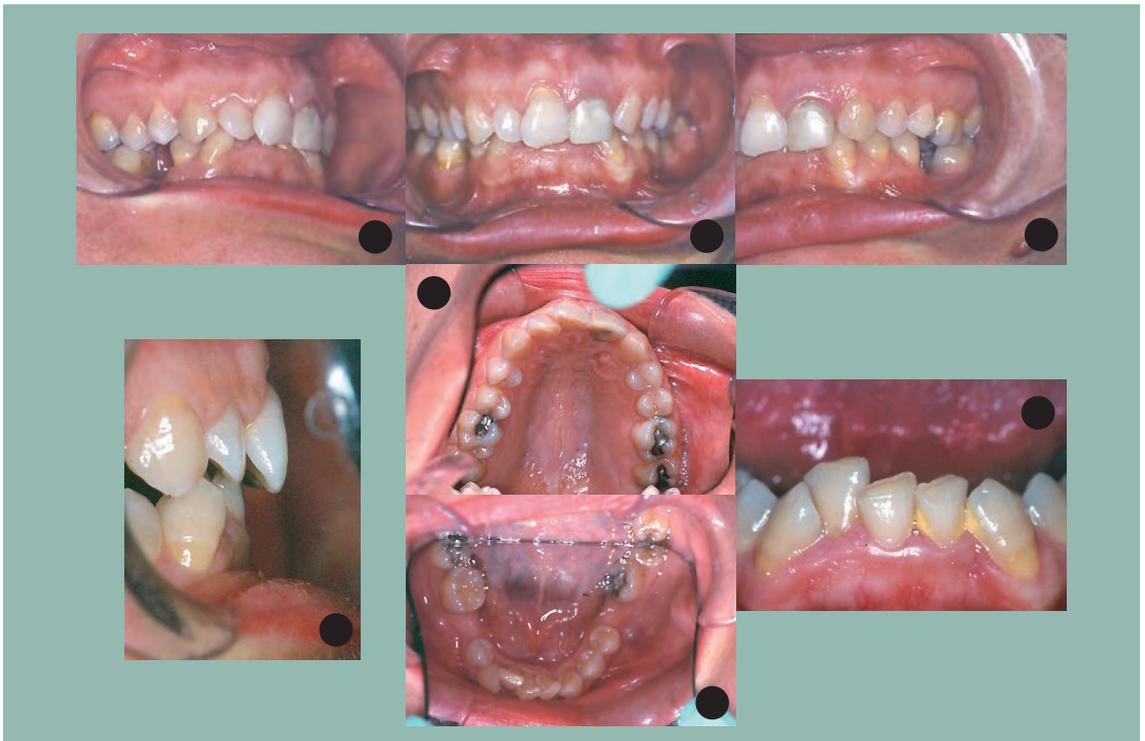


Fig. 111

E' intrapresa dapprima una terapia di 8 mesi con splint superiore di svincolo al fine di risolvere la sintomatologia algico-disfunzionale. Migliorati permanentemente i segni e i sintomi DTM, si procede alla finalizza-

zione ortodontica con il bandaggio dell'arcata inferiore e del gruppo frontale superiore, mantenendo lo splint di svincolo (tecnica sec. McLaughlin). Il piano di trattamento prevede il recupero dello spazio di 36 e 46, la correzione del morso profondo, soprattutto grazie alla proclinazione degli incisivi, la chiusura degli spazi di 22 e 32 e le coronoplastiche di 23 e 33. La normalizzazione della festonatura gengivale è programmata mediante posizionamento strategico degli attacchi, implanto-protesi (dopo estrusione forzata/estrazione di 21 per migliorare il difetto osseo) ed eventuale chirurgia parodontale. Il rifiuto della paziente delle ultime due opzioni, costringe ad accettare una nuova corona definitiva sul 21. Già dalle prime fasi, per facilitare l'allineamento e il livellamento, vengono utilizzate le legature Slide (Fig. 112).



Fig. 112

Anche le fasi successive dell'allineamento e del livellamento, che comportano il completamento del bandaggio e la sospensione definitiva dello splint superiore, vengono favorite dall'utilizzo delle legature Slide (Fig. 113).



Fig. 113

I summenzionati obiettivi del trattamento sono sostanzialmente raggiunti:

- > l'estetica della faccia è migliorata;
- > i rapporti occlusali sono corretti;
- > l'affollamento e il dislivellamento sono risolti;
- > la festonatura gengivale risulta più armoniosa;
- > il morso si è aperto;
- > si sono ottenuti gli spazi per 36 e 46. (Figg. 114-116).



Fig. 114

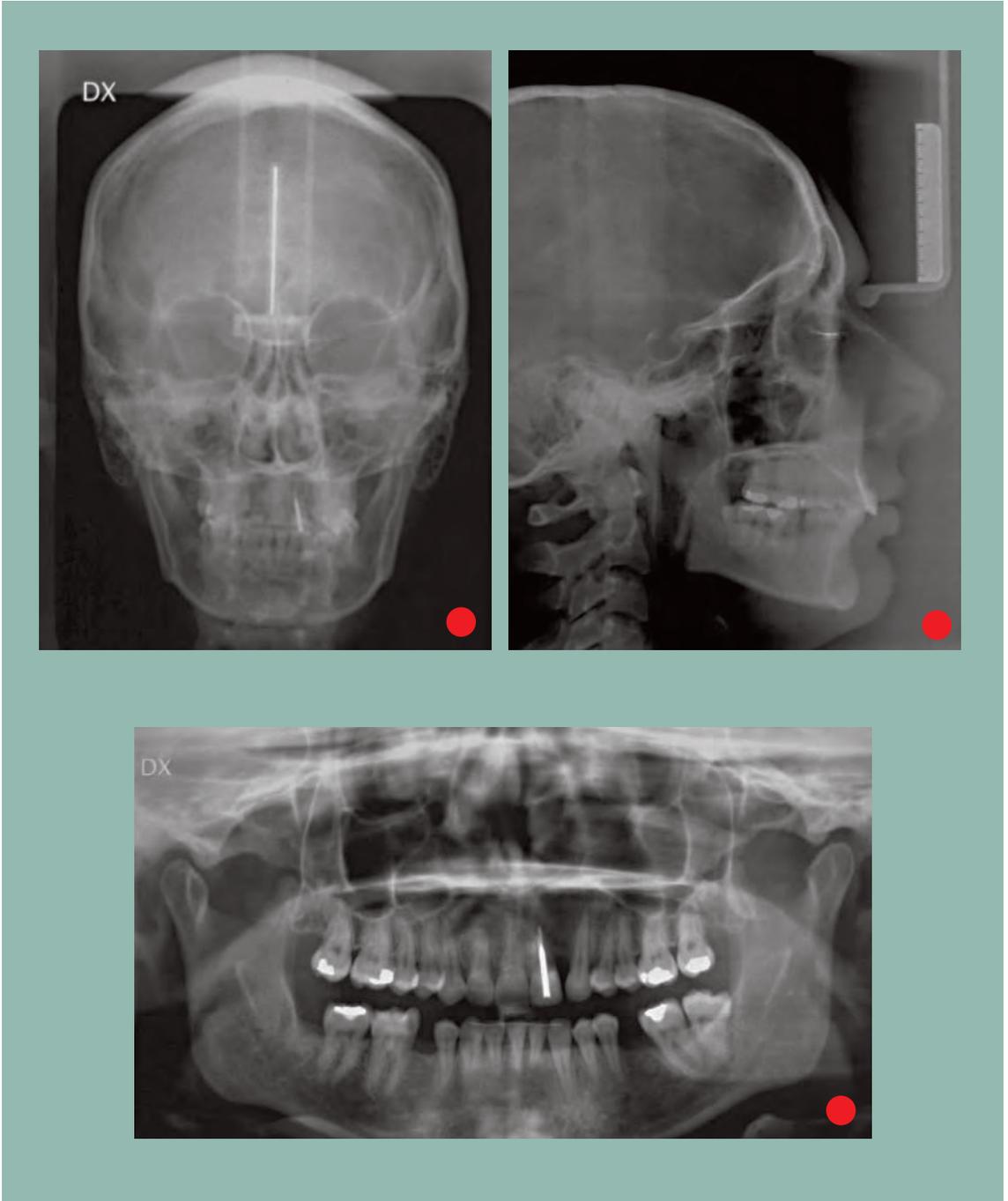


Fig. 115



Fig. 116

L'estetica del sorriso risulta decisamente migliorata (Fig. 117).



Fig. 117

## CASE REPORT 7. Trattamento multidisciplinare nel paziente adulto chirurgico.

Paziente di sesso maschile, di anni 28.2, con rapporti scheletrici e dentali di classe III, deficit trasversale del mascellare superiore soprattutto evidente a livello premaxillare, cross-bite quasi totale degli elementi dentali superiori, affollamento dentale mascellare e mandibolare, faccette di abrasione dentale diffuse (Figg. 118-120).

Dal punto di vista funzionale il frenulo linguale corto determina una postura bassa della lingua che favorisce il mantenimento se non il peggioramento della anomalia oclusale e scheletrica. L'entità di tale discrepanza scheletrica accompagnata da un'estetica del sorriso insoddisfacente ci induce ad intraprendere una terapia che consideri l'intervento chirurgico.



Fig. 118

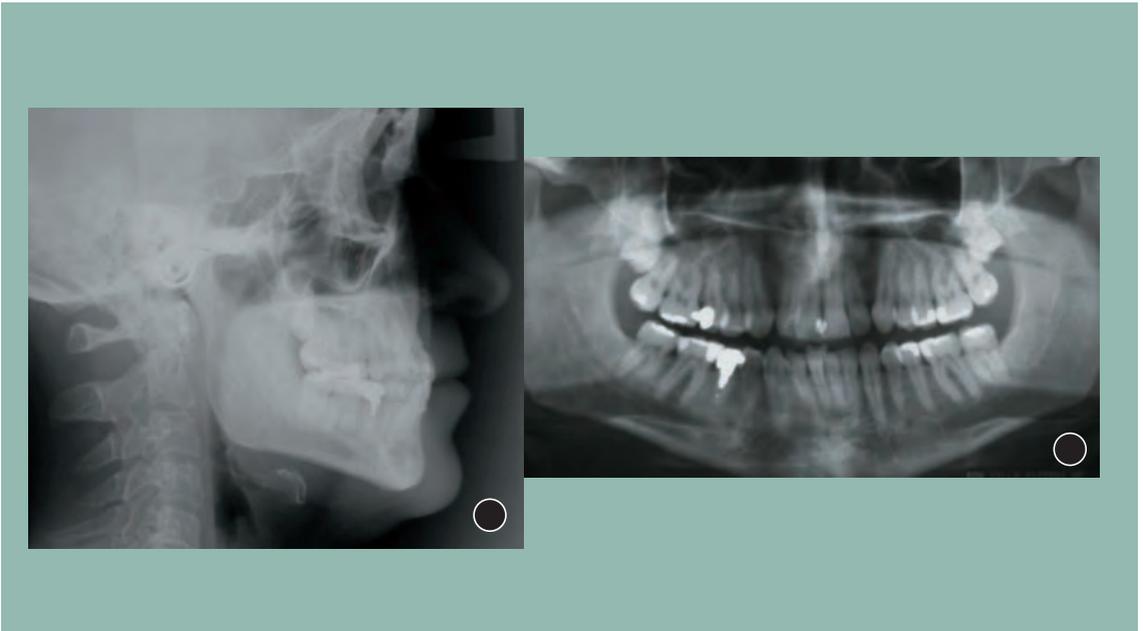


Fig. 119

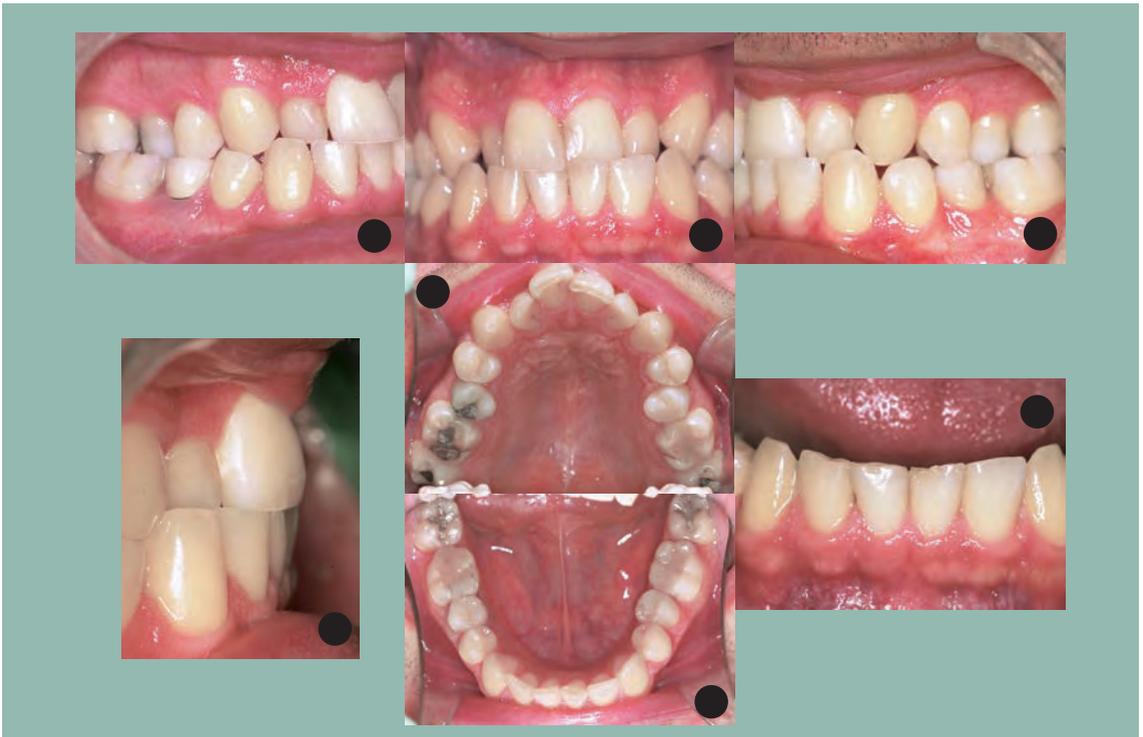


Fig. 120

Il paziente si sottopone così a espansione rapida chirurgicamente assistita (Fig. 121) e frenulotomia linguale seguite da trattamento ortodontico con apparecchiature fisse straight-wire secondo la filosofia Step &

Slide. Dopo la fase di allineamento e livellamento post-espansione (Fig. 121), la chiusura degli spazi necessita di massimo controllo tridimensionale nel settore anteriore dell'arcata superiore e quindi del torque. Nei settori posteriori dell'arcata la meccanica di sliding prevista deve essere favorita da sistemi a bassa frizione per poter utilizzare forze ridotte e controllo dell'ancoraggio del gruppo incisale. Tale considerazione è determinante nei casi di classe III con cross-bite anteriore. Sono dunque utilizzati moduli elastici tradizionali e/o catenelle elastiche ad alta frizione anteriormente e legature Slide nei settori posteriori, da canino a secondo molare, per ottimizzare lo scivolamento (Fig. 122).



Fig. 121



Fig. 122

L'utilizzo di elastici di intercuspidação e di controllo del morso (Fig. 123) consente di ottenere un buon ingranaggio in vista della fase di finitura (Fig. 124), durante la quale si lavora alla riduzione dei triangoli neri mediante pieghe di overtip sugli incisivi (pieghe estetiche), odontoplastica del margine incisale dei centrali superiori ed inferiori (Fig. 125), splintati entrambi con retainer fisso.



Fig. 123



Fig. 124



Fig. 125

Il risultato a fine trattamento è assai soddisfacente sia dal punto di vista dell'estetica del volto che di quella del sorriso (Fig. 126 e 127).

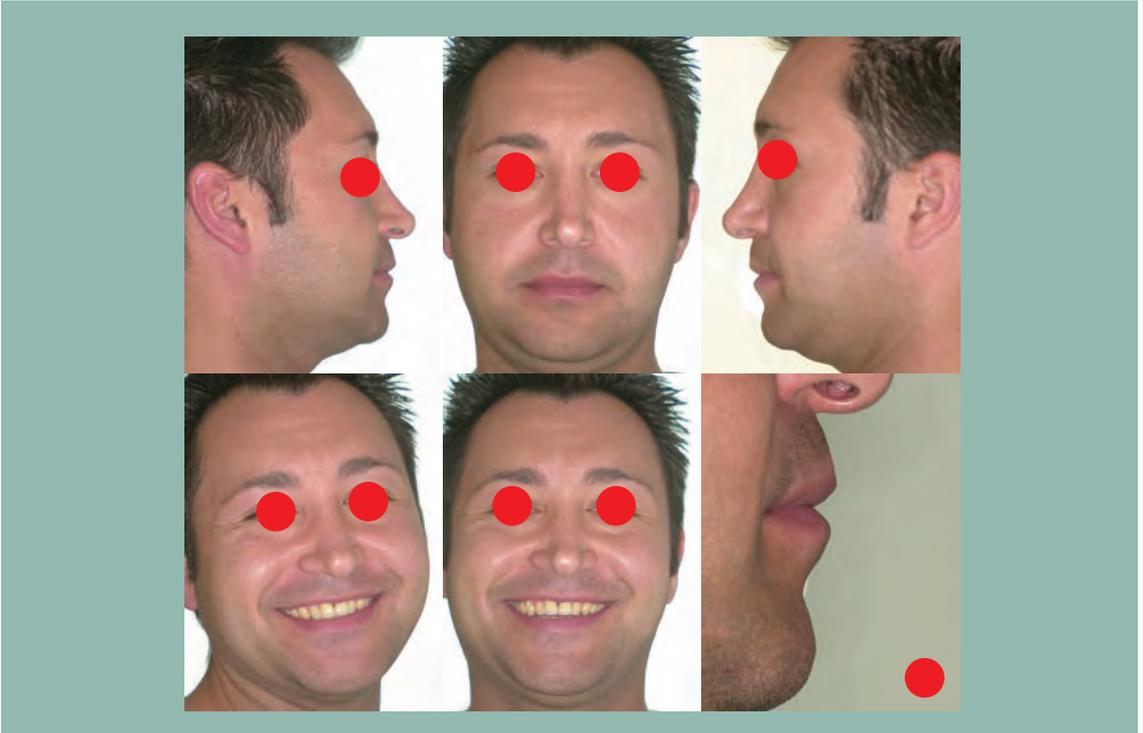


Fig. 126



Fig. 127

L'armonia raggiunta dei rapporti scheletrici è documentata dalle teleradiografie del cranio in latero-laterale e in postero-anteriore, così come il buon parallelismo delle radici dentali dall'ortopantomografia (Fig. 128).



Fig. 128



Fig. 129

L'occlusione rivela una perfetta classe I con le sei chiavi dell'occlusione di Andrews e gli obiettivi dell'occlusione funzionale di Roth raggiunti con successo (Figg. 129-132).



Fig. 130



Fig. 131



Fig. 132

E' evidente il miglioramento estetico funzionale ottenuto osservando il before - after del caso (Fig. 133).



Fig. 133

### CASE REPORT 8. Step & Slide e ortodonzia estetica

Paziente di sesso femminile, età 25, con una tipologia scheletrica normodivergente e di classe III (Fig. 134 e 135). I rapporti molarli risultano di classe I, mentre quelli canini sono di leggera classe II. Spaziature sono presenti nelle due arcate (Fig. 136).



Fig. 134



Fig. 135



Fig. 136

La combinazione degli attacchi estetici Aqua e delle legature Slide Aqua permette di ottenere sistemi a bassa frizione estetici (Fig. 137), e di raggiungere risultati finali esteticamente e funzionalmente eccellenti (Figg 138-140)



Fig. 137

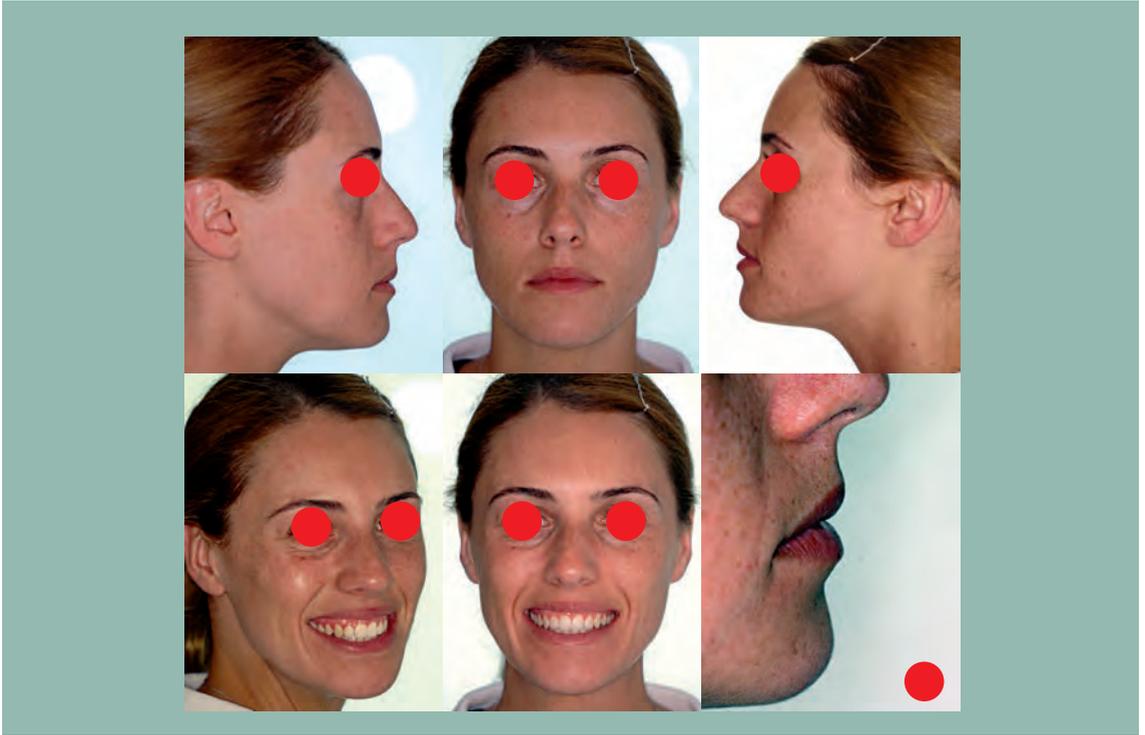


Fig. 138

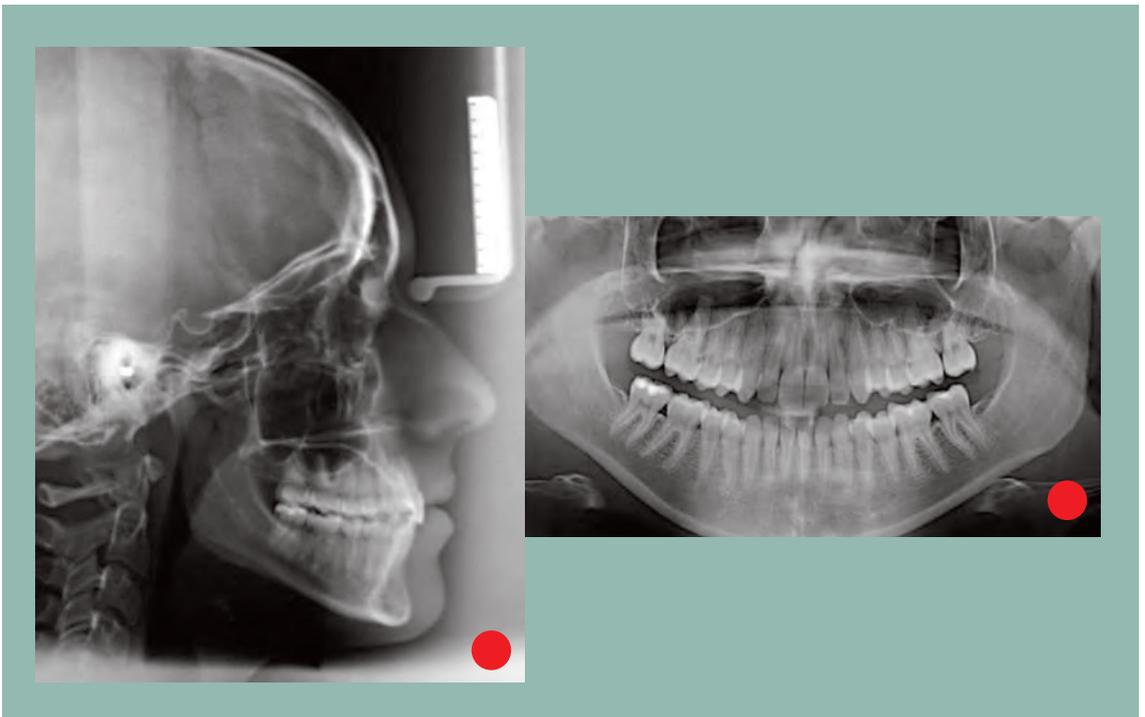


Fig. 139



Fig. 140

## FRIZIONE: MITO O REALTA'?

### Recenti acquisizioni, attuali orientamenti, prospettive future

Dall'analisi della letteratura scientifica più recente in tema di Low Friction, riteniamo opportuno riportare il pensiero di alcuni autori che hanno dedicato la loro attenzione allo studio dell'argomento con le sue implicazioni cliniche rispondendo ad alcuni dei quesiti che gli ortodontisti più frequentemente si pongono.

#### *1) Come è possibile diminuire la forza frizionale, aumentando l'efficienza del trattamento ortodontico?*

Secondo Franchi, Baccetti et coll.<sup>53,54</sup> durante un trattamento ortodontico una forza frizionale si produce fra l'unità attacco/arco/legature e tende a contrastare il movimento dentario desiderato. L'efficienza della terapia ortodontica fissa dipende dal rapporto dato dalla forza rilasciata rispetto alla forza applicata. Elevate forze frizionali dovute all'interazione fra brackets e arco possono coinvolgere in maniera negativa non solo i metodi e le proprietà del sistema di legatura fra attacco e arco, ma anche gli esiti e la durata del trattamento<sup>55</sup>. Il ruolo decisivo giocato dal tipo di legatura, nella frizione che si crea nell'unità attacco/arco/legatura, è evidenziato dalle recenti acquisizioni terapeutiche che utilizzano un nuovo concetto di intendere le legature (i sistemi di brackets self-ligating).

Questi sistemi presentano bassi livelli di frizione quando sono comparati con gli attacchi tradizionali con legature convenzionali.

Livelli ridotti di frizione durante il trattamento possono essere ottenuti anche con il posizionamento differenziale di legature elastomeriche convenzionali su speciali attacchi versatili<sup>56</sup> o usando moduli elastomerici lubrificati<sup>57</sup> oppure, in ultima istanza, usando le legature metalliche<sup>56,58</sup>.

Gli autori<sup>54</sup> affermano che innovative legature elastomeriche producono forze frizionali significativamente minori rispetto alle legature convenzionali, per cui possono essere una valida alternativa all'uso di attacchi autoleganti passivi, quando è richiesto un apporto minimo di frizione. La reale novità derivante dall'uso di tali legature consiste nel fatto che, con il loro utilizzo, è possibile rendere un sistema di attacchi convenzionali simile ad un sistema di attacchi low friction.

#### *2) Cosa può condizionare l'espressione della frizione generata e quindi del movimento dentale ?*

##### **a) Interfaccia arco-slot.**

Alcuni ricercatori hanno studiato le proprietà meccanico-fisiche delle leghe che comunemente utilizziamo in alcune fasi dei nostri trattamenti ortodontici. Liaw et coll.<sup>59</sup> hanno valutato come la formazione indotta da stress della martensite, che cambia l'elasticità e la rigidità del filo in NiTi, influenzi le meccaniche di scorrimento degli archi che guidano il movimento dentale.

La formazione di martensite, indotta da stress, riduce significativamente la rigidità e questo potrebbe esse-

re di beneficio per diminuire la frizione legata all'uso di fili superelastici in NiTi.

Liew et coll.<sup>59</sup> concludono il loro studio affermando che la frizione per sua natura è multifattoriale e auspicano la creazione di fili NiTi che tengano in considerazione le caratteristiche fisiche sopra riportate per diminuire la frizione che si genera usando archi in NiTi.

Tecco et coll.<sup>60</sup> hanno analizzato i rapporti frizionali fra varie combinazioni di attacchi, fili e legature, in uso nella terapia ortodontica. Questo studio ha utilizzato un apparato speciale che include 10 brackets allineati, per valutare la resistenza alla frizione generata da: attacchi convenzionali in acciaio, due tipi di attacchi autoleganti e legature elastiche non convenzionali con vari archi in Nickel-Titanio (NiTi), Beta-Titanio (TMA) e in Acciaio inossidabile (SS). Tutti i brackets avevano uno slot 0.022 inch e gli archi erano costituiti da: 0.016, 0.016 x 0.022 e 0.019 x 0.025 NiTi, 0.017 x 0.025 TMA e 0.019 x 0.025 SS.

Secondo gli autori<sup>60</sup> la maggiore frizione è stata riscontrata usando un arco 0.016 NiTi con attacchi convenzionali in SS, la minore frizione si è avuta utilizzando un tipo specifico di attacchi autoleganti usati in questo studio. Usando il filo 0.016 x 0.022 NiTi tutti e due i tipi di attacchi self ligating generavano la minore frizione in assoluto, mentre con fili 0.019 x 0.025 NiTi e 0.019 x 0.025 SS le legature elastomeriche non convenzionali hanno dimostrato avere il migliore comportamento in termini di resistenza alla forza frizionale rispetto agli altri gruppi.

Ancor più di recente, Kim et coll.<sup>61</sup> hanno comparato le forze frizionali generate da varie combinazioni di attacchi self-ligating, con misure di archi diverse, fabbricati in vari tipi di leghe e valutato quindi l'ammontare dello spostamento durante le fasi iniziali di livellamento, utilizzando un sistema appropriato basato su un tyodont realizzato per questo studio.

Sono stati usati 2 tipi di attacchi self ligating passivi e 3 attivi, testati con archi .014 e .016 austenitici NiTi e Cu-NiTi. Come controlli sono stati scelti due tipi di brackets convenzionali.

Le forze frizionali erano aumentate se si utilizzavamo archi Cu-NiTi rispetto agli austenitici NiTi delle stesse dimensioni.

Gli autori concludono che la combinazione di attacchi autoleganti passivi e archi in lega austenitica NiTi durante gli iniziali stadi di livellamento, produce meno forze frizionali rispetto alle altre combinazioni che impiegano attacchi autoleganti passivi e archi Cu-NiTi.

## **b) Legature.**

Grande risalto si dà attualmente anche alla natura delle legature utilizzate durante la terapia ortodontica. Fiorente è la ricerca in questo ambito, che mira a selezionare quali siano i sistemi di legature ortodontiche a più bassa frizione, partendo dal presupposto che la frizione è determinata principalmente dalla natura della legatura<sup>62,63</sup>.

In uno studio recente di Sirisaowaluk et coll.<sup>64</sup> si è cercato di scoprire se il tipo di legatura influenzi la resistenza alla frizione fra il filo in acciaio e il bracket quando il filo è sottoposto a ripetuti spostamenti vertica-

li. L'uso di otto tipi di legature diverse e di un filo in acciaio in una sequenza di tre attacchi gemellari, permette di dimostrare, quando il filo è soggetto a ripetuti spostamenti verticali in uno spazio simulato post-estrattivo, che la frizione allo scorrimento è maggiore quando le legature elastiche sono conformate ad 8, minore quando si utilizzano legature metalliche.

Gli autori<sup>64</sup> concludono che gli spostamenti ripetuti verticali del filo riducono la resistenza frizionale allo scorrimento con tutti i metodi di legatura, eccetto per quello costituito dalla legatura ad 8 con moduli elastici.

In uno studio in vitro Iwasaki et coll.<sup>65</sup> hanno confermato che, durante le meccaniche di scorrimento, dal 30% al 50% della forza totale di frizione generata da un attacco su un premolare dove alloggia un arco in acciaio .019x.025, dipende proprio dalla natura della legatura. Esistono vari metodi per poter ridurre questo tipo di frizione data dalla legatura: usare legature in acciaio; attacchi autoleganti e legature elastomeriche non convenzionali .

Franchi et coll.<sup>66</sup> hanno messo a confronto 4 diversi tipi di attacchi autoleganti e una legatura elastomerica non convenzionale , comparando, in vitro, i risultati delle forze di frizione generate dal loro utilizzo con le legature elastomeriche tradizionali su un arco .019 x .025 SS.

Si è riscontrata minore frizione usando attacchi autoleganti o legature elastomeriche non convenzionali su attacchi convenzionali, rispetto alle legature elastiche comuni, da impiegare in fasi specifiche della terapia, quando occorre maggiore frizione. Gli autori<sup>66</sup> affermano che l'uso delle legature elastiche non convenzionali dà risultati del tutto sovrapponibili, in termini di frizione prodotta, rispetto all'uso di brackets autoleganti passivi, per cui queste legature possono essere una valida alternativa all'uso di attacchi self-ligating.

In tema di frizione e sulla natura delle legature, vale la pena menzionare lo studio condotto da Gandini et coll.<sup>67</sup> in cui si ribadisce il concetto per cui, quando vengono usate biomeccaniche di scorrimento, la principale forza che contrasta il movimento dentale è la forza frizionale sviluppata dall'interazione fra lo slot dell'attacco e il filo ortodontico<sup>68,69</sup>. Durante il trattamento ortodontico con apparecchiature fisse la frizione dovrebbe essere mantenuta al minimo, per ottenere un'ottima risposta biologica per il movimento dentale. Lo scopo dello studio di Gandini et coll.<sup>67</sup> è stato quello di comparare la forza frizionale prodotta da attacchi autoleganti passivi e due tipi di legature elastiche su attacchi convenzionali, usando due tipi di archi (0.014" NiTi e 0.019 x 0.025 SS) in vitro.

I risultati di questo studio indicano che entrambi gli attacchi autoleganti e legature elastiche non convenzionali producono significativamente forze frizionali più basse se comparate con legature elastiche tradizionali su attacchi convenzionali, quando vengono usati fili in NiTi 0.014" e 0.019 x 0.025 SS.

Secondo una recente ricerca<sup>70</sup> eseguita in vitro, la frizione statica prodotta dall'applicazione del fluoro fosfato acidulato, usato solitamente in prevenzione odontoiatrica, è maggiore rispetto alla forza frizionale cinetica.

Simili forze frizionali sono state ottenute nel campione dove l'attacco e il filo sono stati immersi in saliva ad

un pH 6.75, il valore delle forze frizionali nel gruppo con il fluoro fosfato acidulato è più elevato rispetto a quello immerso nella saliva a pH 6.75. Gli autori<sup>70</sup> concludono affermando che le forze frizionali degli attacchi e dei fili ortodontici sono influenzate da soluzioni che contengono fluoro.

### *3) Quali effetti determinano i sistemi a bassa frizione sul piano trasversale e a livello della forma di arcata?*

Franchi et coll.<sup>71</sup> affermano che l'espansione dell'arcata è un effetto che si ottiene durante la terapia con apparecchiature fisse. Le variazioni sul piano trasversale dell'arcata mascellare includono un aumento dell'ampiezza intercanina da 0,55 mm a 2,13 mm, l'ampiezza interpremolare (fino ai secondi premolari) da 2,10 mm a 4,94 mm e dello spazio intermolare da 1,53 mm a 2,96 mm.

Queste modifiche hanno un impatto sul perimetro dell'arcata con conseguente produzione di spazio per disporre correttamente i denti. L'avvento delle tecniche a bassa frizione ha introdotto nuove prospettive nella gestione clinica delle apparecchiature fisse con attacchi preregolati. Per esempio, apparecchiature self-ligating associate ad archi Ni-Ti determinano durante le fasi iniziali di terapia uno sviluppo dell'arcata e un'espansione dentoalveolare mascellare.

Un metodo alternativo per generare bassa frizione nell'unità attacco/arco è quello dell'uso di legature non convenzionali che possono essere utilizzate con attacchi convenzionali in combinazione con fili Ni-Ti superelastici<sup>54,71,72</sup>.

Anche quest'ultimo sistema può produrre un aumento significativo dell'ampiezza trasversale dento-alveolare e il perimetro dell'arcata mascellare durante le fasi iniziali di allineamento e livellamento in un periodo medio di circa 6 mesi.

Questo risultato è importante, secondo gli autori<sup>71</sup>, nell'impostazione di una terapia ortodontica in cui si decida di non eseguire estrazioni<sup>73</sup>.

L'ammontare dell'aumento del perimetro dell'arcata dipende significativamente dalla lunghezza dell'arcata mascellare prima del trattamento. Perimetri di arcata più piccoli daranno luogo a maggiori aumenti della lunghezza dell'arcata.

Gli autori<sup>71</sup> concludono affermando che, molto probabilmente, un ruolo fondamentale per ottenere questi risultati è giocato anche dalla forma dell'arco in NiTi usato per compiere questa ricerca.

### *4) La low friction riduce realmente i tempi di trattamento?*

Di fondamentale importanza nell'ortodonzia moderna sono stati e lo sono tuttora i tempi di durata della terapia. Nel corso degli anni si sono sviluppate tecniche e materiali che ci fornissero risultati ottimali da un punto di vista biomeccanico, ma che tendessero a ridurre i tempi della terapia, e anche i tempi di lavoro alla poltrona, tutti obiettivi che conducono ad una migliore compliance del nostro paziente.

Fin dagli anni '80 gli attacchi self-ligating hanno visto nel tempo un incremento della loro popolarità. Studi

recenti<sup>74-76</sup> hanno dimostrato come la frizione diminuisca in maniera significativa usando questi tipi di brackets e questo si dovrebbe tradurre in una diminuzione del tempo necessario per gli spostamenti dentali.

Deguchi et coll.<sup>77</sup> recentemente hanno svolto uno studio sulla frizione e sui movimenti di distalizzazione del canino, usando attacchi con dispositivo low friction (un semplice “tappo” che si attacca agli attacchi tradizionali) in contrapposizione agli altri brackets tradizionali con legature metalliche .

La mancanza di un contatto stretto tra filo e attacco produce minore frizione durante il movimento dentale che risulta più rapido con riduzione dei tempi di trattamento (2-3 mesi in meno rispetto agli attacchi tradizionali, con l'impiego di meno di 50 gr. di forza ortodontica per la distalizzazione del canino)<sup>77</sup>.

### *5) E' possibile coniugare estetica e bassa frizione?*

Nella società contemporanea mantenere un'estetica accettabile anche durante la terapia ortodontica è molto importante<sup>78</sup>.

Per questo motivo, gli attacchi vengono prodotti anche in materiale estetico come la ceramica.

Recentemente legature non convenzionali sono state create per essere usate in combinazione con attacchi ceramici e attacchi in acciaio. Quando queste legature vengono applicate ai brackets, l'interazione fra legatura e slot forma una struttura simile ad un tubo, che permette all'arco di scorrere liberamente e produce i suoi effetti più efficacemente sulla componente dento-alveolare<sup>79</sup>.

Sebbene gli attacchi ceramici mostrano un alto livello di resistenza frizionale<sup>80</sup>, gli autori concludono che le forze rilasciate dal filo ortodontico in presenza di brackets ceramici, sono simili a quelle rilasciate dagli attacchi in metallo sia utilizzando legature low friction sia utilizzando le legature convenzionali elastomeriche. Per disallineamenti di 3 mm o di maggior misura, la forza disponibile per il movimento è stata registrata in entrambi i brackets solo in presenza di legature non convenzionali, mentre in presenza di legature convenzionali l'ammontare della forza è del tutto trascurabile<sup>79</sup>.

Per cui, il tipo di legature usate, secondo gli autori di questo studio, influenza l'ammontare di forze rilasciate dal sistema ortodontico significativamente di più rispetto al tipo di attacco utilizzato (acciaio inossidabile contro ceramica)<sup>79</sup>.

Bortoly et coll.<sup>81</sup> esaminando la resistenza allo sliding offerta da differenti tipi di legature estetiche affermano che le legature in acciaio ricoperte da teflon e quelle tradizionali in acciaio mostrano le più basse forze frizionali e che legature elastomeriche producono forze frizionali simili alle legature in acciaio dopo 21 giorni di stretching in ambiente orale simulato.

Gli attacchi autoleganti, usati nella tecnica linguale, contribuiscono anch'essi alla riduzione della frizione e all'efficienza del trattamento linguale. I tempi di terapia si riducono, grazie ad un allineamento dentale più rapido, ed inoltre ne beneficia anche l'igiene orale, che risulta essere più agevole, anche se secondo uno studio recente<sup>82</sup> rimane ancora da dimostrare se l'uso di attacchi autoleganti in tecnica linguale, possa miglio-

rare realmente la compliance dei pazienti.

#### *6) Il nickel presente nelle apparecchiature può determinare fenomeni di ipersensibilità o di allergia?*

Dalla metà degli anni '90, il Nickel (Ni) è stato riconosciuto come la più comune fonte di dermatiti da contatto<sup>83,84</sup>.

In Europa l'attenzione a questa problematica ha condotto la legislazione a limitare l'uso di Nickel nei manufatti che vengono in contatto con pelle e altri tessuti<sup>85,86</sup>.

Per più di cinque decenni, i brackets in acciaio sono stati gli attacchi maggiormente usati in ortodonzia. Normalmente questi attacchi contengono dall'8% al 25% di Nickel<sup>87</sup>. Le leghe saldate che si attaccano alla rete della base di alcuni tipi di brackets contengono più dell'84% di Nickel<sup>88</sup>.

Il ruolo che hanno gli apparecchi ortodontici nell'ipersensibilità e nel rilascio di Nickel e altri ioni è stato studiato in larga misura. Però solo alcuni di questi studi hanno testimoniato il rilascio di Nickel nell'ambiente orale, con conseguenze che vanno dal danno al DNA a nessun effetto<sup>89</sup>.

A causa di questi effetti però i brackets a metà degli anni '90 furono prodotti in titanio commercialmente puro (CP-Ti), per ottemperare alla richiesta europea di prodotti senza Nickel<sup>90</sup>.

Tuttavia negli studi sulla frizione con archi prodotti con vari materiali, le leghe al Ti hanno dimostrato di essere le peggiori per quanto riguarda lo scorrimento<sup>91</sup>.

Secondo un recente studio di Whitley e Kusy<sup>91</sup> si riscontrano valori equivalenti di binding per gli archi in acciaio e in beta-titanio testati in attacchi CP-Ti.

#### *7) Quali sono i rapporti tra la frizione e la biomeccanica del movimento dentale?*

Nello studio di Kojima et coll.<sup>92</sup> si valuta quali siano le forze frizionali coinvolte nel movimento di distalizzazione del canino.

Come la frizione aumenta, così è necessaria una forza maggiore per retrarre il canino e di conseguenza viene sollecitato il movimento dei denti d'ancoraggio.

Questo studio<sup>92</sup> cerca di chiarire l'effetto combinato della frizione e della rigidità alla flessione del filo durante il movimento del canino. In vitro sono state ricreate le situazioni necessarie al cambiamento della frizione e della misura del filo da inserire nei brackets. La rigidità alla flessione dell'arco è determinata dal suo materiale e dalla forma della sezione del filo<sup>92</sup>.

Quando si producono forze frizionali fra l'attacco e il canino, la forza netta di retrazione che agisce sul canino diminuisce.

Allo stesso modo, la forza frizionale in direzione opposta azionata sull'arco e la forza netta che agisce sull'arco diminuiscono. La grandezza di entrambe le forze nette è la stessa, sebbene la forza frizionale sia aumentata. La velocità di movimento di canino e denti di ancoraggio diminuisce della stessa entità.

Concludendo, secondo tali autori<sup>92</sup>, la frizione non facilita il movimento dei denti di ancoraggio in relazione allo spostamento del canino.

In un altro studio recente, si pone l'attenzione oltre che sul tipo di attacco, anche sulla meccanica ad esso applicata.

Whitley e Kusy hanno posto l'attenzione sulla distanza tra i brackets e le forze frizionali<sup>93</sup>. Nel loro studio sono stati utilizzati brackets in titanio puro (CP-Ti) testati con archi rettangolari 0.016 x 0.022, in SS, in NiTi e in beta-titanio, in uno stato asciutto e umido (con saliva umana). Per l'occasione, gli autori hanno creato un sistema di 3 brackets. I risultati ci indicano che, nello stato asciutto il coefficiente cinetico frizionale è del tutto sovrapponibile usando il filo in NiTi, in SS e in TMA, mentre i risultati variano nello stato umido, in quanto la saliva incrementa i valori del coefficiente cinetico frizionale.

Whitley e Kusy concludono il loro studio affermando che i coefficienti di frizione sono indipendenti dalle distanze che intercorrono fra gli attacchi. Gli effetti della saliva sul coefficiente di frizione dipendono dal materiale di cui è costituito l'arco.

La posizione relativa degli attacchi non è quindi rilevante per valutare la frizione<sup>93</sup>.

Riportiamo l'opinione di Southard et coll.<sup>94</sup> che si pongono in maniera critica di fronte anche agli studi apparsi fino ad ora nel panorama della letteratura scientifica internazionale. Gli autori si dimostrano sorpresi dal fatto che una "credenza popolare" suggerisca che gli ortodontisti debbano applicare forze addizionali per sovrastare la frizione durante la retrazione del canino (meccaniche di scorrimento). Il risultato di quest'azione può consistere in un aumento del carico di ancoraggio e quindi ciò si traduce in una perdita di ancoraggio<sup>94</sup>.

Secondo questi autori, la grande enfasi derivata dallo sviluppo di attacchi a ridotta frizione (ad es. attacchi self-ligating) durante le meccaniche di scorrimento, per prevenire l'incremento del carico di ancoraggio posteriore, non è giustificata, ed è basata più sulle convinzioni dei venditori che sulle meccaniche ortodontiche<sup>94</sup>.

Gli autori concludono che, a prescindere dal tipo di attacco e materiale utilizzato nella nostra terapia ortodontica, se i denti sono liberi di scorrere lungo il filo, la frizione tra brackets e arco non aumenterà il carico dell'ancoraggio<sup>94</sup>.

Valutando i movimenti dentali nelle tre dimensioni dello spazio, in tema di frizione gli orientamenti attuali mostrano come la combinazione di attacchi self-ligating e fili in Ni-Ti e Beta-Titanio, accelera in media di circa 5,7 mesi i tempi del nostro trattamento ortodontico, migliorando anche la compliance del paziente<sup>95</sup>.

### *8) La compromissione parodontale condiziona l'uso di sistematiche low friction?*

Il nostro approccio terapeutico ai pazienti adulti, usando le tecniche low friction, deve tener conto delle parodontopatie, che colpiscono di solito questi soggetti.

Mavreas<sup>96</sup> afferma che la terapia ortodontica non è controindicata in pazienti con una malattia parodontale

in stadio avanzato, a condizione che l'infiammazione gengivale, la placca, il tartaro, la profondità di tasche gengivali e il trauma occlusale siano tenuti sotto controllo prima e durante la terapia ortodontica. L'applicazione di forze leggere e continue rispetta la biologia cellulare del movimento dentale più di quanto facciano forze elevate e intermittenti.

Minimizzando la necrosi, e i conseguenti ialinizzazione e riassorbimento indiretto, potrebbe essere possibile raggiungere una continua progressione nel movimento dentale, evitando le ripetute interruzioni, che avvengono quando i vasi sanguigni sono occlusi, e riducendo il grosso rischio di un'ulteriore perdita d'osso, quando il trattamento è eseguito per individui con supporto osseo diminuito<sup>96</sup>.

Una nuova generazione di brackets low friction auto-leganti passivi, in combinazione con nuovi fili, materiali elastici e periodi più lunghi di attivazione, sembra essere capace di esercitare livelli di forza ancora più bassi, inducendo delle reazioni parodontali più favorevoli nelle situazioni con osso alveolare ridotto<sup>96</sup>.

### 9) Qual'è il futuro della low friction?

L'argomento "frizione" in campo ortodontico sta tenendo viva l'attenzione dei clinici e dei ricercatori da molti anni. I principi dei nostri trattamenti e le loro modalità di svolgimento sono stati sviluppati considerando gli effetti della frizione sul movimento dentale e la risposta biologica dei tessuti che ne consegue<sup>65, 97-108</sup>.

Attualmente il punto è quello di riuscire a misurare e a determinare quale sia la rilevanza clinica della frizione<sup>109</sup>.

La frizione può essere definita come una forza che resiste al movimento relativo o la tendenza al movimento di due corpi a contatto<sup>65, 97-108</sup>.

L'ortodonzia coinvolge la cosiddetta "sliding friction", ossia l'interazione fra l'arco e l'attacco o fra il meccanismo ritentivo di arco e attacco insieme. L'arco e l'attacco ortodontico sono in contatto intermittente, e la frequenza di questo contatto è sconosciuta e altamente variabile. Non c'è solo la libertà di movimento fra due corpi come risultato delle differenti dimensioni tra arco e slot del bracket (al pari di altri corpi come il filo per legature), ma i due corpi si possono muovere essi stessi. I denti e gli attacchi hanno vari gradi di mobilità e reagiscono alle forze e al movimento applicato ad essi. Oltre a ciò, l'arco si flette in vario modo. Quindi, per dare un significato più preciso alla frizione la possiamo definire come "resistenza allo scorrimento". Essa racchiude le componenti frizionali nelle dinamiche biomeccaniche, il sistema di legature che tengono insieme il bracket e il filo ortodontico, e il rilascio di questa forza di legatura che si esplica nel movimento dentale e in altri movimenti contenuti in questo sistema. Il sistema di legame fra queste componenti viene espletato in modo intermittente come risultato della mobilità dei denti, la flessibilità dell'arco e la pieghevolezza delle legature utilizzate. L'esatto ammontare e il tempo preciso di questo rilascio di forze è sconosciuto, ma coinvolge una serie dinamica di interazioni, per questo motivo costituisce un problema di complessa risoluzione<sup>97-108</sup>.

La maggior parte degli studi che hanno misurato la resistenza allo scorrimento sotto varie condizioni sono stati condotti utilizzando un modello stazionario in laboratorio<sup>97-108</sup>.

Di solito, nei test steady-state, un arco ortodontico è ingaggiato in una serie di brackets statici e la forza viene misurata quando arco e attacco sono in contatto costante mentre il filo viene trazonato. Questo tipo di test valuta le componenti frizionali di resistenza allo scorrimento (“sliding”) fra l’arco e il bracket durante il binding<sup>109</sup>.

La maggior parte degli studi in vitro (stato stazionario in laboratorio) comparando la resistenza allo sliding di archi in acciaio con quelli in lega di titanio, hanno riportato che il filo in beta titanio ha una frizione 4-6 volte maggiore rispetto ad un filo in acciaio della stessa dimensione<sup>109</sup>.

Dopo questi risultati si è iniziato a produrre fili in beta titanio con l’impregnazione di ioni di idrogeno, per rendere la superficie più dura e liscia, e gli studi successivi hanno dimostrato come questi nuovi fili in beta titanio siano meno resistenti allo scorrimento rispetto ai fili in beta titanio senza impregnazione con ioni di idrogeno<sup>109</sup>.

Per meglio emulare quello che realmente accade nella bocca dei nostri pazienti e le bio-dinamiche associate, si è sperimentata un’apparecchiatura da laboratorio che incorpora i movimenti nei brackets, negli archi, o in entrambi, mentre si misura la resistenza allo sliding. Alcuni autori come Liew et coll.<sup>110</sup> hanno concluso, utilizzando questa metodica nuova di studio, che: l’effettiva resistenza frizionale che c’è fra attacco ortodontico e arco viene sostanzialmente ridotta dall’effetto delle forze della masticazione e delle altre funzioni orali che si scaricano sul filo e da piccole forze, come quelle che si trovano nel cavo orale, che sono capaci di produrre questi effetti. Gli autori sottolineano come quello che può apparire rilevante in termini di frizione usando un test di laboratorio stazionario, può in realtà rivelarsi del tutto insignificante clinicamente in vivo<sup>110</sup>.

Braun et coll.<sup>111</sup>, utilizzando una metodica che cerchi di riprodurre la situazione dinamica orale, hanno misurato la frizione con vari fili di varie dimensioni e con diversi metodi di legatura. Come l’arco era trazonato nel bracket, così il filo o il bracket erano battuti leggermente con un dito. Questa “perturbazione” era stata applicata all’attacco ortodontico o al filo, in modo e frequenza casuale e con direzioni diverse nei tre piani dello spazio. In ogni caso, si era visto che, indipendentemente dalla dimensione del filo e dal metodo di legatura, la resistenza allo scorrimento era ridotta a zero quando il bracket o il filo erano spostati. Gli autori hanno concluso che la resistenza frizionale è effettivamente ridotta a zero ogni qual volta sopraggiunge un movimento relativo all’interfaccia filo/attacco. Fattori quali il grado del tipping dentale, il gioco che si crea tra slot e arco e il metodo di legatura non hanno un effetto misurabile sulla resistenza frizionale nelle dinamiche simulate in ambiente orale.

Altri autori come Articolo e Kusy<sup>105</sup> asseriscono che il tipo di legame e le componenti di rilascio hanno maggior significato rispetto alle componenti frizionali della resistenza allo scorrimento.

In conclusione le complesse interazioni biomeccaniche, che inevitabilmente sopraggiungono in un test di laboratorio a stato stazionario, sono risultate essere sovradimensionate in termini di significatività clinica per

quel che concerne l'argomento frizione. L'intero sistema di brackets, modalità di trattamento e piano terapeutico sono basati su credenze inerenti alla frizione che potrebbero anche essere non del tutto reali<sup>109</sup>.

I precedenti studi dovrebbero confrontarsi con ciò che accade realmente nella cavità orale, valutando anche come gli stress vengono scaricati sul filo, sui brackets e sulle legature durante il movimento dentale e, soprattutto, le fasi della masticazione e degli altri atti fisiologici.

Abbiamo quindi bisogno di ulteriori studi che valutino le quotidiane condizioni orali durante i nostri trattamenti ortodontici, per comprendere quale sia il reale valore e significato clinico della frizione.

## CONCLUSIONI

Il sistema Step & Slide si rivela un approccio terapeutico innovativo, efficace ed efficiente nel panorama delle tecniche straight-wire. La possibilità di utilizzo di attacchi Step programmati convenzionali o di qualsiasi altra prescrizione s.w. consente di non modificare radicalmente l'approccio quotidiano con attacchi s.w. abitualmente usati riducendo in tal modo le necessità di magazzino, di inventario, ma soprattutto di training dell'ortodontista e del team ortodontico dovute all'utilizzo di sistematiche diverse da quelle abituali. Brackets, dunque, identici a quelli usati abitualmente, ma anche bande, tubi dedicati, modalità di posizionamento con altimetri e carta di posizionamento.

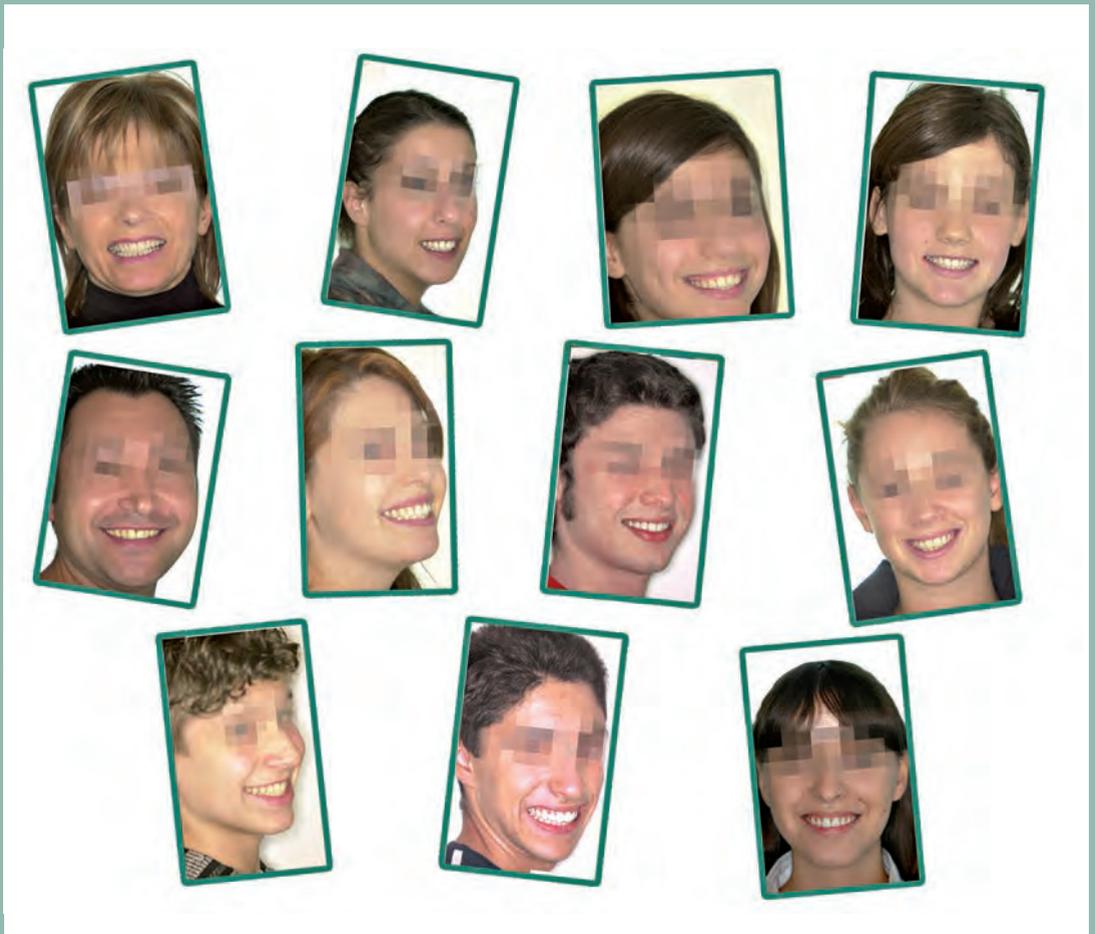
La sequenza predefinita di archi da utilizzare durante il trattamento viene resa più efficiente grazie ai fili al nichel-titanio superelastici, in grado di garantire una memoria elastica completa con sviluppo di forze leggere e continue, ideali per ottenere eccellenti movimenti di sliding soprattutto se in combinazione con le legature slide. Con tale sistema a frizione notevolmente ridotta ed espressione ottimale di forze ortodontiche è possibile ridurre i tempi di trattamento anche del 25%.

Restano immutate anche le procedure e i mezzi di chiusura degli spazi normalmente utilizzati dalle tecniche che si ispirano alla filosofia di trattamento di McLaughlin (tie-backs elastici a forza precalibrata, Ni-Ti closed coil springs o tie-backs elastici classici, fili s.s. .019 x .025 con ganci grippabili o posted).

La vera rivoluzione consiste nell'innovativo sistema low friction Leone Step & Slide che, in maniera semplice, ergonomica ed economica riduce di centinaia di volte la frizione generata dalle meccaniche di sliding nelle diverse fasi del trattamento, dalle fasi di allineamento e livellamento a quelle di chiusura degli spazi, senza dover abbandonare gli attacchi abitualmente utilizzati<sup>53-56</sup>. Tale sistematica, infatti, facilita lo scorrimento dei denti e dei brackets lungo il filo sin dalle fasi iniziali di livellamento e allineamento; consente di mantenere il massimo controllo del torque utilizzando archi rettangolari di lavoro, con o senza extra-torque, con legature convenzionali nel settore anteriore, e favorire invece lo sliding e la chiusura degli spazi nel settore posteriore grazie all'applicazione di legature Slide. Quest'ultima trasforma, quindi, un attacco convenzionale in uno autolegante all'occorrenza, gestisce la frizione a seconda della necessità e della fase terapeutica senza l'obbligo di utilizzare attacchi specifici.

Tale sistematica consente inoltre di raggiungere risultati estetici di notevole valenza in quanto le capacità di rimodellamento delle arcate dentali ottenuto grazie a meccanismi quasi "funzionali" di allineamento e livellamento, riducono nei fatti le necessità di estrazioni, ampliano i limiti della dentatura senza danneggiare il parodonto, portano a profili meno piatti, a sorrisi più ampi, elementi fondamentali per combattere i segni dell'invecchiamento futuro (Fig. 141).

# Face - driven treatment...



...nel presente  
...ed in proiezione futura!

Fig. 141– Occorre considerare non solo i classici obiettivi occlusali, ma anche quelli inerenti l'estetica facciale presente e futura.

## Bibliografia

- 1 Damon DH. *The Damon low-friction bracket: a biologically compatible straight-wire system*. J Clin Orthod. 1998 Nov;32(11):670-80.
- 2 Voudouris JC. *Interactive edgewise mechanisms: form and function comparison with conventional edgewise brackets*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1997 Feb;111(2):119-40.
- 3 Proffit WR, Fields HW. *The biologic basis of orthodontic therapy*. In Contemporary Orthodontics, C.V. Mosby Co. , St. Louis, 1993, pp. 266-288.
- 4 Tuncay OC et al. *Oxygen tension regulates osteoblast function*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1994; 105:457-463.
- 5 Rygh P. *Periodontal response to tooth-moving force: Is trauma necessary?* In Orthodontics: State of the Art, Essence of the Science. Ed. LW Graber, C.V. Mosby Co., St. Louis, 1986, pp. 100-115.
- 6 Damon DH. *Damon System. The Workbook*. Edition II. Ormco Corporation, Glendora, California.
- 7 Evans TJ, Jones ML, Newcombe RG. *Clinical comparison and performance perspective of three aligning arch wires*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1998 Jul;114(1):32-9.
- 8 Bennett JC, McLaughlin RP. *Controlled space closure with a preadjusted appliance system*. J Clin Orthod. 1990 Apr; 24(4): 251-60.
- 9 Maijer R and Smith DC. *Time savings with self ligating brackets*. J Clin Orthod 1990;24:29-31
- 10 Cacciafesta V. *Evaluation of friction of conventional and metal-insert ceramic brackets in various bracket-archwire combinations*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003; 124:403-9
- 11 Loftus BP. *Evaluation of friction during sliding tooth movement in various bracket-arch wire combinations*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1999; 116:336-45
- 12 Loftus BP. *Evaluation of friction during sliding toooth movement in various bracket-arch wire combinations*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1999; 116:336-45.
- 13 Kusy RP, Whitley JQ. *Effects of surface roughness on the coefficients of friction in model orthodontic systems*. J Biomech. 1990;23(9):913-25.
- 14 Kusy RP, Whitley JQ. *Coefficients of friction for arch wires in stainless steel and polycrystalline alumina bracket slots. 1. The dry state*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1993 Oct;104(4):26.
- 15 Kusy RP, Whitley JQ, Prewitt MJ. *Comparison of the frictional coefficients for selected archwire-bracket slot combinations in the dry and wet states*. Angle Orthod. 1991; 61(4):293-302
- 16 Hain M. *The effect of ligation on friction in sliding meghanics*. Am J Orhod Dentofacial Orhop 2003; 123:416-22
- 17 Edwards GD, Davies EH, Jones SP. *The ex vivo effect of ligation technique on the static frictional resistance of stainless steel brackets and archwires*. Br J Orthod. 1995; 22(2):145-53.
- 18 Henao SP, Kusy RP. *Evaluation of the frictional resistance of conventional and self-ligating bracket designs*

- using standardized archwires and dental typodonts. *Angle Orthod* 2004;74:202–211.
- 19 Burstone CJ. *The biophysics of bone remodeling during orthodontics— optimal force considerations*. In: Norton LA, Burstone CJ, eds. *The Biology of Tooth Movement*. Boca Raton, Fla: CRC Press; 1989:321–334.
  - 20 Storey E, Smith R. Force in orthodontics and its relation to tooth movement. *Aust Dent J*. 1952;56:11–18.
  - 21 Boester CH, Johnston LE. *A clinical investigation of the concept of differential and optimal force in canine retraction*. *Angle Orthod*. 1972;44:113–119.
  - 22 Quinn RS, Yoshikawa K. *A reassessment of force magnitude in orthodontics*. *Am J Orthod*. 1985;88:252–260.
  - 23 Schwarz AM. *Tissue changes incident to orthodontic tooth movement*. *Int J Orthod*. 1932;18:331–352.
  - 24 Oppenheim A. *Human tissue response to orthodontic intervention of short and long duration*. *Am J Orthod Oral Surg*. 1942;28: 263–301.
  - 25 Reitan K. *Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment*. *Am J Orthod*. 1967;53: 721–745.
  - 26 Proffit WR. *Contemporary Orthodontics*. St Louis, Calif: Mosby-Year Book Inc, 1999;296–325.
  - 27 Middleton J, Jones M, Wilson A. *The role of the periodontal ligament in bone remodeling: the initial development of a timedependent finite element model*. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1996;109:155–162.
  - 28 Melsen B. *Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement*. *Angle Orthod*. 1999;69:151–158.
  - 29 Ren Y, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM. *Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic literature review*. *Angle Orthod*. 2003 Feb;73(1):86-92.
  - 30 Gianelly AA. *Crowding, timing of treatment*. *Angle Orthod* 1994; 64:415-8.
  - 31 Brennan M, Gianelly AA. *The use of lingual arch in the mixed dentition to resolve crowding*. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 117:81-5.
  - 32 Steadman SR. *Changes of intermolar and intercuspid distances following orthodontic treatment*. *Angle Orthod*. 1961; 31:207–215.
  - 33 Shapiro PA. *Mandibular arch form and dimension*. *Am J Orthod*. 1974;66:58–70.
  - 34 Johnson KC. *Cases six years postretention*. *Angle Orthod*. 1977;47:210–221.
  - 35 Little RM, Wallen TR, Riedel RA. *Stability and relapse of mandibular anterior alignment-first premolar extraction cases treated by edgewise orthodontics*. *Am J Orthod*. 1981; 80:349–365.
  - 36 Strang R. *The fallacy of denture expansion*. *Angle Orthod*. 1949;19:12–17.
  - 37 Riedel RA. *Review of the retention problem*. *Angle Orthod*. 1960;6:179–199.
  - 38 Little RM. *Stability and relapse of mandibular anterior alignment: University of Washington studies*. *Semin Orthod* 1999; 5: 191-204.
  - 39 Paquette DE, Beattie JR, Johnston LE. *A long-term comparison of nonextraction and premolar extraction*

- edgewise therapy in "borderline" Class II patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;102:1-14.
- 40 Luppanapornlar S, Johnston LE. *The effects of premolarextraction: a long-term comparison of outcomes in "clear cut" extraction and non-extraction Class II patients.* *Angle Orthod* 1993;63:257-272.
- 41 Årtun J, Garo JD, Little RM. *Long-term stability of mandibular incisors following successful treatment of Class II, Division 1, malocclusions.* *Angle Orthod* 1996;66:229-38.
- 42 Berger JL. *The influence of the SPEED bracket's self-ligating design on force levels in tooth movement: a comparative in vitro study.* *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990 Mar;97(3):219-28.
- 43 Angle EH. *The latest and best in orthodontics mechanism.* *Dent Cosmos* 70: 1143-1158, 1928.
- 44 Tweed CH. *Clinical Orthodontics, 2 vols.* St Louis, CV Mosby Co, 1966
- 45 Merrifield LL, Cross JJ. *Directional forces.* *Am J Orthod* 1970 May; 57: 435-464
- 46 Begg PR, Kesling PC. *Begg orthodontic theory and technique*, ed. 3, Philadelphia, 1977, WB Saunders.
- 47 Gugny G. *Johnson's Twin-Wire Arch.* *Orthod Fr.* 1964 Nov 23;35:45-6.
- 48 Jarabak JR, Fizzell. *Technique and treatment with the light-wire appliance.* St. louis: The C.V. Mosby Co., 1963.
- 49 Ricketts RM, Bench RW, Gugino CF, et al. *Bioprogressive Therapy.* Denver, Rocky Mountain Orthodontics, 1979.
- 50 Andrews LF. *Straight Wire – The Concept and Appliance.* L.A. Wells Co., San Diego, 1989.
- 51 Andrews LF. *The straight-wire appliance, origin, controversy, commentary.* *J Clin Orthod.* 1976 Feb;10: 99-114.
- 52 Andrews LF. *The straight-wire appliance. Explained and compared.* *J Clin Orthod.* 1976 Mar;10: 174-95.
- 53 Franchi L, Baccetti T. *Forces released during alignment with a preadjusted appliance with different types of elastomeric ligatures.* *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006 May;129: 687-90.
- 54 Baccetti T., Franchi L. *Friction produced by types of elastomeric ligatures in treatment mechanics with the preadjusted appliance.* *Angle Orthod.* 2006 Mar;76: 211-6.
- 55 Rossouw PE. *Friction: an overview.* *Semin Orthod.* 2003; 9:218-222.
- 56 Thorstenton GA., Kusy RP. *Effects of ligation type and method on the resistance to sliding of novel orthodontic brackets with second-order angulation in dry and wet states.* *Angle Orthod.* 2003 73:418-430.
- 57 Chimenti C., Franchi L., Di Giuseppe MG., Lucci M. *Friction of elastomeric orthodontic ligatures with different dimensions.* *Angle Orthod.* 2005; 75: 4221-425.
- 58 Hain M., Dhopatkar A., Rock P. *The effect of ligation method on friction in sliding mechanics.* *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003; 123:416-422.
- 59 Liaw YC, Su YY, Lai YL, Lee SY. *Stiffness and frictional resistance of a superelastic nickel-titanium orthodontic wire with low-stress hysteresis.* *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007; 131 :578.e12-578.e18.
- 60 Tecco S, Di Iorio D, Cordasco G, Verrocchi I, Festa F. *An in vitro investigation of the influences of self-lig-*

- ating brackets, low friction ligatures, and archwire on frictional resistance.*  
Eur J Orthod. 2007 Aug; 29(4): 390-7.
- 61 Kim TK, Kim KD, Baek SH. *Comparison of frictional forces during the initial levelling stages in various combinations of self-ligating brackets and archwires with a custom-designed typodont system.* Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008 133(2): 187.15-24.
- 62 Thomas S, Sherriff M, Birnie D. *A comparative in vitro study of the frictional characteristics of two types of self-ligating brackets and two types of pre-adjusted edgewise brackets tied with elastomeric ligatures.* Eur J Orthod. 1998 ; 20 : 589-596.
- 63 Hain M, Dhopatkar A, Rock P. *A comparison of different ligation methods on friction.* Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2006; 130: 666-670.
- 64 Sirisaowaluk N, Kravchuk O, Ho CT. *The influence of ligation on frictional resistance to sliding during repeated displacement.* Aust Orthod J 2006 Nov; 22(2): 141-6.
- 65 Iwasaki LR, Beatty MW, Randall J, Nickel JC. *Clinical ligation forces and intraoral friction during sliding on a stainless steel archwire.* Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003; 123: 408-15.
- 66 Franchi L, Baccetti T, Camporesi M, Barbato E. *Forces released during sliding mechanics with passive self-ligating brackets or nonconventional elastomeric ligatures.* Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008; 133: 87-90.
- 67 Gandini P, Orsi L, Bertoncini C, Massironi C, Franchi L. *In vitro frictional forces generated by three different ligation methods.* Angle Orthod. 2008; 78(5): 917-921.
- 68 Khambay B, Millett D, McHugh S. *Archwire seating forces produced by different ligation method and their effect on frictional resistance.* Eur J Orthod. 2005 ; 27 :302-308.
- 69 Griffiths HS, Sherriff M, Ireland AJ. *Resistance to sliding with 3 types of elastomeric modules.* Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2005; 127: 670-675.
- 70 Kao CT, Ding SJ, Wang CK, He H, Chou MY, Huang TH. *Comparison of frictional resistance after immersion of metal brackets and orthodontic wires in a fluoride-containing prophylactic agent.* Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006; 130(5): 568.e1-9.
- 71 Franchi L, Baccetti T, Camporesi M, Lupoli M. *Maxillary arch changes during leveling and aligning with fixed appliances and low-friction ligatures.* Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2006 Jul;130: 88-9.
- 72 Fortini A, Lupoli M, Cacciafesta V. *A new low-friction ligation system.*  
J Clin Orthod. 2005 Aug;39:464-70.
- 73 Isik F, Sayinsu K, Nalbantgil D, Arun T. *A comparative study of dental arch widths: extraction and non-extraction treatment.* Eur J Orthod 2005; 27:585-9.
- 74 Cacciafesta V, Sfondrini MF, Ricciardi A, Scribante A, Klersy C, Auricchio F. *Evaluation of friction of stainless steel and esthetic self-ligating brackets in various bracket-archwire combination.* Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003; 124: 395-402.

- 75 Henaio SP, Kusy RP. *Frictional evaluations of dental typodont models using four self-ligating designs and a conventional design*. Angle Orthod. 2005; 75: 75-85.
- 76 Tecco S, Festa F, Caputi S, Traini T, Di Iorio D, D'Attilio M. *Friction of conventional and self-ligating brackets using 10 bracket model*. Angle Orthod. 2005; 75: 1041-1045.
- 77 Deguchi T, Imai M, Sugawara Y, Ando R, Kushima K, Takano-Yamamoto T. *Clinical evaluation of a Low-Friction attachment device during canine retraction*. 2007; 77(6) 968-972.
- 78 Buttke TM, Proffit WR. *Referring adult patients for orthodontic treatment*. J Am Dent Assoc. 1999; 130: 73-79.
- 79 Baccetti T, Franchi L, Camporesi M. *Forces in the presence of ceramic versus stainless steel brackets with unconventional vs conventional ligatures*. Angle Orthod. 2008; 78(1): 120-124.
- 80 Rabinowicz E. *Friction and wear materials*. 2<sup>nd</sup> ed. New York, NY: John Willey & Sons, Inc; 1995; 65-121.
- 81 Bortoly TG, Guerriero AP, Rached RN, Tanaka O, Guariza-Filho O, Rosa EAR. *Sliding resistance with esthetic ligatures: an In-vitro study*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008; 133: 340.e1-340.e7.
- 82 Geron SA. *Self-ligating brackets in lingual orthodontics*. Semin Orthod. 2008; 14(1): 64-72.
- 83 Staerkjaer L, Mennè T. *Nickel allergy and orthodontic treatment*. Eur J Orthod. 1990 ; 12 :284-9.
- 84 Liden C, Johnsson S. *Nickel on the Swedish market before the Nickel directive*. Contact Dermatitis. 1993; 29:16-21.
- 85 *European Parliament and Council Directive 94/2/EEC*. Official J Eur Communities. 1994; L188: 1-2.
- 86 Liden C. *Legislative and preventive measures related to contact dermatitis*. Contact Dermatitis. 2001; 44: 65-9.
- 87 Journal Staff. *Why Stainless Steel?* Adv Mater Proc. 1995; 147: 36-7.
- 88 Zinelis S, Annousaki O, Eliades T, Makou M. *Elemental composition of brazing alloys in metallic orthodontic brackets*. Angle Orthod. 2004; 74: 394-9.
- 89 Faccioni F, Franceschetti P, Cervelloni M, Fracasso M. *In vivo study on metal release from fixed orthodontic appliances and DNA damage in oral mucosa cells*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003; 124: 687-94.
- 90 Hamula DW, Hamula W, Sernetz F. *Pure titanium orthodontic brackets*. J Clin Orthod. 1996; 30:140-4.
- 91 Whitley JQ., Kusy RP. *Resistance to sliding of titanium brackets tested against stainless steel and beta-titanium archwires with second-order angulation in the dry and wet states*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007; 131:400-11.
- 92 Kojima Y., Fukui H., Miyajima K. *The effect of frictional and flexural rigidity of the archwire on canine movement in sliding mechanics: a numerical simulation with a 3-dimensional finite element method*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2006; 130:275.e1-275.e10.
- 93 Whitley JQ, Kusy RP. *Influence of interbracket distances on the resistance to sliding of orthodontic appliances*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007; 132: 360-72.
- 94 Southard TE, Marshall SD, Grosland NM. *Friction does not increase anchorage loading*. Am J Orthod

- Dentofacial Orthop. 2007; 131: 412-4.
- 95 Alpern MCA. *Gaining control with Self-ligation*. Semin Orthod. 2008; 14(1): 73-86.
- 96 Mavreas DA. *Self-ligation and the periodontally compromised patient: a different perspective*. Semin Orthod. 2008; 14(1): 36-45.
- 97 Frank CA, Nikolai RJ. *A comparative study of frictional resistances between orthodontic bracket and arch wire*. Am J Orthod Dent Orthop. 1980; 78: 593-609.
- 98 Stannard JG, Gau JM, Hanna MA. *Comparative friction of orthodontic wires under dry and wet conditions*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1986; 89: 485-491.
- 99 Tidy DC. *Frictional forces in fixed appliances*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1989; 96:316-320.
- 100 Kusy RP, Whitley JQ. *Coefficients of friction for arch wires in stainless steel and polycrystalline alumina bracket slots*. I. The dry state. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1990; 98:300-312.
- 101 Tselepis M, Brockhurst P, West VC. *The dynamic frictional resistance between orthodontic brackets and arch wires*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1994; 106:131-138.
- 102 Taylor NG, Ison K. *Frictional resistance between orthodontic brackets and archwires in the buccal segments*. Angle Orthod. 1996; 66: 215-222.
- 103 Pizzoni I, Ravholt G, Melsen B. *Frictional forces related to self-ligating brackets*. Eur J Orthod. 1998; 20 :283-291.
- 104 Kusy RP, Whitley JQ, Ambrose WW, Newman JG. *Evaluation of titanium brackets for orthodontic treatment, Part I, the passive configuration*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1998; 114: 558-572.
- 105 Articulo LC, Kusy RP. *Influence of angulation on the resistance to sliding in fixed appliances*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1999; 115: 39-51.
- 106 Kusy RP, O'Grady PW. *Evaluation of titanium brackets for orthodontic treatment, Part II. The active configuration*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2000; 118: 675-684.
- 107 Rucker BK, Kusy RP. *Resistance of sliding stainless steel multistranded archwires and comparison with single-stranded leveling wires*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2002; 122: 73-83.
- 108 Nishio C, da Motta AF, Elias CN, Mucha JN. *In vitro evaluation of frictional forces between archwires and ceramic brackets*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2004; 125: 56-64.
- 109 Swartz ML. *Fact or friction: the clinical relevance of in vitro steady state friction studies*. J Clin Orthod. 2007; 41(8): 427-432.
- 110 Liew CF, Brockhurst P, Freer TJ. *Frictional resistance to sliding archwires with repeated displacement*. Aust Orthod J. 2002; 18(2): 71-5.
- 111 Braun S, Bluestein M, Moore BK, Benson G. *Friction in perspective*. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1999; 115(6): 619-627.

