capitolo/uno

INTRODUZIONE AL TRATTAMENTO CON ALLINEATORI

CONCETTI DI CLINICA E BIOMECCANICA

L'introduzione degli allineatori nel mercato ortodontico ha stravolto la pratica quotidiana della maggior parte degli ortodontisti abituati ad applicare schemi terapeutici protocollati e consolidati negli anni.
In effetti, gli allineatori rappresentano oggi una vera e propria tecnica ortodontica innovativa che nelle mani di un esperto ortodontista può trasformare la programmazione digitale in realtà clinica.

L'opportunità di utilizzare un'opzione terapeutica alternativa non può però prescindere dalla realizzazione di un percorso diagnostico completo che porti a un obiettivo coerente con i concetti classici dell'ortodonzia.

Copia in visione - Vietata la stampa - © Edra S.p.A. - Tutti i diritti riservati

Il successo di un trattamento ortodontico dipende dalla combinazione di due fattori: una corretta diagnosi seguita dalla formulazione di un adeguato piano di trattamento e una giusta applicazione clinica della tecnica ortodontica scelta. Per eseguire una diagnosi ortodontica abbiamo a disposizione numerose indagini oggettive in grado di guidare il clinico verso un percorso ragionato, dove sarà difficile commettere errori.
Per utilizzare al meglio le proprietà tecniche delle apparecchiature scelte, è indispensabile conoscere i concetti principali della biomeccanica poiché solo attraverso questi sarà possibile comprendere il meccanismo d'azione dei dispositivi ortodontici e dei sistemi di forze che determinano i movimenti dentali desiderati.

L'obiettivo della terapia ortodontica con gli allineatori è quello di raggiungere un equilibrio tra le arcate dentali attraverso un approccio semplice, prevedibile e funzionalmente stabile.

In questi ultimi anni, l'attenzione focalizzata sempre di più sulle problematiche estetiche ha portato a una maggiore richiesta di trattamenti ortodontici da parte di pazienti adulti, che considerano gli allineatori trasparenti una scelta terapeutica adeguata e compatibile con il loro stile di vita.

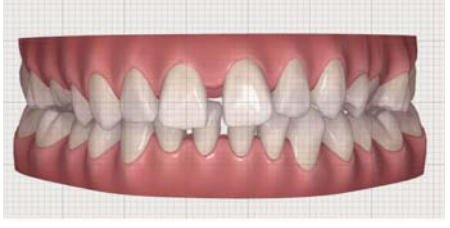
I vantaggi conseguenti all'uso di allineatori invisibili sono rappresentati dalla semplicità di mantenere una buona igiene orale, dalla riduzione del rischio di formazione di placca e infiammazione gengivale e dall'opportunità di offrire una migliore qualità di vita al paziente.

L'aspetto rivoluzionario della terapia con allineatori è l'imaging delle arcate, realizzata con scanner digitale ed elaborata come immagine tridimensionale. Questo consente all'ortodontista di visualizzare sullo schermo un modello 3D che può essere manipolato e "virtualmente" modificato attraverso un piano di trattamento personalizzato che sarà in seguito sviluppato da un software dedicato.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.A. - Tutti i diritti riservati

Il clinico ha la possibilità di analizzare i "modelli virtuali", dalla prima impronta fino alla completa correzione, movimento per movimento, attraverso uno specifico programma di visualizzazione. L'input di questa tecnologia è la "pianificazione prospettica" del trattamento, un modo diverso di vedere le cose rispetto al metodo tradizionale.
Durante la terapia ortodontica convenzionale, infatti, l'ortodontista rivede e modifica il trattamento mano a mano che procede con le singole fasi (step by step), modulando i passaggi alla fase successiva, solo dopo aver ottenuto i risultati desiderati nella fase precedente. Nella terapia con allineatori si chiede al clinico una "visualizzazione prospettica" del risultato completo, in modo da poter trasmettere le proprie intenzioni nel processo di pianificazione del trattamento.

Le scelte possono essere comunque riviste e le correzioni possono essere apportate durante tutto il periodo di trattamento. Le modifiche vengono eseguite tramite software (es. ClinCheck) fino a quando il risultato del progetto terapeutico coincide con le richieste del clinico.
Una volta approvato il piano di trattamento potrà avviarsi il processo di produzione degli allineatori.



Risulta evidente che, come per qualsiasi altra terapia, il professionista deve riconoscere gli obiettivi che vuole raggiungere, indipendentemente dalla tecnica ortodontica utilizzata. Il risultato del trattamento dipenderà infatti da una corretta diagnosi, da una idonea programmazione terapeutica, da un'adeguata conoscenza delle capacità biomeccaniche delle apparecchiature, ma anche dall'esperienza clinica dello specialista che dovrà essere in grado di utilizzare al meglio la tecnica scelta rendendola efficace ed efficiente nelle sue mani.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Per iniziare è quindi opportuno seguire uno schema che per praticità divideremo in 5 fasi.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

- Foto extra-orali.
- Foto intra-orali.
- Rx ortopanoramica.
- Rx teleradiografia del cranio in proiezione latero-laterale.
- Impronte intraorali di precisione.
- Registrazione occlusale in massima intercuspazione.

FASE 1: RACCOLTA DEI RECORDS DIAGNOSTICI

I records diagnostici per i trattamenti con allineatori sono gli stessi di qualsiasi altro tipo di trattamento ortodontico, pertanto la raccolta della documentazione completa del paziente da parte dell'ortodontista sarà costituita da:

1. Fotografie del viso (frontale a riposo, frontale con sorriso, profilo destro a riposo, profilo destro con sorriso) utili a valutare l'estetica del paziente, registrare il caso in archivio, monitorare il trattamento, controllare i risultati ottenuti, valutare la stabilità nel lungo termine, motivare il paziente e presentare il caso ai colleghi.
2. Fotografie della bocca in cinque proiezioni (frontale, laterale destra e sinistra, occlusale superiore e inferiore) che permettono di descrivere la forma delle arcate, la posizione assiale dei singoli elementi dentali e l'occlusione del paziente. Può essere utile evidenziare i contatti occlusali con carta da articolazione prima delle fotografie intra-orali occlusali superiore e inferiore.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

3. Rx ortopanoramica importante per la valutazione della fase di dentizione, delle condizioni degli elementi dentali in eruzione, dello stato dei tessuti ossei e delle posizioni delle radici. Questo tipo di esame è fondamentale per accertare l'eventuale presenza di anomalie di numero (agenesie), anomalie di forma e di posizione dei singoli elementi dentali, impianti osteointegrati, ricostruzioni protesiche.
4. Rx teleradiografia del cranio in proiezione latero-laterale che consente di analizzare il cranio e le ossa facciali, il rapporto tra le componenti ossee e dentali, il pattern di crescita e il profilo dei tessuti molli, rilevando sul piano sagittale le proporzioni antero-posteriori e verticali del paziente. La teleradiografia si usa inoltre per evidenziare eventuali meccanismi di compensazione dento-alveolare nelle discrepanze scheletriche e per decidere il percorso terapeutico più corretto.

Indagini radiografiche aggiuntive devono essere richieste in base alle necessità.

Ortopanoramica.

Teleradiografia del cranio in proiezione latero-laterale.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

5. Impronte intraorali di precisione che possono essere prese in materiale siliconico polivinilico (Polivinilsilossano PVS) con una tecnica di impronta monofase o bifase, oppure in digitale con lo scanner intraorale.

La qualità delle impronte è indispensabile per valutare la forma e le dimensioni delle arcate, il loro rapporto in occlusione statica, le dimensioni e la posizione dei denti, lo spazio disponibile ed eventualmente quello necessario per l'allineamento dentale.

6. Registrazione della massima intercuspidazione ottenuta con carte occlusali ultrasottili 40 µ per evidenziare i contatti occlusali, nei casi in cui si utilizza l'impronta in materiale siliconico polivinilico. Lo spessore ridotto del materiale consente di ottenere rilevazioni molto nitide.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Raccolta dei records diagnostici

Elaborazione del piano di trattamento

Compilazione del modulo di prescrizione

Controllo del piano di trattamento virtuale

Realizzazione e gestione clinica degli allineatori

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

FASE 2: ELABORAZIONE DEL PIANO DI TRATTAMENTO

La diagnosi ortodontica è un processo oggettivo e rappresenta la pianificazione delle misure terapeutiche richieste dal caso. Una diagnosi completa e corretta è fondamentale per risolvere una malocclusione.
Il percorso diagnostico prevede diverse fasi, tra cui la prima visita da cui si ricavano dati immediati attraverso l'osservazione e il colloquio con il paziente.
Le informazioni raccolte dovranno quindi essere elaborate con i dati ottenuti dalle fotografie, dalle indagini radiografiche e dall'analisi delle arcate.

Sarà infine opportuno tenere in considerazione il modello funzionale, la salute articolare e le condizioni parodontali di ogni singolo paziente.
Come per ogni processo è necessario elaborare un ordine sequenziale che permetterà al clinico di analizzare ogni singolo problema cercandone la soluzione nel contesto biologico che lo circonda.
La visualizzazione degli obiettivi del trattamento nella terapia con allineatori assume un ruolo prioritario: permette di elaborare in 3D le modificazioni che le arcate subiranno durante le fasi di terapia e potrà essere di grande aiuto per determinare la fattibilità degli obiettivi proposti.

Raccolta dei records diagnostici

Elaborazione del piano di trattamento

Compilazione del modulo di prescrizione

Controllo del piano di trattamento virtuale

Realizzazione e gestione clinica degli allineatori

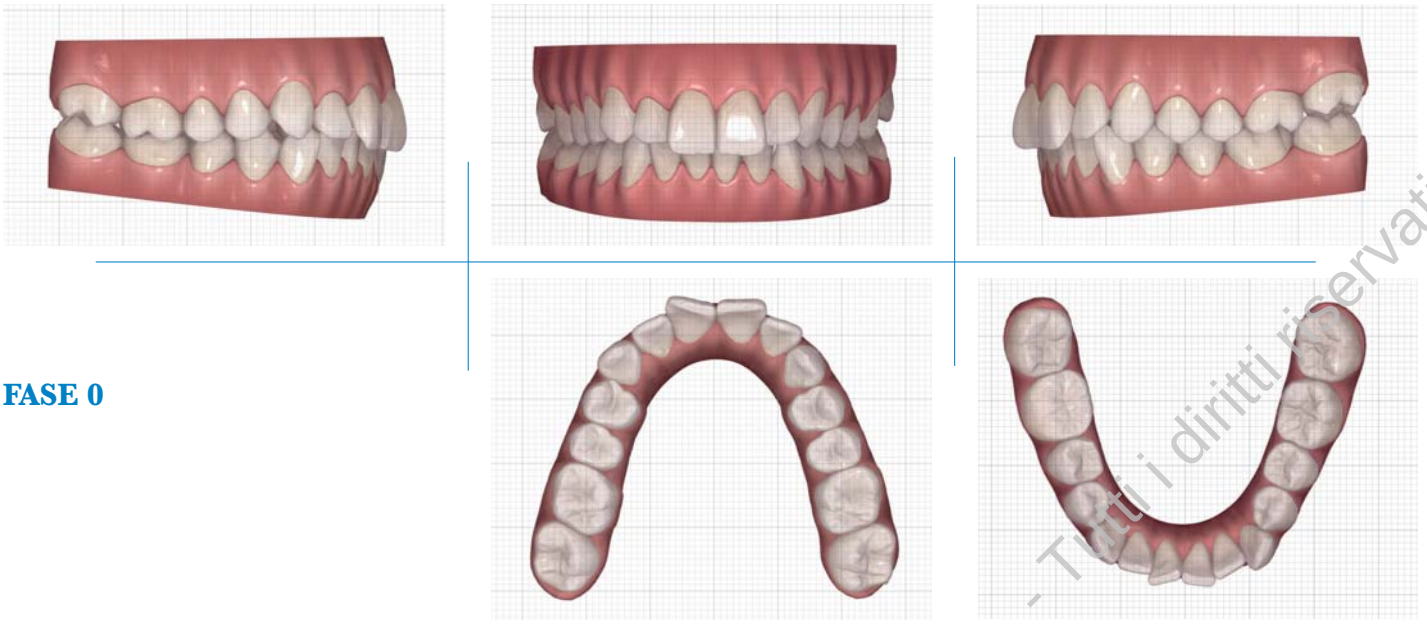
Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

FASE 3: COMPILAZIONE DEL MODULO DI PRESCRIZIONE

Fondamentale è la compilazione da parte dell'ortodontista della "prescrizione", eseguita attraverso un modulo online con cui il clinico comunica le caratteristiche del proprio paziente e gli obiettivi del trattamento che intende intraprendere.
Le voci presenti nel modulo di prescrizione seguono un ordine ben definito, che inizia con la scelta della tipologia di trattamento da effettuare che sarà deciso in base all'età del paziente, alla fase della dentatura e alla complessità della malocclusione da risolvere.
Una volta identificata la tipologia di trattamento si passerà alla definizione delle istruzioni iniziali dell'operatore relativamente ai movimenti dentali da eseguire, alle correzioni occlusali da effettuare e ai mezzi scelti.

La progettazione è un momento di estrema importanza ed è la base iniziale per elaborare il percorso terapeutico. Il fine è quello di ottenere il miglior risultato, riducendo al minimo il numero delle revisioni e aumentando così l'efficienza e la predicibilità del risultato.
Approcciarsi in maniera sistematica alla pianificazione digitale del trattamento, che deve essere customizzato e stadiato in base alle specifiche necessità del caso e alle richieste del paziente, permette di visualizzare le differenti opzioni e di valutare ciascun tipo di scelta terapeutica in termini di durata, complessità, costo biologico e predicibilità del risultato.

È necessario avere una sequenza ordinata dei vari punti chiave da seguire durante lo sviluppo del piano di trattamento virtuale.

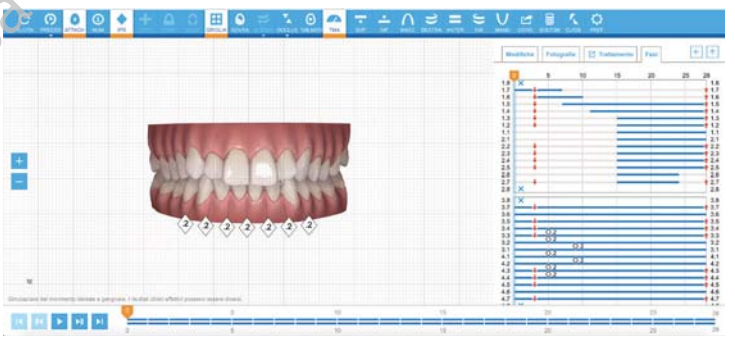


FASE 0

Raccolta dei records diagnostici

Elaborazione del piano di trattamento

Compilazione del modulo di prescrizione



Controllo del piano di trattamento virtuale

Realizzazione e gestione clinica degli allineatori

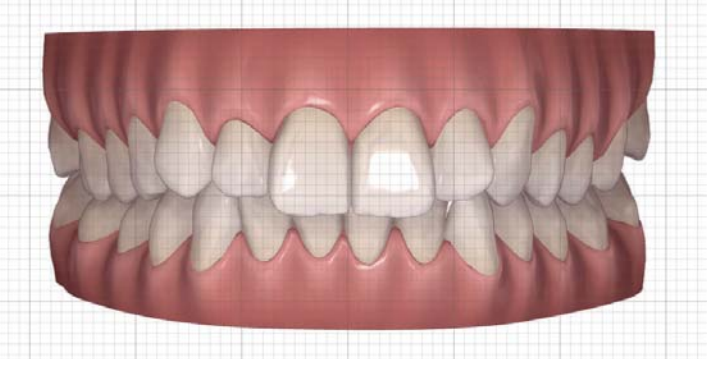
Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

FASE 4: CONTROLLO DEL PIANO DI TRATTAMENTO VIRTUALE

Il progetto di correzione della malocclusione dentale viene realizzato sulla base delle indicazioni cliniche ricevute ed è visibile mediante un software dedicato (es. ClinCheck). Si tratta di delineare il percorso di correzione dalla malocclusione iniziale fino alla sua risoluzione completa.
Se non sono specificate in dettaglio nella prescrizione, la sequenza dei passaggi e l'entità dei movimenti saranno definite da un algoritmo del software di trattamento.
Uno dei vantaggi del sistema è quello di offrire l'opportunità di visualizzare il risultato occlusale previsto prima di passare alla realizzazione degli allineatori; l'ortodontista può vedere l'evoluzione della terapia con tutti i passaggi intermedi fino al risultato finale.
Per la visualizzazione del piano di trattamento il clinico ha a disposizione diversi strumenti interessanti.

Il primo passo da compiere è verificare l'occlusione iniziale digitale e confrontarla con le fotografie del paziente valutando a livello frontale l'overbite e le linee mediane e a livello laterale l'overjet e la relazione molare e canina.

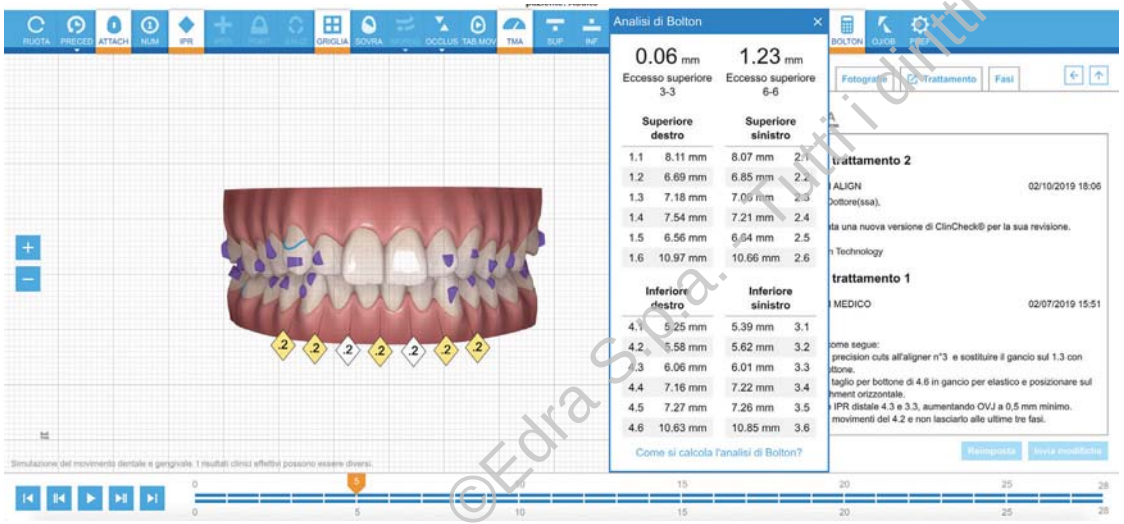
Il secondo step è quello di analizzare la posizione finale e controllare il modello 3D in visione frontale, laterale e occlusale. In questa fase è necessario studiare il risultato proposto dal software con il modulo di prescrizione inviato, controllare la quantità di Riduzione Interprossimale dello Smalto programmata e la stadiazione dei movimenti.

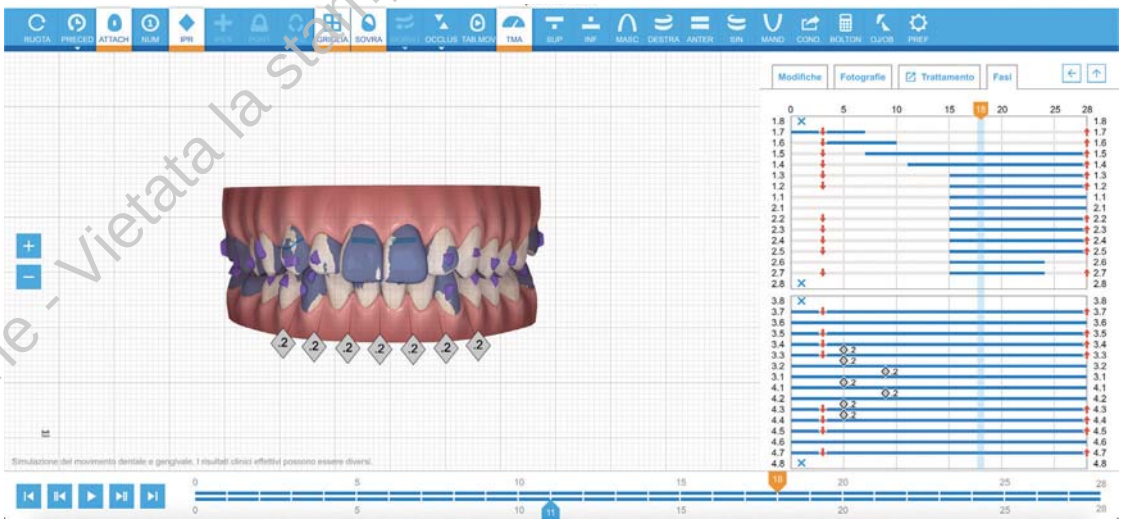


Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

La sovrapposizione delle immagini sul software permette di individuare e comparare la posizione e i movimenti dentali prima, durante e alla fine del trattamento.

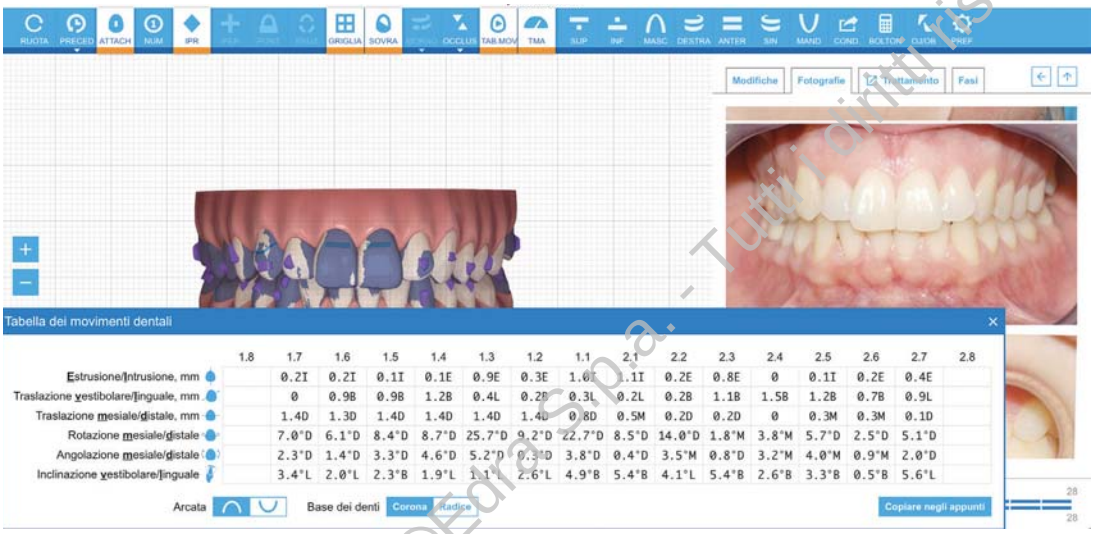
L'uso della griglia è utile per quantificare l'entità millimetrica/angolare e la direzione sagittale e/o verticale di ogni singolo elemento, il limite anteriore della dentatura e il grado di espansione dento-alveolare in entrambe le arcate.





Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.A. Tutti i diritti riservati

La tabella dei movimenti aiuta il clinico a identificare gli spostamenti più significativi presenti nel piano di trattamento e a valutarne il grado di difficoltà e predicibilità clinica.
Possono essere evidenziati i denti che devono compiere movimenti di entità lieve o moderata permettendo così all'ortodontista di considerare l'opportunità di introdurre tecniche ausiliarie per la correzione della malocclusione.



FATTORI DA CONSIDERARE

È importante porsi in maniera critica valutando l'entità del movimento dentale, la durata del trattamento, il rispetto dei tessuti parodontali e la risposta biologica individuale.

Il fattore estetico riveste un ruolo determinante nella pianificazione del trattamento. Si dovranno prevedere con particolare attenzione un buon allineamento dentale, un posizionamento adeguato sul piano sagittale degli incisivi superiori e inferiori, un rapporto labiale armonico nel rispetto del profilo facciale e del sigillo labiale.

Eventuali modifiche possono essere richieste dal clinico finché il trattamento digitale non soddisfi ogni necessità; è possibile ottenere la simulazione di piani di trattamento alternativi in modo tale che l'ortodontista possa, dopo l'analisi di ciascuno di essi, scegliere l'opzione di trattamento e di movimento dentale più idonei.

NB: un allineatore può produrre al massimo 0,25 mm di movimento dentale, 2 gradi di rotazione e 1 grado di torque.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Raccolta dei records diagnostici

Elaborazione del piano di trattamento

Compilazione del modulo di prescrizione

Controllo del piano di trattamento virtuale

Realizzazione e gestione clinica degli allineatori

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

FASE 5: REALIZZAZIONE E GESTIONE CLINICA DEGLI ALLINEATORI

Invisalign oggi rappresenta uno tra i primi trattamenti ortodontici basato esclusivamente sulla tecnologia digitale tridimensionale. La principale innovazione di questo sistema consiste nella programmazione di movimenti ortodontici di estrema precisione grazie a una valutazione tridimensionale (fase CAD) e un sistema di realizzazione degli allineatori (fase CAM) che sfruttano le più moderne tecnologie di produzione.
Attraverso l'uso di programmi computerizzati in grado di manipolare immagini 3D di singole malocclusioni, viene prodotta una sequenza di algoritmi che permette lo spostamento degli elementi dentali.
I modelli stereolitografici sono costruiti per ogni fase e su ognuno di essi vengono realizzati gli allineatori trasparenti.

NB: il paziente indosserà gli allineatori trasparenti sequenzialmente per un periodo di tempo variabile di circa una/due settimane, secondo le indicazioni dell'ortodontista.

CONSEGNA DEGLI ALLINEATORI

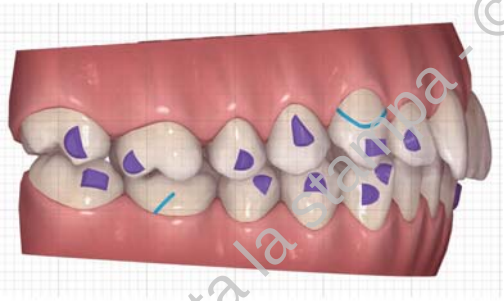
Alla consegna della prima coppia di allineatori il paziente viene istruito sull'inserzione e la rimozione degli allineatori, su quante ore al giorno dovrà indossarle e sulla manutenzione e cura che dovrà avere.
È fondamentale rafforzare la compliance e motivare il paziente a indossare gli allineatori per 20-22 ore al giorno.
È buona norma non predisporre Attachments per i primi due set di allineatori, per permettere al paziente di iniziare nel modo più piacevole possibile il trattamento.

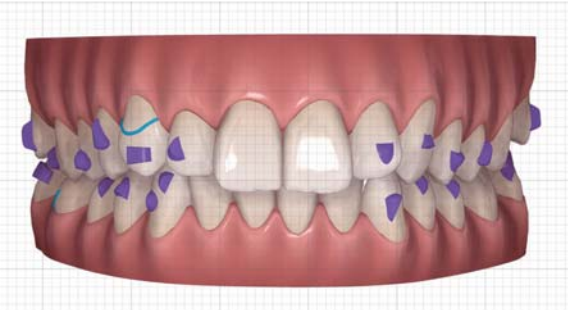
Nell'adulto è particolarmente importante l'aspetto psicologico: egli sarà maggiormente stimolato alla collaborazione se le premesse al trattamento saranno presentate e spiegate correttamente e chiaramente. Anche se il paziente non ha conoscenze precise circa le anomalie dell'occlusione e le esigenze del trattamento ortodontico, è in grado di comprendere il percorso che lo aspetta.
Questo tuttavia non significa che la motivazione presente all'inizio della terapia rimanga sempre costante per tutto il periodo del trattamento. Sono fortemente motivati i soggetti scontenti del loro aspetto e che credono in un loro miglioramento dopo il trattamento ortodontico.
L'ortodontista deve quindi elaborare una strategia che mantenga attiva la motivazione e minimizzi le difficoltà insorte durante la terapia; a tal fine sarà utile informare costantemente il paziente circa i progressi del trattamento e incentivarlo positivamente alla collaborazione.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Al secondo appuntamento, prima della consegna della terza coppia di allineatori si posizionano gli Attachments, spessori in composito dello stesso colore della dentatura, la cui sede, forma e posizione vengono decise durante la progettazione del piano di trattamento.

Gli Attachments, oltre ad aumentare la ritenzione degli allineatori, permettono di ottenere i movimenti dentali desiderati poiché consentono una corretta trasmissione della forza espressa dall'allineatore verso la direzione programmata coerentemente con il piano di trattamento.





Per ottenere risultati ottimali in termini di precisione delle dimensioni, resistenza all'usura e aderenza, sarà opportuno scegliere compositi e adesivi di fissaggio compatibili. Una volta verificata l'adesione corretta dell'Attachment template, si procede a isolare il campo di lavoro, asciugare, mordenzare, passare l'adesivo di fissaggio e fotopolimerizzare ciascun dente su cui sarà fissato un Attachment.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.A. - Tutti i diritti riservati

SEQUENZA CORRETTA

La scelta della gradazione di colore del composito degli Attachment è fondamentale in quanto dovrà essere perfettamente omogeneo con il colore dei denti del paziente:

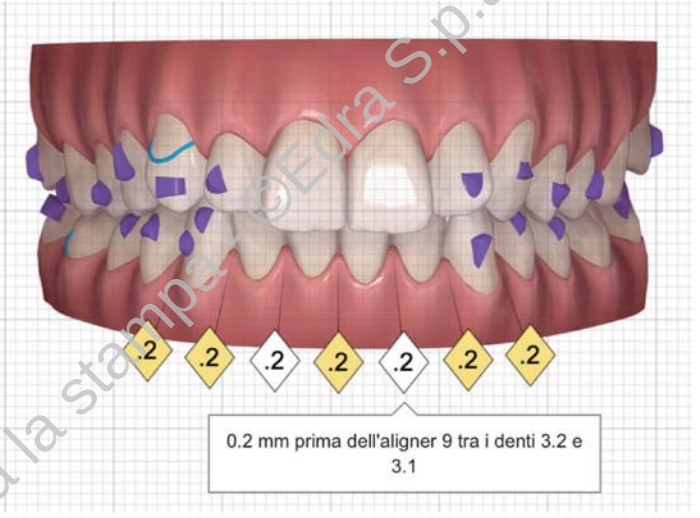
- Caricare una piccola quantità di composito su ogni pozzetto del template fino a riempirlo leggermente oltre il bordo.
- Posizionare il template predisposto sui denti e applicare una leggera pressione in corrispondenza di ciascun Attachment, per assicurare un completo adattamento alla superficie.
- Fotopolimerizzare.
- Rimuovere il template e controllare che tutti gli Attachment abbiano aderito.
- Togliere gli eventuali residui di materiale dai denti usando una fresa per rifinitura al carburo di tungsteno. Quest'ultima operazione è estremamente preziosa, in quanto il fitting ottimale degli allineatori potrebbe essere compromesso da eccessi di materiale composito residuo.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.A. - Tutti i diritti riservati

I controlli successivi servono a monitorare la terapia.

Prima che il paziente si accomodi in poltrona è opportuno verificare il piano di trattamento digitale.
Durante i controlli è consigliabile mantenere una sequenza clinica abituale per non dimenticare alcuni passaggi:

- Effettuare un confronto diretto tra fase di trattamento virtuale e risultato clinico reale per confermare la progressione e la congruità con quanto pianificato.
- Controllare che gli Attachments siano tutti presenti, se mostrano segni di usura e/o mancanza di materiale.
- Verificare l'adesione dell'ultimo allineatore.
- Controllare i punti di contatto con il filo interdentale e se sono troppo stretti allentarli con le strisce abrasive per lucidatura.
- Inserire eventuali Attachments aggiuntivi e/o procedere con l'IPR, se programmato.



NB: qualsiasi discrepanza tra l'effettiva risposta clinica e il programma di sequenza di trattamento virtuale, indica che il set up digitale deve essere completamente rivisto.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

CAPACITÀ CLINICHE E BIOMECCANICHE DEGLI ALLINEATORI

I problemi ortodontici più comuni per i quali i pazienti consultano lo specialista sono costituiti soprattutto dalla presenza di spazi a livello dei denti frontali, inclinazioni eccessive degli incisivi, cross-bites e affollamento anteriore.

Sono rappresentati pertanto da malposizioni dentali e squilibri occlusali a prevalenza trasversale la cui presenza è chiaramente in grado di produrre problemi estetici, asimmetrie gravi del volto e/o dell'occlusione.

Nella maggior parte dei casi quindi la presenza di un disallineamento dentale è solo un campanello d'allarme utile a evidenziare una malocclusione più complessa caratterizzata non solo dalla presenza di affollamento ma accompagnata anche da scorretti rapporti sagittali e/o verticali.

L'obiettivo di un trattamento non potrà essere solo quello di recuperare la posizione dei denti disallineati, ma anche di definire e controllare la forma complessiva delle arcate, con particolare attenzione all'ampiezza trasversale posteriore e alla posizione antero-posteriore degli incisivi. Parallelamente sarà necessario valutare e controllare se questa fase dovrà essere associata a un trattamento più complesso per il raggiungimento di un rapporto molare e canino di Classe I.

Di primaria importanza è determinare la relazione e l'influenza della discrepanza trasversale sul resto dell'occlusione.

Pertanto, il primo passo nella progettazione di un piano di trattamento è il controllo trasversale attraverso un'espansione dento-alveolare e la preparazione delle arcate.

L'ampliamento dell'arcata superiore e il cambiamento della sua forma determinano un miglioramento e un recupero dello spazio in grado di indurre modificazioni che rimarranno stabili nel tempo.

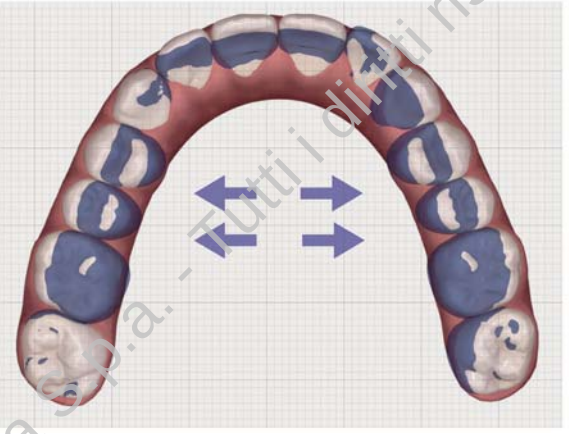
Il rapporto trasversale armonico tra arcata superiore e arcata inferiore è la premessa per il corretto posizionamento sagittale dei denti e il raggiungimento di una buona occlusione.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

L'obiettivo della prima fase di trattamento con allineatori è quindi quello di affrontare tutte le condizioni la cui risoluzione è necessaria per ottenere una forma d'arcata corretta e stabile.

- Correzione dei cross-bites.
- Recupero di elementi dentali malposti.
- Correzione delle rotazioni.
- Chiusura degli spazi.

La maggior parte delle condizioni sopraelencate richiede una creazione dello spazio necessario al corretto posizionamento dei singoli elementi dentali in arcata.



Il secondo obiettivo è il compenso dentale relativamente al limite anteriore della dentatura, come risultato clinico di stabilità, funzione ed estetica.

Dopo aver corretto i rapporti trasversali e ottenuto un cambiamento della forma d'arcata, durante la fase diagnostica e nella realizzazione dei piani di trattamento sarà opportuno valutare quali potranno essere i compromessi dentali accettabili e fino a che punto sarà possibile eseguire i movimenti di compenso. Queste decisioni si rendono necessarie principalmente nelle condizioni cliniche di discrepanza sagittale.

Dovranno essere tenute in considerazione: recidive di affollamento, problemi parodontali, diastemi interincisivi superiori e problemi articolari.

Qual è il limite per avanzare l'incisivo?

La risposta si basa sull'analisi dei fattori che devono essere considerati quando si modifica la posizione dell'incisivo inferiore.
Una pianificazione adeguata deve ridurre al minimo il rischio di instabilità, cercando pertanto di tenere conto dei fattori che limitano i movimenti degli incisivi (funzionali, estetici e parodontali).

A tale scopo i denti saranno posizionati in modo da realizzare un angolo interincisale accettabile.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.A. - Tutti i diritti riservati

Una volta compresi e stabiliti gli obiettivi sarà indispensabile progettare la risoluzione del caso attraverso movimenti sequenziali programmati. Nei casi complessi è consigliabile scomporre i movimenti richiesti per ottenere risultati più predicibili.

Particolarità della terapia con allineatori è quella di offrire all'ortodontista l'opportunità di eseguire più movimenti contemporaneamente e la possibilità di programmarli e visualizzarli prima della loro realizzazione clinica.

Riportiamo l'esempio di alcuni schemi che ritroveremo nei capitoli seguenti e che potranno essere utili e pratici da seguire per chi intende avvicinarsi all'uso degli allineatori trasparenti.

Affollamento

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Morso aperto

Morso profondo

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.A. - Tutti i diritti riservati

Distalizzazione

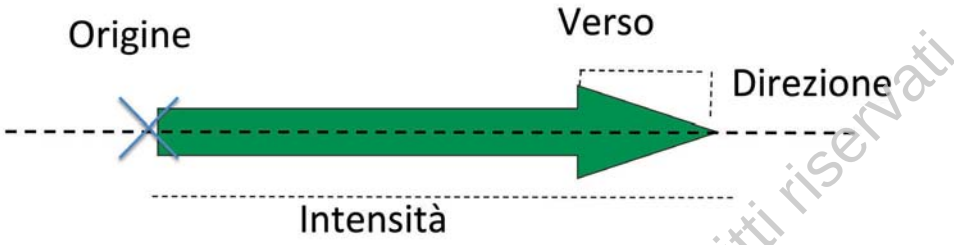
FATTORI DA CONSIDERARE

Il movimento ortodontico è l'espressione clinica delle forze applicate sugli elementi dentali in base alle apparecchiature utilizzate; le leggi attraverso cui si realizza sono le stesse che governano la dinamica.
Le forze applicate si identificano nell'apparecchio ortodontico mentre i loro effetti sono rappresentati dal movimento dentale.
Per comprendere la rilevanza clinica dell'applicazione corretta dei principi di biomeccanica nell'ambito di un trattamento ortodontico è necessario approfondire alcuni concetti meccanici indispensabili:

- Forza.
- Centro di Resistenza.
- Centro di Rotazione.

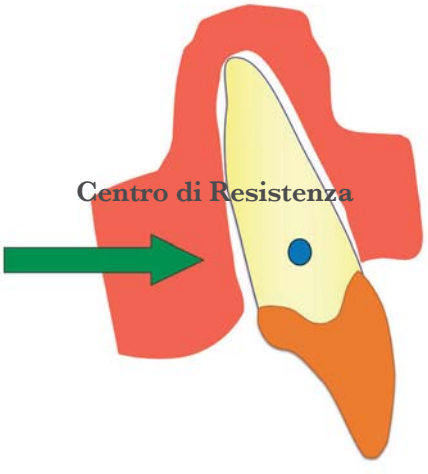
Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

La forza è una grandezza fisica vettoriale che si manifesta nell'interazione di due o più corpi caratterizzata da: intensità, direzione, verso e origine.



L'azione di un filo ortodontico su un elemento dentale, l'attivazione di una molla, la progettazione di Attachments o l'uso di elastici sono gli esempi più comuni della produzione di forze in campo ortodontico.

Il Centro di Resistenza è il punto attraverso il quale deve passare una forza per spostare in modo lineare e rigido un oggetto vincolato. Se applichiamo una forza direttamente sul Centro di Resistenza del sistema "dente-legamento parodontale-osso", il dente si muoverà in modo lineare senza ruotare, ottenendo un effettivo movimento traslatorio. La corona e la radice si sposteranno nella stessa direzione e della stessa quantità di spazio mantenendo un'inclinazione assiale costante.



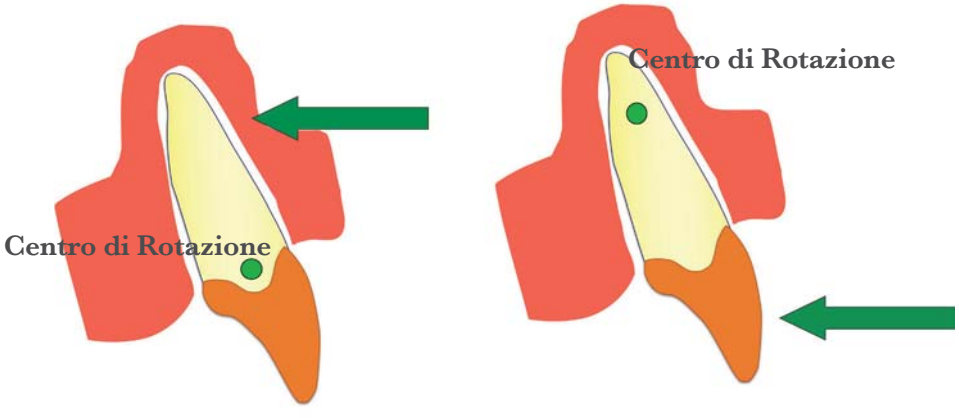
NB: quando la linea d'azione della forza passa lontano dal Centro di Resistenza si genera un Momento di forza che provoca la rotazione del dente.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Ciascun elemento dentale, gruppo di denti, o intero sistema (dente-legamento parodontale-osso) ha i propri Centri di Resistenza che possono essere descritti nei tre piani dello spazio.
Il Centro di Resistenza non è facilmente identificabile: in un dente monoradicolato, con normali livelli di supporto osseo, il Centro di Resistenza si trova a circa il 40% della distanza tra la cresta alveolare e l'apice radicolare; nei denti pluriradicolati il Centro di Resistenza si trova in posizione apicale, a 1-2 mm dalla forcazione.

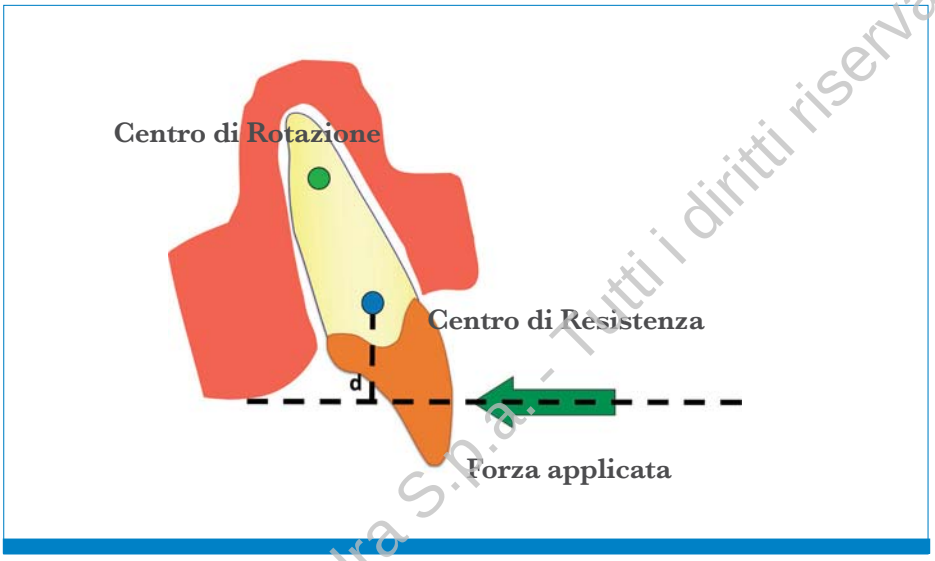
Sebbene quindi la sua localizzazione non sia ben identificabile e non raggiungibile dall'apparecchiatura ortodontica è tuttavia importante conoscere concettualmente il Centro di Resistenza e il suo significato. Dalla relazione tra il sistema di azione delle forze sul dente e il Centro di Resistenza ne deriva il tipo di movimento espresso dal dente.

Il Centro di Rotazione di un dente è quel punto arbitrario intorno al quale il dente ruota e varia a seconda del punto di applicazione delle forze ortodontiche e della loro direzione; ogni volta che è applicata una specifica forza in un punto non coincidente con il Centro di Resistenza si crea un diverso Centro di Rotazione.



Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

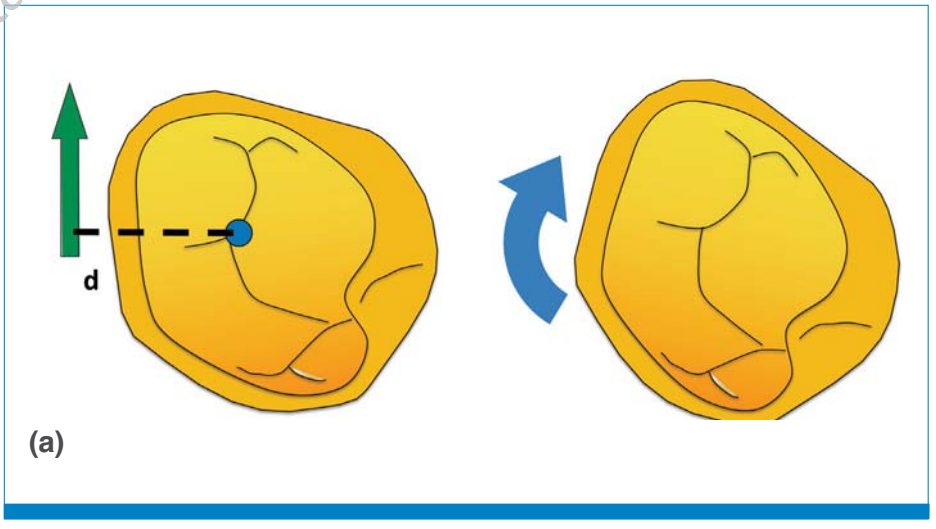
La grandezza fisica che determina una rotazione del corpo si definisce Momento di Forza. Il valore del Momento è determinato dall'intensità della forza applicata, moltiplicata per la distanza tra il punto di applicazione della forza stessa e il Centro di Resistenza del dente, misurata perpendicolarmente. Questa distanza (d) perpendicolare è detta Braccio della Forza.



Il Momento di una forza spesso non è considerato con la giusta importanza nella pratica clinica, tuttavia la sua conoscenza è indispensabile per realizzare un'efficiente ed efficace programmazione ortodontica.

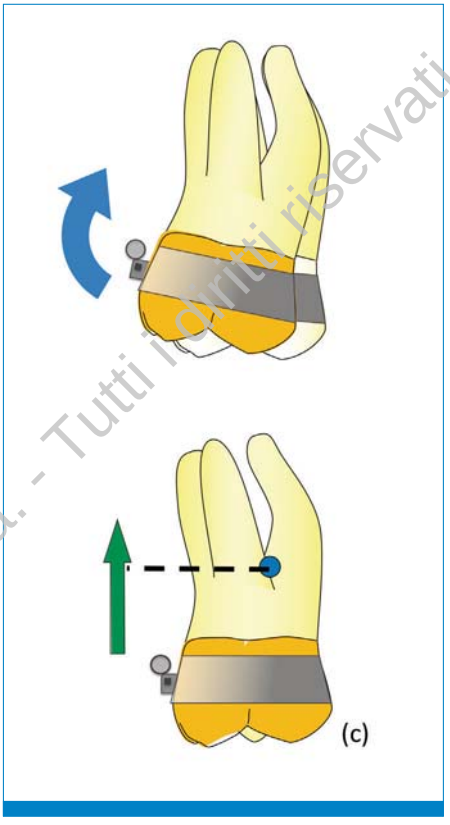
ESEMPIO CLINICO DI MOMENTO DI FORZA

Una forza applicata in senso mesiale provoca la mesiorotazione del dente (a)

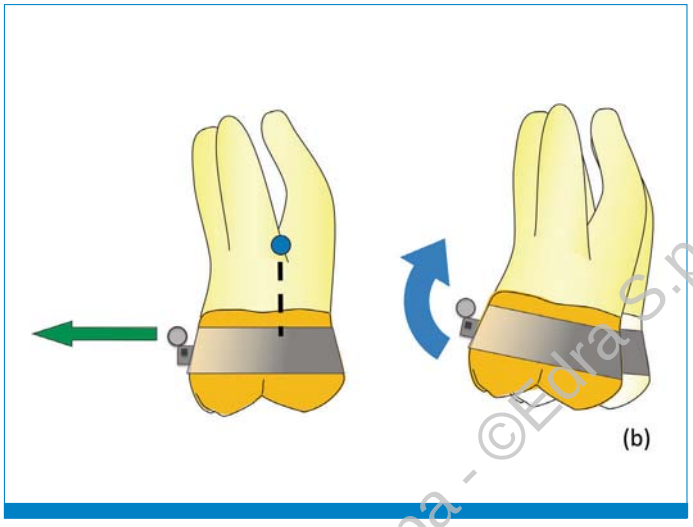


Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Una forza intrusiva provoca un tipping vestibolare del dente (c).

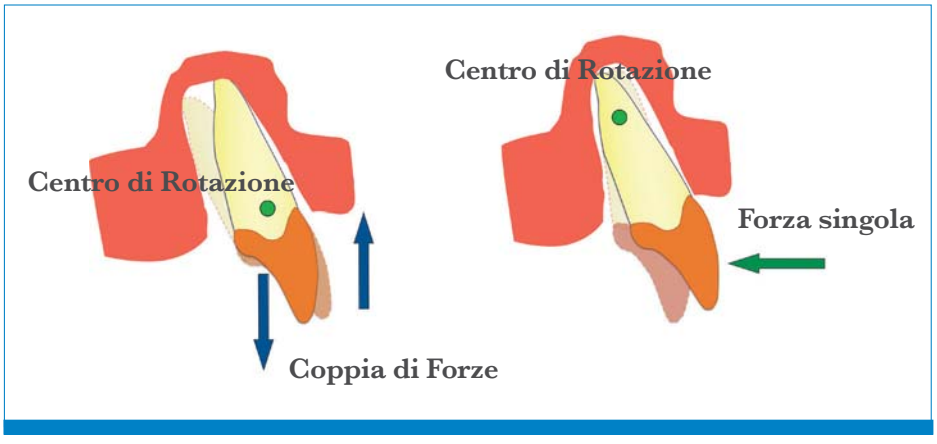


Una forza di espansione provoca un tipping vestibolare del dente (b).



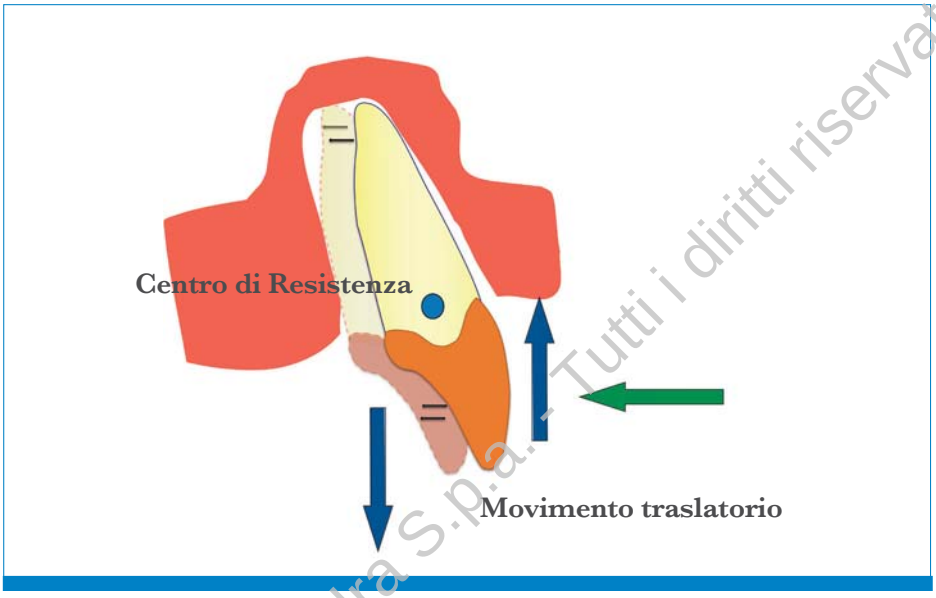
Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Un ortodontista ha solo due tipi di forze a disposizione:
La Forza Singola che determina l'inclinazione coronale di un dente (tipping) e produce un movimento a livello coronale associato a uno opposto di minore intensità della radice.

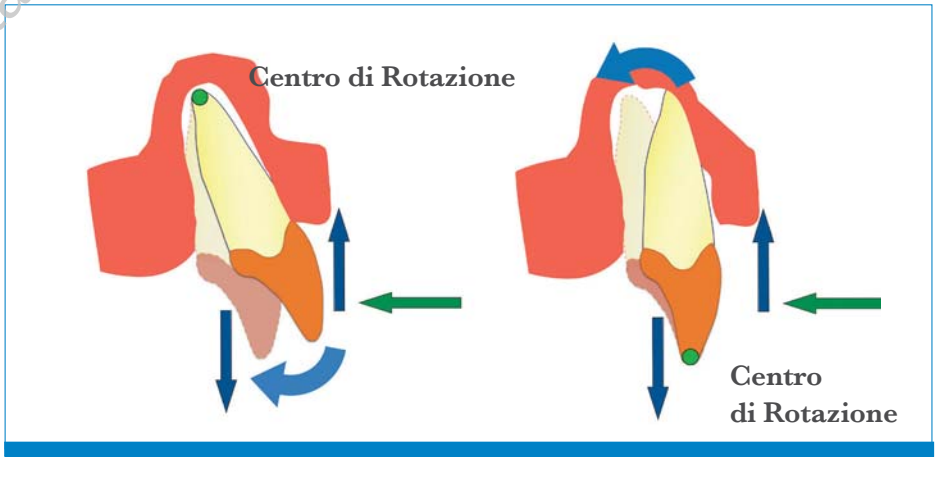


La Coppia di Forze che determina il controllo della radice e produce un movimento a livello radicolare associato a uno opposto di minore intensità della corona.

Per eseguire dei movimenti traslatori nei quali corona e radice si spostano nella stessa direzione della stessa quantità di spazio è necessaria l'applicazione contemporanea di una Forza Singola e di una Coppia di Forze.



L'applicazione di una Forza Singola (F) in combinazione con l'utilizzo di una Coppia di Forze (CF) realizza un sistema in grado di controllare sia la corona che la radice, producendo un movimento di traslazione. Tale effetto equivale a quello di una Forza Singola applicata in corrispondenza del Centro di Resistenza.



Per eseguire dei movimenti controllati della corona o della radice nei quali la sola corona o la sola radice si spostano nella direzione desiderata è necessaria l'applicazione contemporanea di una Forza Singola e di una Coppia di Forze.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Un elemento dentale sottoposto all'azione di forze esterne può eseguire molteplici spostamenti da ricondurre essenzialmente a due sole categorie di movimento:

- Traslazione.
- Rotazione.

TRASLAZIONE

La traslazione è un movimento dentale definito anche "movimento corporeo", si realizza quando la corona e l'apice radicolare si spostano nella stessa direzione e della stessa quantità di spazio.

I movimenti di traslazione sono ottenuti grazie all'applicazione di un sistema di forze costituito da una Forza Singola e una Coppia di Forze a livello coronale. Tale effetto equivale a quello di una Forza Singola applicata in corrispondenza del Centro di Resistenza.

I movimenti di traslazione possono essere ottenuti anche avvicinando il più possibile il punto di applicazione della Forza al Centro di Resistenza del dente come nell'utilizzo dei Power Arm.

ROTAZIONE

La rotazione è il movimento di un dente intorno a un punto definito Centro di Rotazione, che varia la sua posizione in base al punto di applicazione e al tipo di Forze utilizzate (Forza Singola, Coppia di Forze) determinando un movimento a prevalenza coronale, radicolare o di entrambe in maniera equivalente.

La rotazione è generata per effetto di una Forza Singola o di una Coppia di Forze applicata a livello coronale.
Viene definita rotazione pura quando il Centro di Rotazione coincide con il Centro di Resistenza.

Da un punto di vista clinico i movimenti dentali possono essere distinti in:

- Orizzontali, quando il dente si muove in direzione mesio-distale o vestibolo-linguale.
- Verticali, quando il dente si muove in direzione occlusale o gengivale.
- Circolari, quando il dente si muove intorno a un asse verticale.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.A. - Tutti i diritti riservati

BIOMECCANICA NELLE APPARECCHIATURE MULTIBRACKETS

Descrizione dei movimenti

- Arretramento.
- Traslazione.
- Intrusione/Estrusione.
- Rotazione.

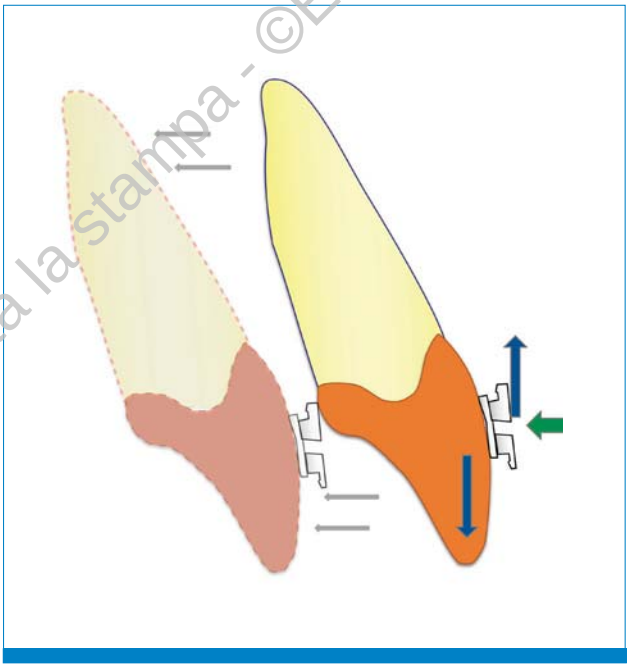
Il movimento dentale avviene per tipping-uprighting.

In tutti i movimenti traslatori il Sistema di Forze applicate resta sempre lo stesso. Cambia la direzione di applicazione e il rapporto di intensità tra le diverse Forze applicate.

DESCRIZIONE DEI MOVIMENTI

- **Arretramento**.
- Traslazione.
- Intrusione/Estrusione.
- Rotazione.

Forza Singola: applicata dalla trazione elastica.
Coppia di Forze: generata dalla resistenza alla deformazione dell'arco rettangolare a massimo spessore.



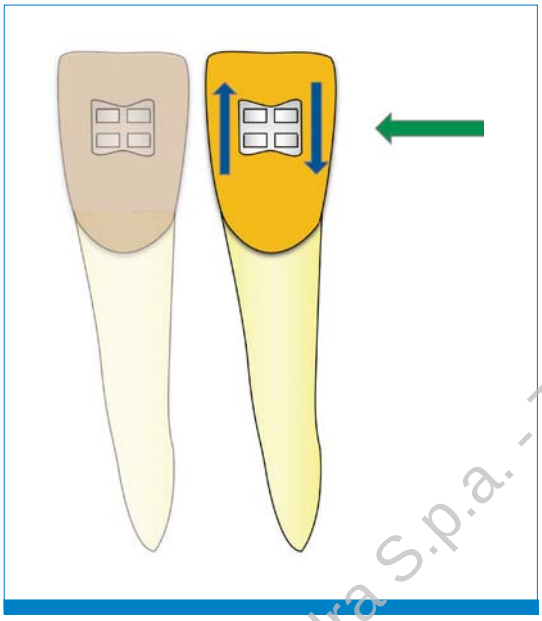
Il Centro di Rotazione non esiste perché il dente trasla.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

DESCRIZIONE DEI MOVIMENTI

- Arretramento.
- **Traslazione**.
- Intrusione/Estrusione.
- Rotazione.

Forza Singola: applicata dalla trazione elastica.
Coppia di Forze: generata dalla resistenza alla deformazione dell'arco o da pieghe di tip aggiuntive.



Il Centro di Rotazione non esiste perché il dente trasla.

Il movimento corporeo è ottenuto attraverso la realizzazione di un Sistema di Forze la cui risultante consente di dislocare la corona e la radice della stessa entità e nella stessa direzione e verso.

Il Sistema di Forze necessario è generato dalla contemporanea applicazione di due forze distinte:

- La Forza Singola che produce un movimento di tipping a livello della corona.
- La Coppia di Forze applicata con uguale intensità ma con Momento di rotazione opposto a quello della Forza Singola, che produce un movimento di uprighting a livello della radice.

Le risultanti del sistema di forze sono equiparabili a una Forza Singola applicata a livello del Centro di Resistenza.

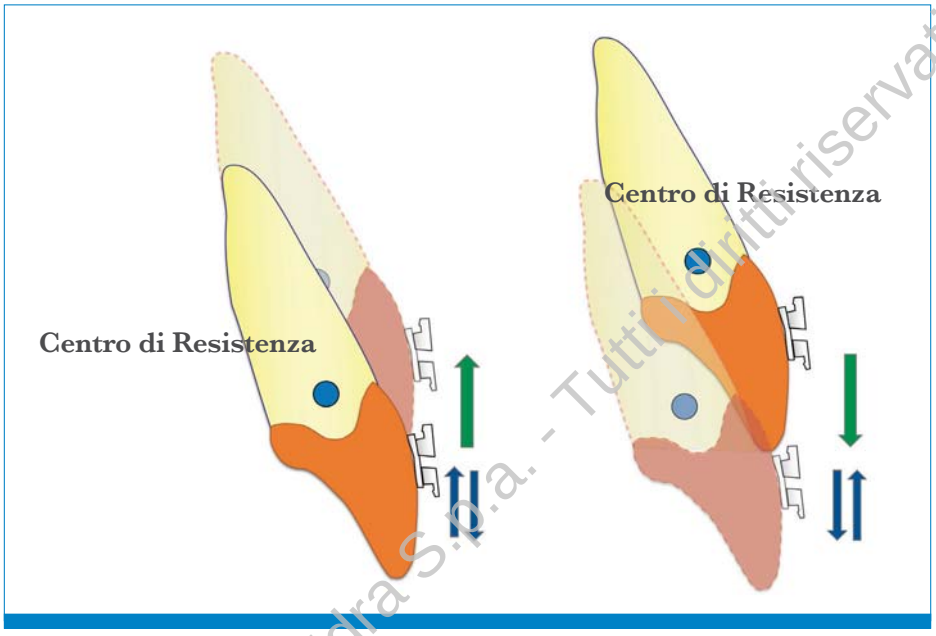
L'applicazione a livello dello slot del bracket di una **Forza Singola** in combinazione con una **Coppia di Forze** realizza un sistema in grado di controllare il movimento sia della corona che della radice nei tre piani dello spazio.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

DESCRIZIONE DEI MOVIMENTI

- Arretramento.
- Traslazione.
- **Intrusione/Estrusione**.
- Rotazione.

Forza Singola: applicata dalla trazione elastica.
Coppia di Forze: generata dalla resistenza alla deformazione dell'arco rettangolare.



Nei movimenti verticali il dente si muove sull'asse verticale in direzione occlusale o gengivale:

- Nel movimento di intrusione si assiste allo spostamento del dente verso l'osso alveolare. Gli elementi dell'arcata superiore subiscono uno spostamento in direzione craniale mentre quelli dell'arcata inferiore in direzione caudale.
- Nel movimento di estrusione si ottiene lo spostamento del dente nella stessa direzione della sua eruzione. Gli elementi dell'arcata superiore subiscono un movimento in direzione caudale mentre quelli dell'arcata inferiore in direzione craniale.

I movimenti di intrusione ed estrusione pura sono dei movimenti corporei di tipo traslatorio; in entrambi i casi, il Centro di Rotazione si trova all'infinito. Idealmente tali movimenti possono essere eseguiti applicando una Forza Singola lungo la retta che attraversa il Centro di Resistenza del dente.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Anche in questo caso il sistema di forze è generato dalla contemporanea applicazione di due forze distinte:

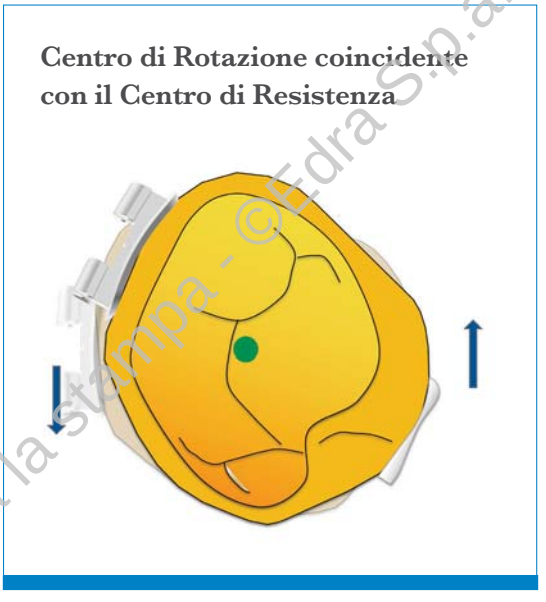
- La Forza Singola applicata vestibolarmente a livello coronale che produce un movimento della corona intorno all'asse mesio-distale.
- La Coppia di Forze applicata con momento di rotazione di uguale intensità ma di verso opposto a quello generato dalla Forza Singola, che produce uno spostamento della radice tale da annullare le componenti rotazionali del sistema di forze.

Le risultanti del sistema di forze sono equiparabili a una Forza Singola con applicazione a livello del Centro di Resistenza.

DESCRIZIONE DEI MOVIMENTI

- Arretramento.
- Traslazione.
- Intrusione/Estrusione.
- **Rotazione**.

Coppia di Forze: generata da trazioni elastiche sulle superfici vestibolare e linguale.



L'applicazione di una Coppia di Forze crea un momento rotazionale intorno all'asse lungo del dente.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Nei movimenti circolari il dente si muove intorno a un asse verticale.
Quando il Centro di Rotazione coincide con il Centro di Resistenza il movimento è di rotazione pura.

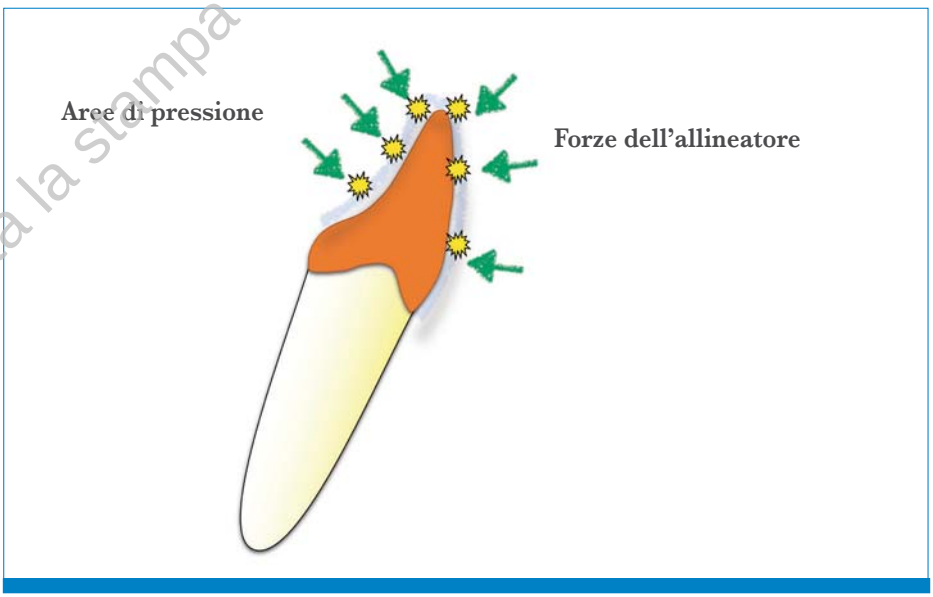
Il movimento di rotazione si esegue applicando una Coppia di Forze, rispettivamente sulle pareti vestibolare e linguale dell'elemento, con intensità uguale e verso opposto (Coppia di Forze in direzione mesio-distale).
La Coppia di Forze crea un Momento di rotazione fino a quando le direzioni di azione delle forze costituenti la coppia non sono sulla stessa retta.

In base al verso delle forze, la rotazione può essere mesiale o distale.

BIOMECCANICA NEGLI ALLINEATORI

Descrizione dei movimenti

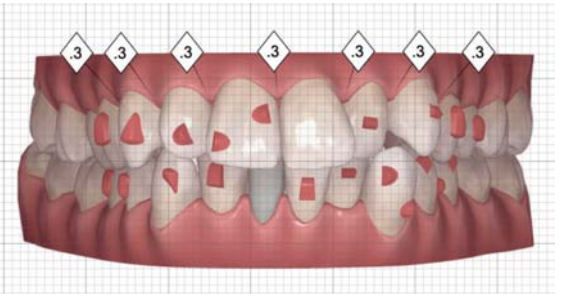
- Arretramento.
- Traslazione.
- Intrusione/Estrusione.
- Rotazione.



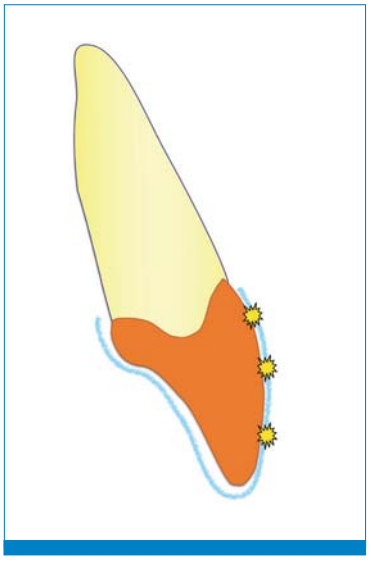
Con gli allineatori la mascherina abbraccia completamente la corona e la forza che viene esercitata si distribuisce su una superficie maggiore, con un effetto ortodontico differente rispetto a quello ottenuto con gli apparecchi tradizionali in cui la forza viene esercitata su un solo punto.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Il movimento dentale avviene per tipping-uprighting



Nell'arretramento di un incisivo (movimento traslatorio) la forza applicata dall'allineatore si distribuisce su tutta la superficie vestibolare della corona.
L'elemento dentale si sposta nella direzione desiderata occupando uno spazio vuoto appositamente programmato. Il primo movimento sarà di tipping coronale con spostamento della radice in direzione opposta.
Ciò comporta il riempimento dello spazio vuoto solo nella porzione più occlusale dell'allineatore.
Il dente in questa fase si inclina fino a quando tocca l'allineatore in un punto.
Il contatto opposto vestibolo-linguale tra il dente e l'allineatore genera una Coppia di Forze che produce un secondo movimento di uprighting radicolare.
Quando le distanze tra dente e allineatore sono uniformi non si avrà più alcun movimento e l'allineatore sarà passivo.
Nei movimenti di arretramento spesso sono necessarie Forze aggiuntive programmate negli allineatori.
Sarà importante controllare il livellamento d'arcata e il torque radicolare.



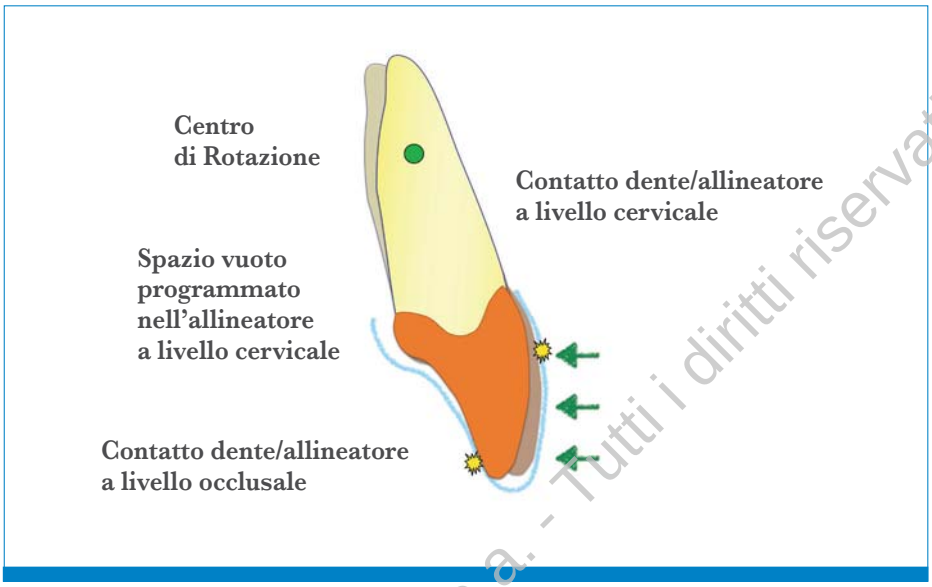
In tutti i movimenti traslatori il Sistema di Forze applicate resta sempre lo stesso.
Cambia la direzione di applicazione della forza.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.A. - Tutti i diritti riservati

DESCRIZIONE DEI MOVIMENTI

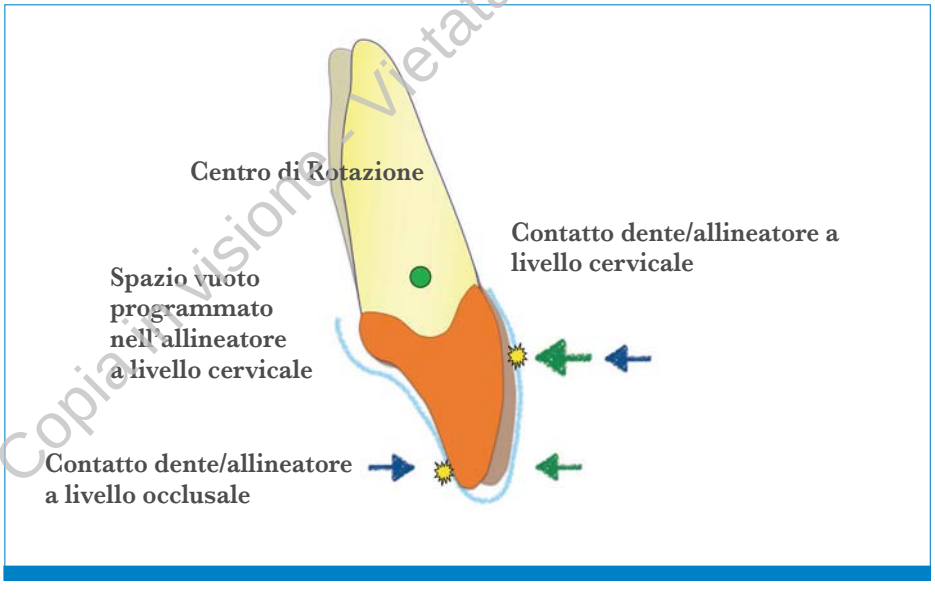
- **Arretramento**.
- Traslazione.
- Intrusione/Estrusione.
- Rotazione

Forza Singola: realizzata dalla pressione dell'allineatore.



L'applicazione della Forza da parte dell'allineatore sulla superficie del dente provoca inizialmente un tipping coronale.
Ciò comporta una inclinazione (tipping) del dente all'interno dell'allineatore e un contatto vestibolo-linguale con l'allineatore.

Forza Singola: realizzata dalla pressione dell'allineatore.
Coppia di Forze: generata dalla pressione dell'allineatore a livello cervicale e dalla resistenza al movimento dell'allineatore a livello occlusale.

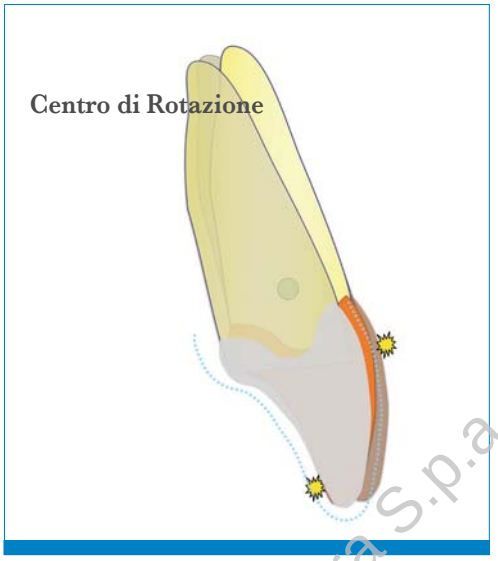


Il contatto dell'allineatore con la superficie linguale del dente annulla lo spostamento a livello occlusale e genera una Coppia di Forze che consente il raddrizzamento radicolare.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.A. - Tutti i diritti riservati

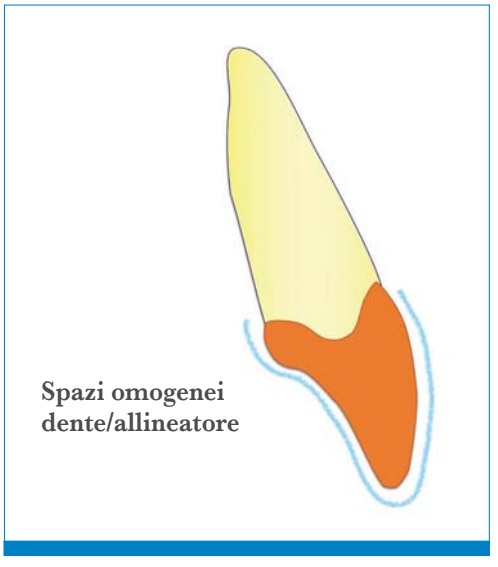
Il secondo movimento è di uprighting radicolare.

La forza vestibolare dell'allineatore produce un movimento solo a livello cervicale realizzando il raddrizzamento radicolare.



Si realizzano distanze uniformi tra il dente e l'allineatore.

L'allineatore è passivo.



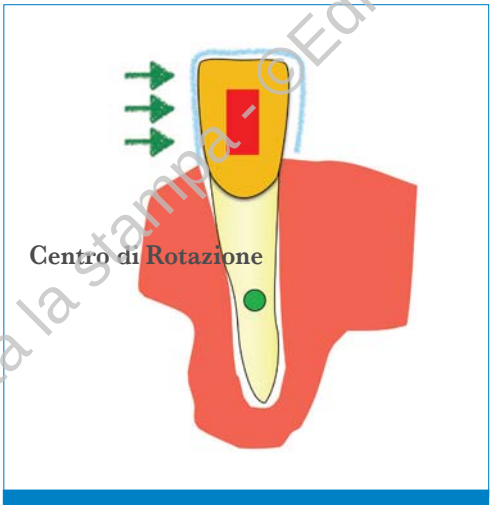
Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Nella traslazione di un incisivo (movimento traslatorio) la forza applicata dall'allineatore si distribuisce su tutta la superficie della corona.
L'elemento dentale si sposta nella direzione desiderata occupando uno spazio vuoto appositamente programmato nell'allineatore.
Il primo movimento sarà di tipping coronale con spostamento della radice in direzione opposta.
Ciò comporta il riempimento dello spazio vuoto solo nella porzione più occlusale dell'allineatore.
Il dente in questa fase si inclina fino a quando tocca l'allineatore in un punto.
Il contatto opposto mesio-distale tra il dente e l'allineatore genera una Coppia di Forze che produce un secondo movimento di uprighting radicolare.
Quando le distanze tra dente e allineatore sono uniformi non si avrà più alcun movimento e l'allineatore sarà passivo.
Nei movimenti traslatori è imperativo l'utilizzo di Attachments e ipercorrezioni durante la programmazione per consentire il corretto parallelismo radicolare.

DESCRIZIONE DEI MOVIMENTI

- Arretramento.
- **Traslazione**.
- Intrusione/Estrusione.
- Rotazione.

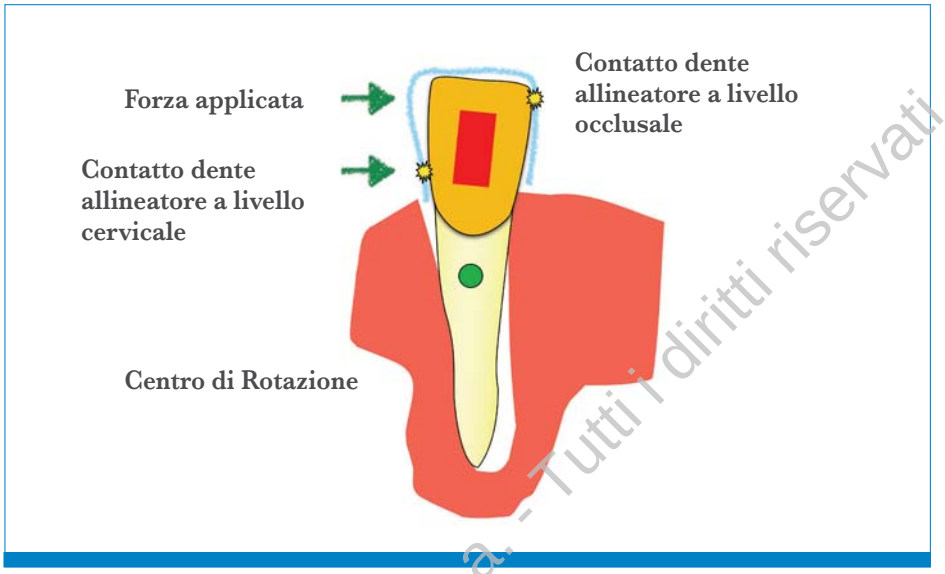
Forza Singola: realizzata dalla pressione dell'allineatore.



L'applicazione della Forza da parte dell'allineatore sulla superficie del dente provoca inizialmente un tipping coronale.

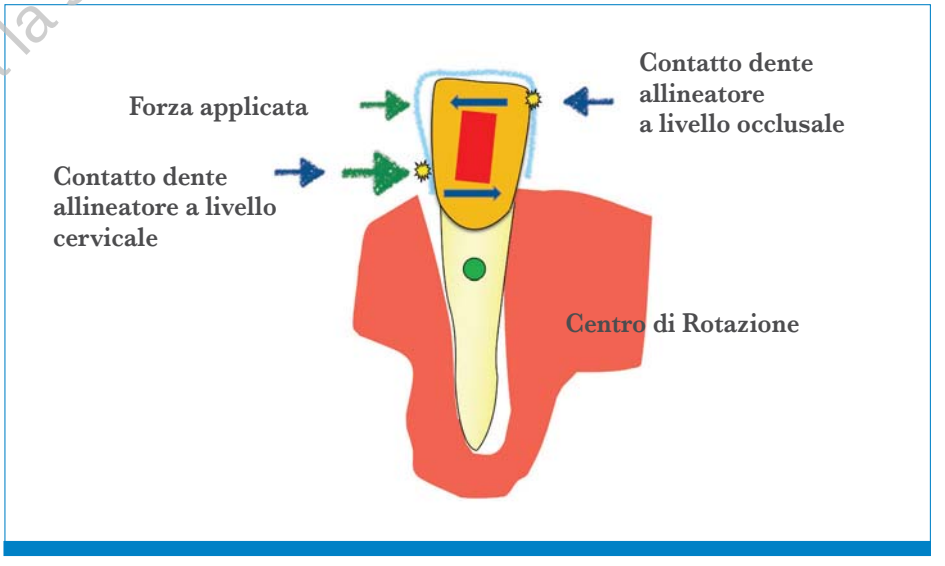
Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Forza Singola: realizzata dalla pressione dell'allineatore.



Ciò comporta un'inclinazione (tipping) del dente all'interno dell'allineatore e un contatto mesio-distale con la mascherina.

Forza Singola: realizzata dalla pressione dell'allineatore.
Coppia di Forze: generata dalla pressione dell'allineatore a livello cervicale e dalla resistenza al movimento dell'allineatore a livello occlusale.
Si genera una Coppia di Forze anche a livello dell'Attachment.

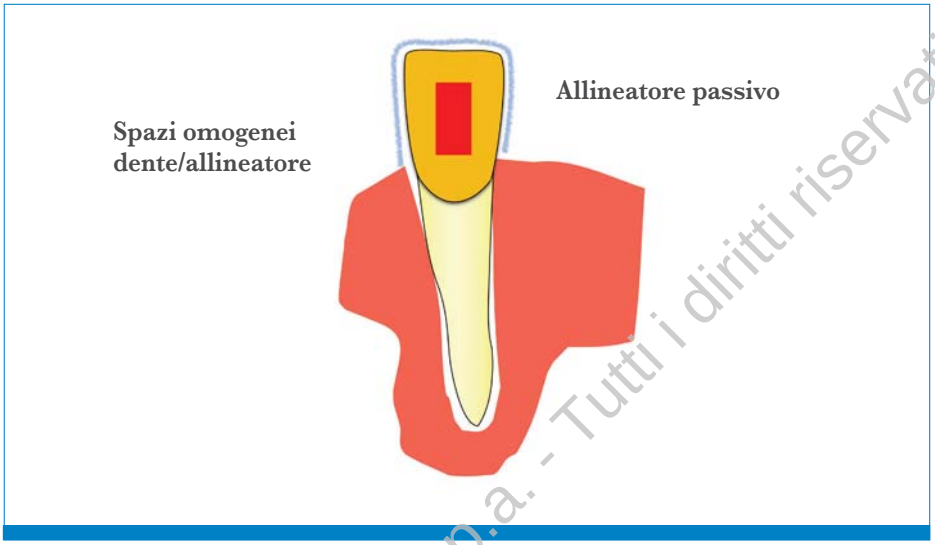


Il contatto dell'allineatore con il dente annulla lo spostamento a livello occlusale e genera una Coppia di Forze che consente il raddrizzamento radicolare. La stessa Coppia di Forze si genera anche a livello dell'Attachment.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Si realizzano distanze uniformi tra il dente e l'allineatore.

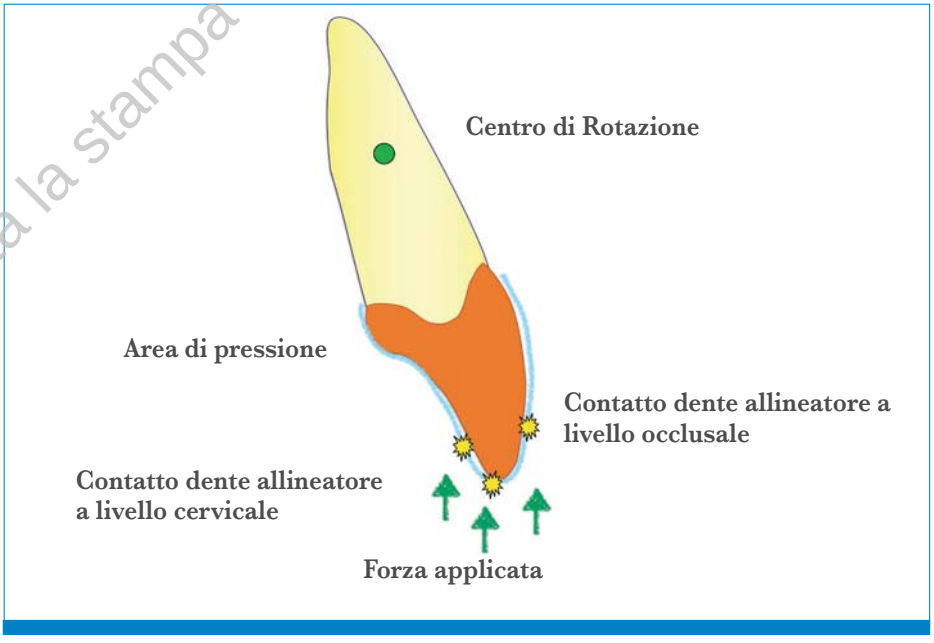
L'allineatore è passivo.



DESCRIZIONE DEI MOVIMENTI

- Arretramento.
- Traslazione.
- **Intrusione**/Estrusione.
- Rotazione.

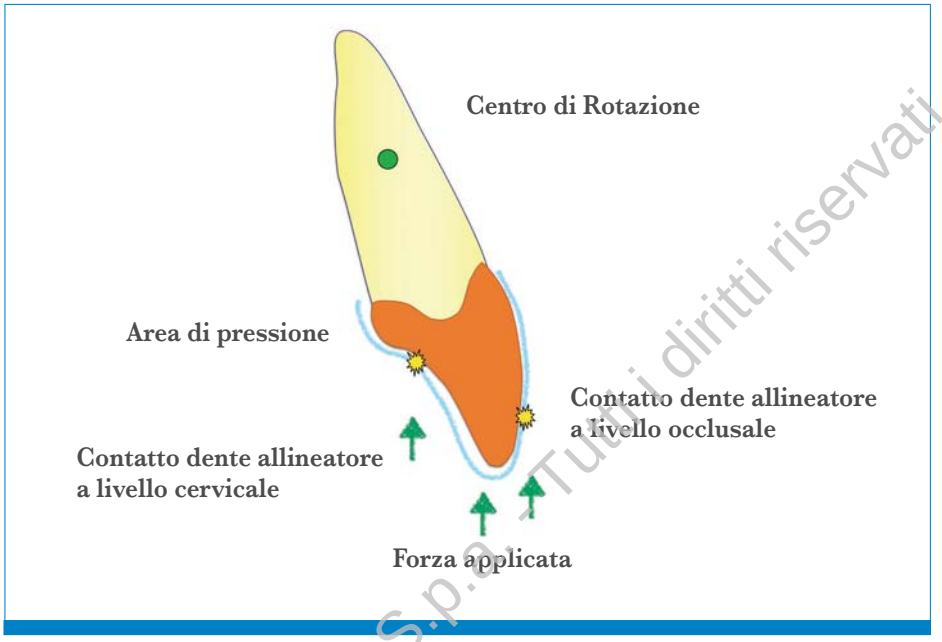
Forza Singola: realizzata dalla pressione dell'allineatore.



L'applicazione della Forza da parte dell'allineatore sulla superficie del dente provoca inizialmente un tipping coronale.

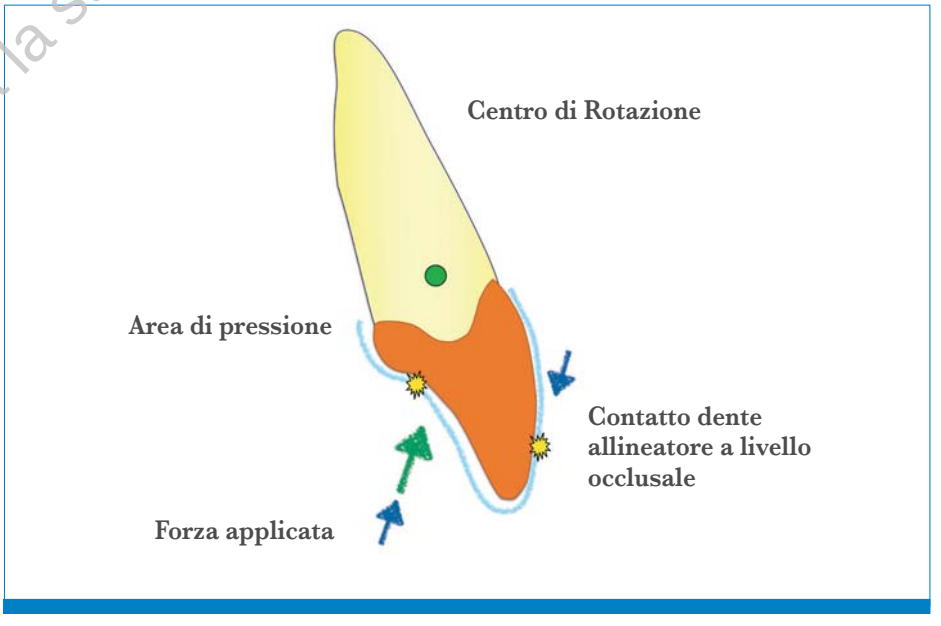
Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Forza Singola: realizzata dalla pressione dell'allineatore.



Ciò comporta una inclinazione (tipping) del dente all'interno dell'allineatore e un contatto mesio-distale con la mascherina.

Forza Singola: realizzata dalla pressione dell'allineatore.
Coppia di Forze: generata dalla resistenza al movimento dell'allineatore a livello occlusale e dall'area di pressione a livello cervicale.



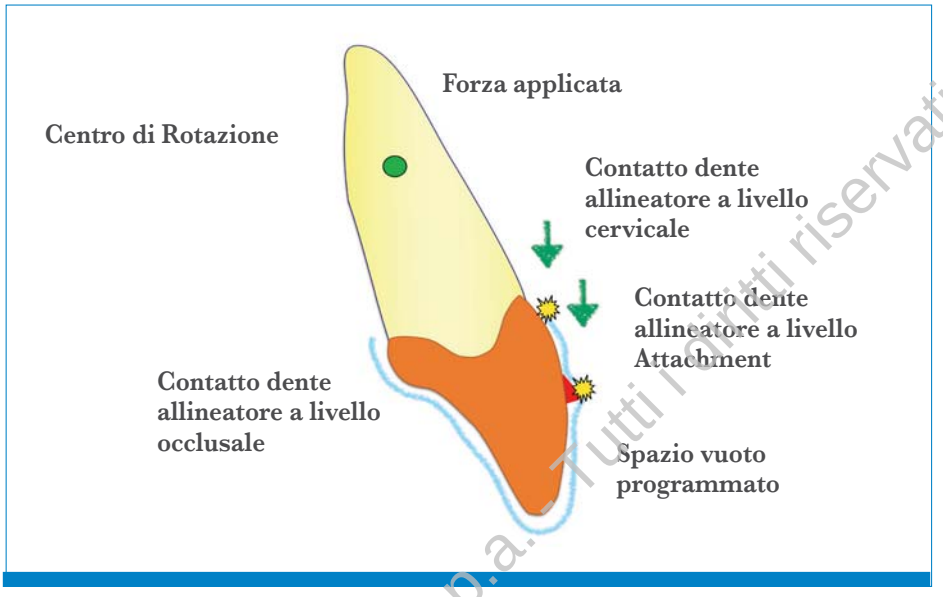
Il contatto dell'allineatore con il dente a livello occlusale vestibolare e l'effetto dell'area di pressione palatale generano una Coppia di Forze che consente il raddrizzamento radicolare.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

DESCRIZIONE DEI MOVIMENTI

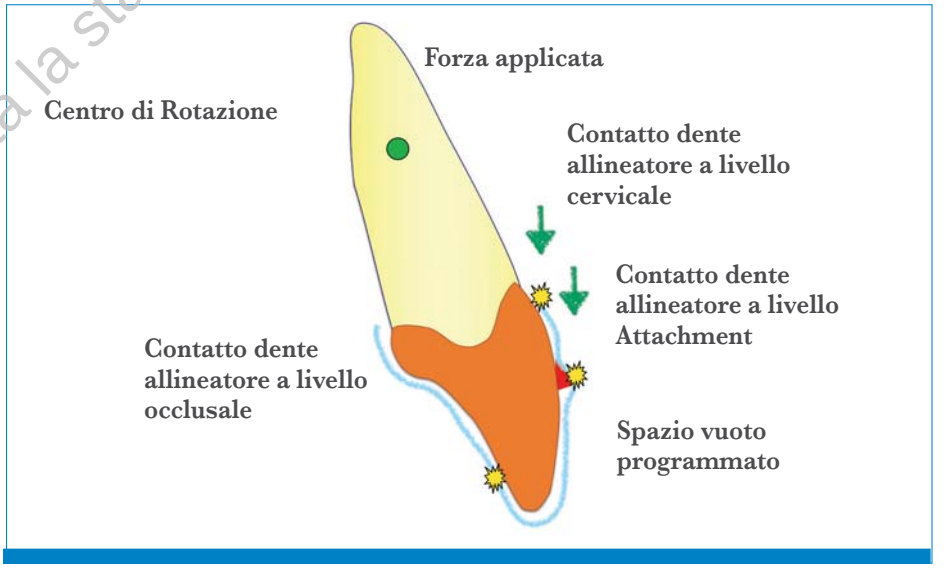
- Arretramento.
- Traslazione.
- Intrusione/**Estrusione**.
- Rotazione.

Forza Singola: realizzata dalla pressione dell'allineatore.



L'applicazione della Forza da parte dell'allineatore sulla superficie del dente provoca oltre all'estrusione (con riempimento dello spazio vuoto programmato nell'allineatore) anche un tipping coronale.

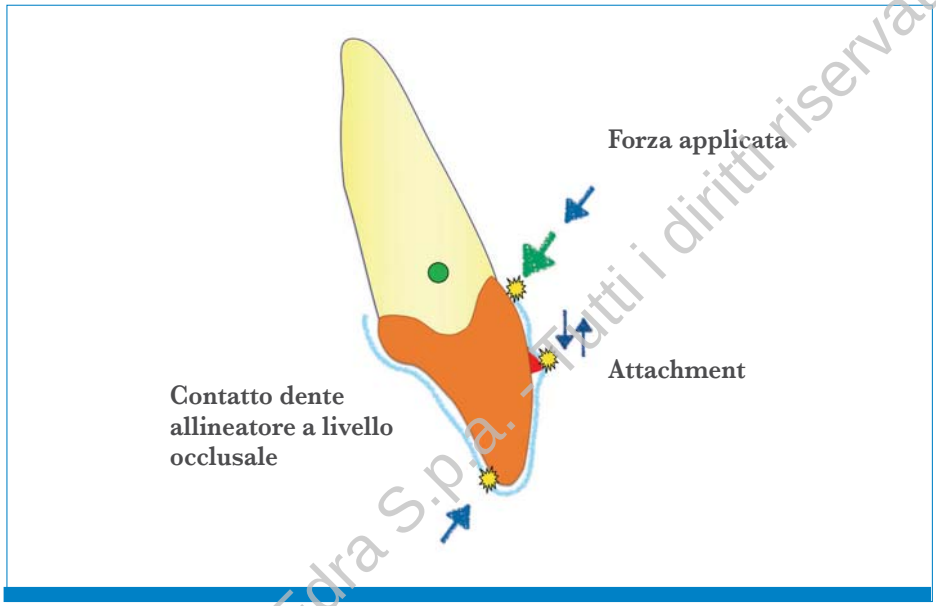
Forza Singola: realizzata dalla pressione dell'allineatore.



Ciò comporta un'inclinazione del dente all'interno dell'allineatore (tipping) e un contatto vestibolo-linguale con la mascherina.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

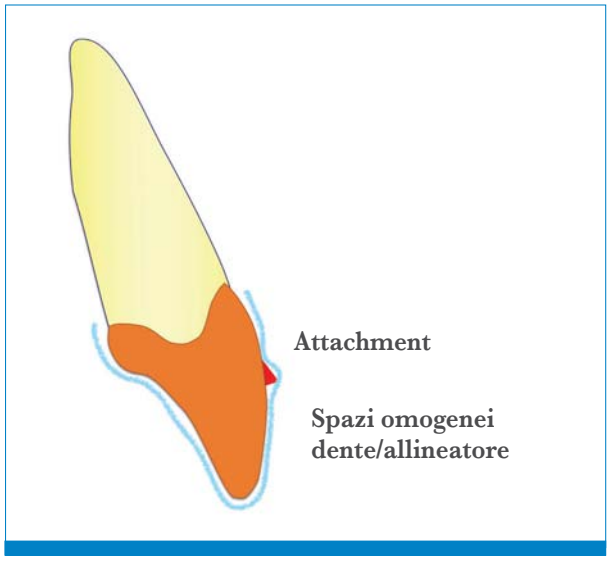
Forza Singola: realizzata dalla pressione dell'allineatore.
Coppia di Forze: generata dalla resistenza al movimento dell'allineatore a livello occlusale-palatale e a livello vestibolare-cervicale.
Si genera una Coppia di Forze anche a livello dell'Attachment.



Il contatto dell'allineatore con il dente a livello occlusale palatale e a livello cervicale vestibolare genera una Coppia di Forze che consente il raddrizzamento radicolare.

Si realizzano distanze uniformi tra il dente e l'allineatore.

L'allineatore è passivo.

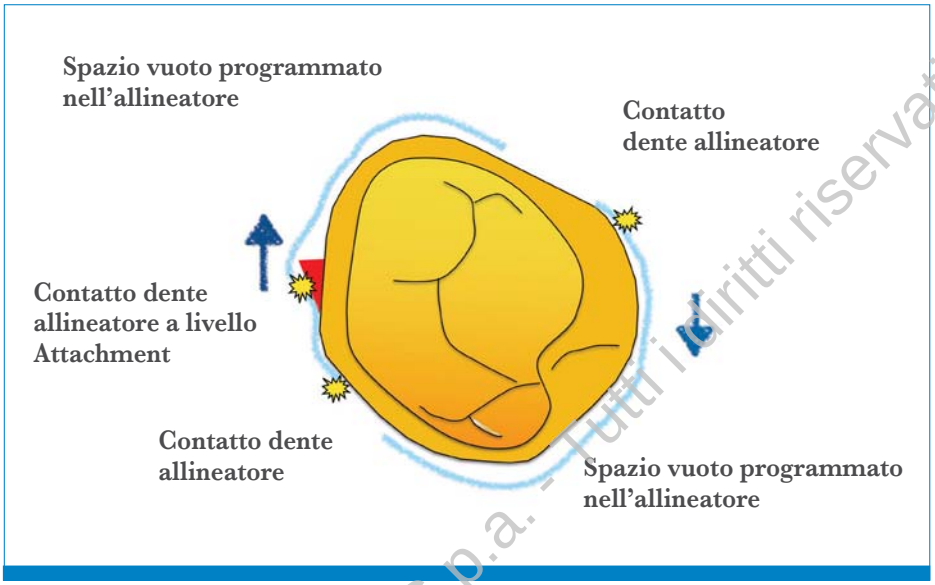


Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.A. - Tutti i diritti riservati

DESCRIZIONE DEI MOVIMENTI

- Arretramento.
- Traslazione.
- Intrusione/Estrusione.
- **Rotazione**.

Coppia di Forze: generata dalla pressione dell'allineatore sulle superfici linguale e vestibolare e dalla pressione sull'Attachment.



L'applicazione di una Coppia di Forze da parte dell'allineatore sulle superfici vestibolare e linguale del dente realizza il movimento di rotazione (con riempimento dello spazio vuoto programmato nell'allineatore).
La Forza viene esercitata anche a livello dell'Attachment.

Coppia di Forze: generata dalla pressione dell'allineatore sulle superfici linguale e vestibolare e dalla pressione sull'Attachment.

Si realizzano distanze uniformi tra il dente e l'allineatore.

L'allineatore è passivo.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati

Un ortodontista che sceglie di utilizzare gli allineatori deve:

- Avere ben chiari i principi fondamentali di biomeccanica convenzionale poiché i sistemi di forze per l'esecuzione dei movimenti dentali rimangono i medesimi indipendentemente dalla tecnica utilizzata:
  - una Forza Singola sposta la corona;
  - una Coppia di Forze sposta la radice;
  - un Sistema di Forze composto da una Forza Singola e da una Coppia di Forze è in grado di determinare movimenti controllati e movimenti traslatori, in qualsiasi piano dello spazio.

- Comprendere che i metodi di applicazione clinica sono diversi e le risposte al trattamento variano in base alle specificità e alle caratteristiche tecniche dell'apparecchiatura scelta.

- Acquisire una completa comprensione delle differenze e delle somiglianze con la terapia ortodontica convenzionale.

- Capire i punti di forza della terapia con allineatori per applicarli al meglio.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a.-Tutti i diritti riservati

BIBLIOGRAFIA

- Ali SA, Miethke HR. Invisalign, an innovative invisible orthodontic appliance to correct malocclusions: advantages and limitations. Dent Update. 2012;39(4):254-6,258-60.
- Boyd RL, Vlaskalic V. Three-Dimensional Diagnosis and Orthodontic Treatment of Complex Malocclusion With the Invlsalign Appliance. Seminar in Orthodontics. 2001;7(4):274-93.
- Boyd RL. Esthetic orthodontic treatment using the invisalign appliance for moderate to complex malocclusions. J Dent Educ. 2008;72(8):948-67.
- Burstone CJ. Biomechanics of the orthodontic appliance. In Current Orthodontic Concepts and Techniques, 2nd ed. Philadelphia, WB Saunders 1975.
- Burstone CJ. The biomechanics of tooth movements. In Kraus BS, Riedel RA (eds.). Vistas in Orthodontics. Philadelphia, Lea and Febiger 1962.
- Cattaneo PM, Dalstra M, Melsen B. Moment-to-force ratio, center of rotation, and force level: a finite element study predicting their interdependency for simulated orthodontic loading regimens. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008;133(5):681-9.
- Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H et al. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2018;154(1):47-54.
- Choy K, Pae EK, Kim KH et al. Controlled space closure whith a statistically determinated system. Angle Orthod. 2002;72(3):191-8.
- Christiansen RL, Burstone CJ. Centres of rotation within the periodontal space. Am J Orthod. 1969;55(4):353-69.
- Dathe H, Nägerl H, Kubein-Meesenburg D. A caveat concerning center of resistance. J Dent Biomech. 2013;4: 1758736013499770.
- Galan-Lopez L, Barcia-Gonzalez J, Plasencia E. A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with Invisalign. Korean J Orthod. 2019;49(3):140-9.
- Halazonetis DJ. Ideal arch force system: a centre-of-resistance perspective. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1998;114(3):256-64.
- Hurd JJ, Nikolai RJ. Centers of rotation for combined vertical and transverse tooth movements. Am J Orthod. 1976;70(5):551-8.
- Joffe L. Current products and practice. Invisalign®: early experience. J Orthod. 2003;30(4):348-52.
- Kim T, Suh J, Kim N et al. Optimum conditions for parallel translation of maxillary anterior teeth under retraction force determined with the finite element method. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;137(5):639-47.
- Kravitz ND, Kusnoto B, Agran B et al. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009;135(1):27–35.
- Lindauer SJ, Isaacson RJ. One-couple systems. Semin Orthod. 1995;1(1):12-24.
- Lombardo L, Stefanoni F, Mollica F et al. Three-dimensional finite- element analysis of a central lower incisor under labial and lingual loads. Prog Orthod. 2012;13(2):154-63.
- Malik OH, McMullin A, Waring DT. Invisible orthodontics part 1: invisalign. Dent Update. 2013;40(3):207-10,213-5.
- Marcotte MR. Biomechanics in Orthodontics. Philadelphia, Decker 1990.
- Moyers RE. Handbook of orthodontics. Chicago, Year Book Medical Publishers 1988.
- Mulligan T. Common sense mechanics. Phoenix, CSM 1982.
- Naish H, Dunbar C, Crouch-Baker J et al. Does a true knowledge of dental crowding affect orthodontic treatment decisions? Eur J Orthod. 2016;38(1):66-70.
- Papadimitriou A, Mousoulea S, Gkantidis N et al. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. Prog Orthod. 2018;19(1):37.
- Pavoni C, Lione R, Lagana G et al. Self-ligating versus Invisalign: analysis of dento-alveolar effects. Ann Stomatol. 2011;2(1-2):23-7.
- Provatidis CG. Numerical Estimation of the Centres of Rotation and Resistance in Orthodontic Tooth Movement. Comput Methods Biomech Biomed Engin. 1999;2(2):149-56.
- Rakosi T, Jonas I, Graber TM. Orthodontic – Diagnosis. 1st ed. New York, Thieme 1992.
- Ricketts RM. Orthodontic Diagnosis and Planning. Rocky Mountain/Orthodontics 1982.
- Rossini G, Parrini S, Castroflorio T et al. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. Angle Orthod. 2015;85(5):881-9.
- Tominaga JY, Tanaka M, Koga Y et al. Optimal loading conditions for controlled movement of anterior teeth in sliding mechanics. Angle Orthod. 2009;79(6):1102-7.
- Viecilli RF, Budiman A, Burstone CJ. Axes of resistance for tooth movement: does the center of resistance exist in 3-dimensional space? Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013;143(2):163-72.
- Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. Australian Dental Journal. 2017;62 Suppl 1:58-62.
- Worms FW, Isaacson RJ, Speidel TM. A concept and classification of centers of rotation and extraoral force systems. Angle Orthod. 1973;43(4):384-401.
- Yoshikawa DK. Biomechanical principles of tooth movement. Dent Clin North Am. 1981;25(1):19-26.

Copia in visione - Vietata la stampa - ©Edra S.p.a. - Tutti i diritti riservati