

Ortodonzia estetica: vantaggi e limiti della tecnica Invisalign

Aesthetic orthodontics: advantages and limitations of the Invisalign technique

M.I. La Rocca^a, G. Bilello^{a,*}, C. Caradonna^a, D. Matranga^b, A. Fregapane^a, G. Currò^a, P. Messina^a

^a Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Discipline Chirurgiche e Oncologiche, Sezione di Scienze Stomatologiche

^b Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Radiologia

Ricevuto il
8 gennaio 2013
Accettato il
12 aprile 2013

*Autore di riferimento
Giuseppa Bilello
giuseppa.bilello@unipa.it

RIASSUNTO

OBIETTIVI. Lo scopo di questo lavoro è definire vantaggi e limiti della tecnica Invisalign rispetto a metodiche ortodontiche tradizionali.

MATERIALI E METODI. È stata condotta una revisione sistematica della letteratura attraverso l'uso di diversi database, come MedLine, PubMed, Scopus.

La ricerca copre il periodo che intercorre tra il 2000 e il 2011.

Altre fonti sono state selezionate dai riferimenti bibliografici citati nei lavori consultati.

RISULTATI E CONCLUSIONI. La ricerca scientifica ha portato negli anni allo sviluppo di soluzioni atte a soddisfare esigenze estetiche e funzionali, a partire dai bracket in ceramica e dalla tecnica linguale fino ad arrivare negli anni Novanta alla diffusione degli allineatori trasparenti, che oggi rappresentano un'opzione di trattamento valida per i pazienti più esigenti.

PAROLE CHIAVE

- ▶ Sistema Invisalign
- ▶ Ortodonzia estetica
- ▶ Allineatori trasparenti
- ▶ Mascherine termoformate
- ▶ Malocclusioni

ABSTRACT

OBJECTIVES. The aim of this work is to define the advantages and limitations of Invisalign compared to traditional orthodontic methods.

MATERIALS AND METHODS. We conducted a systematic review of the literature through the use of different databases such as MedLine, PubMed, Scopus. The research covers the period between 2000 and 2011. Other sources have been selected from the references cited in the works consulted.

RESULTS AND CONCLUSIONS. Scientific research over the years led to the development of solutions to meet aesthetic and functional needs, from ceramic brackets and lingual technique until the

widespread use of clear aligners, started in the Nineties, which today represent a valuable treatment option for the most demanding patients.

KEY WORDS

- ▶ Invisalign system
- ▶ Aesthetic orthodontics
- ▶ Clear aligners

- ▶ Thermoformed aligners
- ▶ Malocclusion

1. INTRODUZIONE

Il sistema Invisalign rappresenta il primo metodo di trattamento ortodontico basato sulla tecnologia digitale tridimensionale. Fu sviluppato nel 1998 a opera di Align Technology, i cui fondatori Zia Chishti e Kelsey Wirth si proposero di soddisfare le esigenze estetiche di pazienti per lo più adulti. Il principio innovativo del sistema consiste nella realizzazione di movimenti ortodontici di estrema precisione grazie a una valutazione tridimensionale (fase CAD) e a un sistema di produzione di mascherine (fase CAM) che sfruttano le più moderne tecnologie di produzione [1] (fig.1).

L'esigenza estetica di trattamento inizia a trovare soddisfazione negli anni Ottanta, con la messa a punto della tecnica linguale: un metodo innovativo che però non è una vera e propria invenzione, ma un'applicazione della tecnica moderna alle idee tradizionali. L'ortodonzia linguale, del resto, anche se rispettosa del concetto estetico, presenta limiti legati alla difficoltà per l'ortodontista di operare con un sistema rovesciato. Invece la tecnica Invisalign, attenta all'estetica, supera non solo le problematiche linguali sopra citate ma, non necessitando di specifiche competenze manuali, è facilmente utilizzabile da un gran numero di professionisti esperti nella programmazione del piano di trattamento [2]. Permette inoltre di visualizzare preventivamente il risultato finale ottenibile con il trattamento ortodontico, migliorando in questo modo la comunicazio-

ne tra medico e paziente. Il sistema ortodontico Invisalign nasce per pazienti adulti con malocclusioni lievi, per esempio affollamenti frontali in presenza di una dentatura posteriore stabile e senza disarmonie scheletriche [3]. In questi anni la sperimentazione clinica ha però dimostrato che Invisalign può essere applicato anche in casi più complessi che richiedano, per esempio, l'estrazione di premolari, la distalizzazione dei molari o la correzione di un morso incrociato anteriore [4-10], oppure in caso di trattamenti combinati [11,12]. Nei primi mesi del 2009 si è reso disponibile un trattamento ortodontico per adolescenti che presentano ancora denti da latte, chiamato Invisalign Teen.

Poiché la maggior parte degli articoli scientifici riguarda casi clinici, risulta difficile definire con esattezza indicazioni e limiti al trattamento con le mascherine Invisalign, anche se alcuni aligner si

propongono come risolutori di qualunque tipologia di malocclusione. Infatti la filosofia delle mascherine non si prefigge di offrire una soluzione a ogni tipo di malocclusione, ma rappresenta un'alternativa al trattamento per specifiche malocclusioni. Per questo motivo abbiamo condotto una revisione della letteratura scientifica che potrebbe agevolare i clinici nel capire quali sono effettivamente i punti di forza e i limiti della tecnica Invisalign supportati dall'evidenza scientifica.

2. MATERIALI E METODI

La ricerca computerizzata ha utilizzato diversi database bibliografici come MedLine, PubMed, Scopus e copre il periodo che intercorre tra il 2000 e il 2010. Tramite la lettura integrale degli articoli selezionati abbiamo potuto mettere in evidenza i vantaggi e i limiti della tecnica Invisalign, ponendo maggiore attenzione

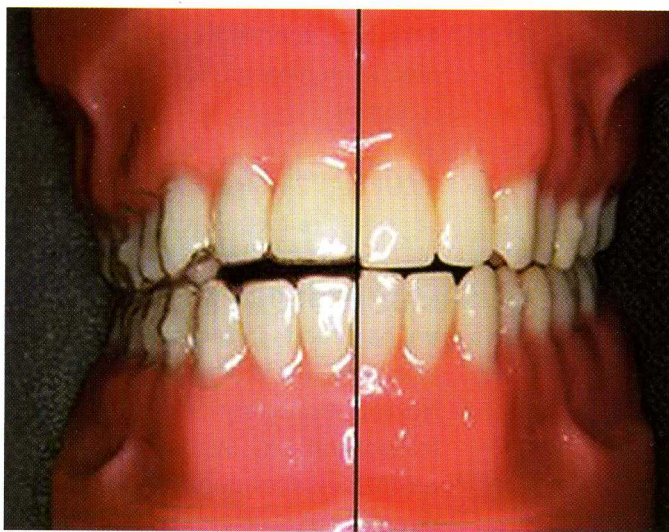


Fig. 1

Allineatori trasparenti superiori e inferiori (per gentile concessione della dottoressa M.I. La Rocca)

ai case report pubblicati negli anni più recenti. Abbiamo inoltre effettuato una ricerca manuale di ulteriori pubblicazioni, che i database non avevano rilevato, in base alle bibliografie degli articoli letti.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

La revisione critica della letteratura ha permesso di mettere in evidenza i vantaggi e i limiti della tecnica Invisalign in modo da poter aiutare i clinici a capire quando effettivamente può essere usata come alternativa alle metodiche ortodontiche tradizionali.

3.1 VANTAGGI DELLA TECNICA INVISALIGN

Estetica

La tecnica Invisalign è nata come trattamento ortodontico per adulti in alternativa alle apparecchiature fisse, che causano un notevole disagio estetico e rendono più difficile il mantenimento di una corretta igiene orale. Per questi motivi, soprattutto le persone di età compresa tra 20 e 50 anni che presentano malocclusioni dentali anche importanti sono molto restie a intraprendere un trattamento ortodontico tradizionale per la risoluzione del loro problema. Come suggerito da vari studi, la percentuale di donne è più alta per le loro superiori esigenze estetiche [13].

Askalac et al. [14] hanno riportato che il 100% dei pazienti, se potesse, sceglierebbe Invisalign anziché un trattamento con bracket.

Miglior comfort

In uno studio condotto da Nedwed et al. [15] 54 pazienti, dopo essere stati trattati con gli aligner, hanno ricevuto un questionario per indagare le moti-

vazioni che li avevano spinti a risolvere le loro problematiche ortodontiche, gli eventuali problemi incontrati durante il trattamento e, inoltre, per capire come avevano accettato la nuova metodica Invisalign. Il 78% dei partecipanti era costituito da femmine, soprattutto di età compresa tra 20 e 30 anni. Si è concluso che durante il trattamento il 35% dei pazienti non ha accusato dolore, mentre il 54% ha avuto un lieve dolore per 2-3 giorni dopo l'inserimento di un nuovo aligner. Il 46% non ha riferito problemi fonatori e la maggioranza di essi non ha accusato irritazione della mucosa orale, anche se un 6% ha sviluppato una forte irritazione. Il 93% dei pazienti ha dichiarato di sentirsi molto sicuro e a proprio agio durante la fonazione mentre indossava gli aligner. Si evince che la terapia con Invisalign è particolarmente attraente rispetto alle tecniche tradizionali. Inoltre, se ve ne sono le indicazioni, risulta essere un valido sostituto della tecnica linguale per i pazienti che non vogliono compromettere la fonazione.

La letteratura mostra che gli adulti che optano per un trattamento ortodontico con un apparecchio multibracket sono di età inferiore rispetto a coloro che scelgono un trattamento invisibile [16-18].

I pazienti trattati con gli allineatori invisibili hanno una migliore qualità di vita rispetto a coloro che portano apparecchiature fisse, sia per la salvaguardia della funzione sia per la sfera psicosociale e anche per lo sviluppo di minor dolore durante la prima settimana di trattamento. Ciò è stato dimostrato in uno studio condotto da Miller et al. [19] in cui 60 pazienti (33 trattati con le mascherine invisibili e 27 con i bracket tradizionali) hanno risposto a domande relative agli effetti del trattamento sulla loro qualità

di vita. Ne è risultato che i pazienti del gruppo trattato con Invisalign hanno accusato meno dolore durante la prima settimana di trattamento e assunto meno antidolorifici rispetto al secondo gruppo. Gli impatti negativi sulla vita quotidiana sono stati maggiori per il gruppo trattato con apparecchi fissi. Anche altri autori hanno riscontrato un maggiore disagio dei pazienti quando trattati con gli apparecchi tradizionali [20].

> Biocompatibilità del materiale

Relativamente alla biocompatibilità del materiale con cui gli aligner sono costruiti, non è stata documentata alcuna attività citotossica o estrogenica degli apparecchi Invisalign. Le mascherine termoformate (aligner) sono costituite da un materiale molto estetico: EX30 (poliuretano addizionato con 1,6 esanediolo e metilene-difenil-diisocianato), un polimero medicale, sicuro e biocompatibile come testato dalla Farmacopea degli Stati Uniti; è stato infatti approvato dalla Food and Drug Administration, che ha lo scopo di proteggere la salute dei cittadini attraverso controlli sui prodotti prima dell'immissione sul mercato e con un monitoraggio postcommercializzazione. Prima del 2001 gli allineatori erano realizzati in PC30, con elasticità 1,5 volte inferiore a quella dell'EX30; quest'ultimo consente, infatti, un inserimento e una rimozione più semplici, pur mantenendo pressappoco lo stesso livello di rigidità, e di spostare i denti con la stessa efficacia; gli allineatori prodotti con EX30 hanno adattabilità 4 volte maggiore e una durata doppia. Questo polimero trasparente è capace di subire deformazioni elastiche e di trasferire ai denti disallineati l'energia accumulata nel processo di deformazione, provocandone lo spostamento. Più è ampio il movimento dentale da effettuare

per la correzione della malocclusione più aligner sono essenziali, poiché ognuno permette uno spostamento di circa 0,2 decimi di millimetro [1].

Nel 2009 Eliades et al. [21] hanno condotto uno studio in vitro dimostrando la biocompatibilità del materiale degli aligner. Tre set, composti ciascuno da un apparecchio mascellare e uno mandibolare, sono stati immersi per 2 mesi in una normale soluzione salina a 37 °C contenuta in un bicchiere. I campioni di eluenti sono stati poi diluiti a tre concentrazioni diverse (5%, 10% e 20% vol/vol) e ne sono state testate la citotossicità verso i fibroblasti della gengiva e l'estrogenicità. Quest'ultima è stata indagata misurando gli effetti sulla proliferazione indotta in cellule sensibili agli estrogeni. Tutte le analisi sono state ripetute 4 volte per ciascun set di aligner. Alla fine dello studio non si è registrata evidenza né di attività citotossica né di stimolazione della proliferazione cellulare a ogni concentrazione, indicando la non estrogenicità degli eluenti degli aligner.

Questi tipi di studi sono importanti per indagare gli effetti che i materiali dentali (adesivi, resine composite ecc.) possono indurre all'interno del cavo orale, soprattutto quelli associati al bisfenolo-A [22-24] (lesioni precancerose, tumori della mammella, reazioni ossidative, sviluppo di iperglicemia ecc.). In campo ortodontico materiali plastici e ausiliari, come i bracket adesivi e in policarbonato e gli aligner, possono contenere questa sostanza. Sebbene non sia stato riportato il rilascio di bisfenolo-A dagli adesivi ortodontici, non ci sono documentazioni che escludano la relazione degli apparecchi Invisalign con il bisfenolo, per cui lo studio citato [21] si è proposto di escludere possibili effetti indesiderati degli aligner.

> Mantenimento della salute parodontale

Un ulteriore vantaggio dell'uso della sistemica Invisalign rispetto a qualsiasi altra biomeccanica tradizionale è la possibilità di mantenere una buona salute parodontale. La biomeccanica ortodontica classica utilizza bande, bracket, archi, legature per realizzare la successione di movimenti dentali, per cui nello svolgimento temporale della terapia vengono trasferite le informazioni a fili e/o bracket attraverso forze la cui entità è programmata in base alle conoscenze scientifiche del clinico, ma a livello applicativo è calibrata soltanto dalla sua sensibilità e precisione manuale.

Di conseguenza una calibratura non molto precisa, da parte del clinico, delle forze applicate può esitare in un danno a carico delle strutture di sostegno del dente, per cui vengono ridotte se non del tutto vanificate le possibilità di ottenere un favorevole rapporto costi/benefici dalla terapia ortodontica. Con Invisalign, la calibratura e la produzione di ciascun aligner (che contiene tutte le informazioni necessarie a sviluppare il movimento del dente a ogni specifico step del trattamento) vengono elaborate dal sofisticato sistema informatico robotizzato, pertanto nel passaggio da un allineatore al successivo le forze possono essere molto leggere e di entità costante [25].

Ne deriva che lo stress a carico del/dei dente/i e delle sue strutture di sostegno viene più o meno diminuito e/o modulato nei vari step del trattamento, con un bilancio del tutto positivo e favorevole nel rapporto costi/benefici relativo alla terapia ortodontica [26].

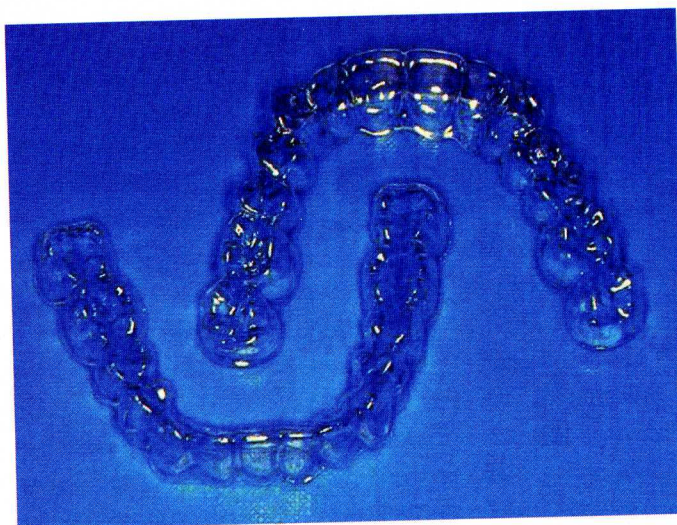
In un trial clinico [27] sono stati posti a confronto gli effetti sulla salute parodontale del trattamento condotto con Invisalign e con gli apparecchi fissi, attraverso

la valutazione di diversi indici parodontali nei pazienti. Per lo studio sono stati selezionati 60 pazienti di età compresa tra 18 e 51 anni, in buone condizioni di salute, che non facevano uso di antibiotici né di agenti inibenti la formazione della placca. Di questi, 30 sono stati trattati con Invisalign e i rimanenti 30 con apparecchi fissi. Tutti i soggetti sono stati trattati per un periodo minimo di 6 mesi e controllati ogni 3-4 settimane. Se l'indice di placca differiva nei due gruppi. Quest'ultimo è risultato significativamente più basso nel gruppo Invisalign. Nelle visite successive tutti gli indici hanno mostrato un miglioramento, probabilmente dovuto alle istruzioni fornite ai pazienti dopo ogni visita di controllo, ma l'accumulo di placca era sempre inferiore nel gruppo Invisalign. Invece il trattamento con gli apparecchi fissi aumentava le aree di ritenzione della placca e, dunque, è maggiore il rischio di sviluppare whitening spot, carie e malattia parodontale. Gli strumenti della biomeccanica tradizionale possono dar luogo, nel corso della terapia, a effetti potenzialmente negativi (seppur temporanei) perché la molteplicità e la sovrapposizione dei mezzi terapeutici che debbono essere applicati rende le manovre dell'igiene orale quotidiana molto più difficoltose; sostanzialmente si viene a ricreare una situazione simile a quella prodotta dall'affollamento dentale stesso, per cui ampie superfici coronali-interprossimali-mucogengivali non possono essere agevolmente detese dal paziente.

In uno studio del 2008 [28] sono state valutate la convenienza e l'efficacia delle procedure d'igiene orale in pazienti trattati con apparecchio linguale rispetto a pazienti trattati con apparecchiature Invisalign, prendendo in esame due procedure d'igiene orale che differivano per il

Fig. 2

Modello dimostrativo con attachment su 1.5, 2.5, 3.4 e 4.4 (per gentile concessione della dottoressa M.I. La Rocca)



tipo di spazzolino usato (manuale con testina tradizionale ed elettrico con testina rotonda a movimento oscillante rotatorio). Sono stati selezionati 40 pazienti, 20 trattati con Invisalign e 20 con metodica linguale. In ciascun gruppo 10 pazienti hanno usato lo spazzolino manuale e 10 quello elettrico per l'igiene orale domiciliare, dopo essere stati sottoposti a terapia causale. Dopo aver valutato il comportamento dell'indice di sanguinamento (Bleeding On Probing, BOP) e dell'indice di placca (Plaque Index, PI) al tempo T_0 (inserimento dell'apparecchio) e al tempo T_1 (dopo 2 mesi) si è giunti alla conclusione che i pazienti Invisalign presentano in media un maggior grado di salute parodontale (BOP) e una diminuzione della presenza di placca (PI) rispetto al gruppo trattato con tecnica linguale. Inoltre i pazienti con apparecchio linguale hanno ottenuto migliori benefici dall'uso dello spazzolino manuale; al contrario, i pazienti con Invisalign hanno maggior successo se usano lo spazzolino elettrico.

In uno studio longitudinale condotto su 100 pazienti trattati con Invisalign non si è riscontrato, alla fine del trattamento, alcun riassorbimento radicolare, mentre il 10% dei pazienti sottoposti a trattamento con apparecchi fissi va incontro allo sviluppo di tale problema [4]. Questo potrebbe essere considerato un vantaggio, ma in un case report del 2008 [29] è stato descritto il trattamento con aligner di un paziente che ha purtroppo riportato un severo riassorbimento radicolare a livello degli incisivi superiori.

> Imaging tridimensionale

La motivazione del paziente a intraprendere il trattamento viene rafforzata anche dall'opportunità di valutare le opzioni terapeutiche nel dettaglio prima di iniziare, utilizzando un modello virtuale che facilita

il dialogo con l'ortodontista [30]. La novità introdotta da Align Technology in campo ortodontico è infatti ClinCheck, software esclusivo di Align. Quest'ultimo offre inoltre all'ortodontista la possibilità di richiedere modifiche al piano di trattamento.

In più il software ClinAdvisor, creato per aiutare il clinico a classificare le condizioni di malocclusione del paziente [31], permette al medico di visionare un archivio di immagini digitali e di selezionare quella che meglio mostra la condizione specifica della bocca dei loro pazienti. Molte volte essi possono anche vedere i piani di trattamento virtuali per i casi che sono simili a quelli che devono trattare e che sono già stati curati con successo con Invisalign.

> Biomeccanica

Dal punto di vista biomeccanico gli aligner Invisalign, come gli apparecchi fissi o mobili, spostano i denti esercitando su di essi una forza controllata. La differenza principale consiste nel fatto che Invisalign non solo controlla questa forza, ma ne controlla anche la durata di applicazione. A ogni fase, solo alcuni denti specifici vengono spostati e tali movimenti sono determinati dal trattamento ortodontico previsto per quella fase spe-

cifica. Il risultato è un sistema efficace di distribuzione delle forze. I presupposti biomeccanici dell'azione degli aligner si basano su una forza ortodontica elastica e intermittente, intendendo con questo che l'intensità della forza si riduce improvvisamente a zero quando l'apparecchiatura viene rimossa dal paziente. Le mascherine possono sfruttare le forze occlusali (per i movimenti intrusivi) e forze ausiliarie, tramite l'applicazione di attachment, bottoni ed elastici, per i movimenti più complessi [32,33] (fig. 2).

All'inizio degli anni 2000 gli unici attachment disponibili erano ovoidali e venivano usati per tutti i movimenti dentali. Oggi per il loro impiego si è giunti a un protocollo più sofisticato che permette non solo la maggiore stabilità delle mascherine, ma anche la realizzazione di movimenti più difficili. Sono state inoltre migliorate la riduzione interprossimale (Interproximal Reduction, IPR) e la velocità e sono stati introdotti i Power Ridges tra gli ausiliari del sistema [34-38].

> Movimenti dentali facilmente realizzabili

I movimenti facilmente ottenibili con questa metodica ortodontica sono l'in-

trusione e le variazioni d'inclinazione vestibolo-linguale.

Il movimento intrusivo [39,40] è un movimento molto efficace con questo sistema perché si riesce ad applicare una forza sulla superficie incisale del dente che si esplica in corrispondenza di un'area molto limitata in prossimità dell'apice della radice, ottenendo così un movimento intrusivo "puro". Inoltre, è più efficace con l'uso degli attachment [41] per evitare il sollevamento degli aligner, che sarebbe provocato dalla forza estrusiva prodotta da ogni intrusione. L'aligner genera una forza in direzione apicale, lungo l'asse del dente, e impedisce lo spostamento vestibolare della corona che spesso è inevitabile con la tecnica ortodontica tradizionale usata per il movimento intrusivo. Inoltre sono sempre più frequenti i trattamenti combinati (Invisalign su un'arcata e ortodonzia fissa sull'arcata antagonista). Spesso si completa il trattamento su entrambe le arcate ricorrendo al finishing del caso con Invisalign [1].

Con questa metodica è inoltre possibile ottenere un'espansione buccale di 2-3 mm, soprattutto nell'arcata superiore, per guadagnare spazio in caso di discrepanza dento-alveolare dovuta ad arcate contratte. L'IPR programmata, in associazione all'espansione, costituisce il trattamento d'elezione in caso di discrepanza dento-alveolare media.

Il movimento controllato della corona si può sfruttare per la correzione di un'inclinazione linguale, soprattutto in zona premolare e canina, che concorre alla correzione della discrepanza dento-alveolare con aumento dello spazio disponibile. Il recupero della forma delle arcate tramite la correzione della posizione assiale di questi elementi dentali è un movimento prevedibile con il sistema Invisalign.

3.2 LIMITI DELLA TECNICA INVISALIGN

Vi sono diverse ragioni per le quali la tecnica Invisalign non può essere considerata così efficace come un trattamento ortodontico tradizionale.

> Collaborazione del paziente

Uno dei limiti più importanti è la compliance del paziente; è per questo che il sistema Invisalign è rivolto soprattutto a pazienti adulti, in modo da ottenere il successo con tale metodica. Tuttavia recentemente è stato introdotto Invisalign Teen, ideato per i pazienti più giovani. Align Technology ha perciò pensato di incorporare negli aligner degli indicatori di compliance costituiti da un colorante alimentare (eriolglaucina sale disodico) [42,43]. L'ammontare della perdita del colorante (valutata come variazione della tonalità di colore, dal blu scuro al chiaro) dovrebbe corrispondere all'ammontare del tempo in cui i pazienti hanno indossato le mascherine.

Un recente studio [44] ha tuttavia valutato la dissolvenza del colorante in diverse soluzioni acquose non comprendenti la saliva: lo scopo dello studio era quello di indagare la possibilità di manomettere, volontariamente o involontariamente, gli indicatori di compliance da parte dei pazienti. Infatti questi indicatori possono essere rilasciati anche quando si assumono bevande acide con gli aligner *in situ*, o quando gli aligner vengono puliti con sostanze contenenti agenti ossidanti oppure messi in acqua.

Inoltre, essendo rimovibili, gli aligner potrebbero rendere più difficile l'uso di forze interarcata, come gli elastici, che dovrebbero essere ancorati direttamente al materiale degli aligner attraverso dei bottoni; ciò può però ridurre la ritenzione delle stesse [45]. La rimovibilità de-

gli aligner rappresenta un vantaggio per il paziente ma non per il clinico e oggi, per essere efficace, deve essere indossato per almeno 300 ore circa (30 giorni).

> Tempo di trattamento

Potrebbe verificarsi un maggiore dispendio di tempo se nel corso del trattamento fossero necessarie correzioni, perché ciò richiederebbe la presa di nuove impronte e la realizzazione di nuovi aligner. In più l'intervallo di tempo tra la formulazione del piano di trattamento e l'inserimento dei nuovi aligner nel cavo orale del paziente potrebbe essere anche di 2 mesi [46].

La necessità di richiedere nuovi aligner si potrebbe presentare anche in seguito allo smarrimento degli stessi da parte del paziente. In uno studio condotto da Lindauer et al. [47] su retainer Essix Hawley, è stato infatti osservato che un paziente su sei perde il proprio apparecchio; ciò è imputabile al fatto che si tratti di dispositivi rimovibili e trasparenti.

> Movimenti poco predicibili

La tecnica Invisalign non controlla efficacemente determinati movimenti dentali, infatti tra i maggiori problemi si hanno: un limitato controllo dei movimenti radicolari, come il parallelismo tra le radici per la chiusura di spazi postestrattivi e il raddrizzamento delle stesse, una difficile estrusione dentale, difficili rotazioni se maggiori di 20°, tipi maggiori di 45°, una limitata correzione intermassellare e perdita di controllo dei movimenti da parte dell'operatore [48]. Gli aligner possono ottenere con più facilità i movimenti coronali rispetto a quelli radicolari, tanto che nei casi estrattivi in cui è importante l'angolazione radicolare per chiudere gli spazi

vuoti la tecnica Invisalign è meno efficace, proprio perché il controllo del movimento radicolare è meno predicibile con essa. Sia Bollen et al. [49] sia Miller et al. [50] hanno riscontrato, alla fine di trattamenti estrattivi condotti con l'uso degli aligner Invisalign, un eccessivo tipping dentale nei siti estrattivi.

Un altro limite riguarda la biomeccanica relativa all'occlusione. Boyd ha infatti affermato che in un suo caso trattato con Invisalign avrebbe potuto ottenere un'occlusione migliore con i bracket convenzionali e, insieme a Vlaskalic [14], ha concluso che gli apparecchi fissi possono fornire migliori risultati in relazione all'occlusione. Nel 2003 Clements et al. [51] hanno dimostrato che in molti pazienti trattati con apparecchi simili a Invisalign l'occlusione non era migliorata. Djeu et al. [52] hanno riscontrato la superiorità degli apparecchi fissi per ripristinare i contatti occlusali, forse perché gli aligner inducono con più difficoltà il movimento estrusivo e anche perché coprono la superficie occlusale dei denti.

Il maggiore spessore della superficie occlusale degli aligner può spesso causare l'intrusione dei denti posteriori. Per compensare ciò si deve ricorrere a un periodo di ritenzione in modo da riportare questi denti in occlusione. Secondo Womack et al. [53] l'intrusione può variare da 0,25 a 0,5 mm. Questo grado di intrusione è stato confermato anche da Boyd et al. in alcuni lavori [14,54].

L'accuratezza dei movimenti dentali ottenuta con gli aligner Invisalign è stata valutata in uno studio condotto da Kravitz et al. [55], in cui 37 pazienti sono stati sottoposti a trattamento Invisalign anteriore. Il modello virtuale della posizione dei denti prevista a fine trattamento è stato sovrapposto a quello della posizione realmente raggiunta, quest'ultimo

ottenuto da impronte prese a fine trattamento, con il Tooth Measure, software esclusivo di Align [56], assumendo come punti di riferimento i denti posteriori non trattati. In questo modo si è potuta valutare la discrepanza tra i movimenti previsti nel ClinCheck e quelli ottenuti dopo il trattamento. È risultato che l'accuratezza media dei movimenti con Invisalign è stata del 41%. La più alta precisione è stata raggiunta durante la costrizione linguale o retrazione, la più bassa durante la rotazione. Si è anche riscontrata una maggiore accuratezza del movimento di tip linguale della corona rispetto al tip in direzione vestibolare, soprattutto per gli incisivi superiori. L'efficacia della tecnica Invisalign può essere influenzata dalla severità dell'overjet pretrattamento e dell'occlusione antero-posteriore, come affermato da Djeu et al. [52]. Questi autori hanno condotto uno studio in cui sono stati confrontati i risultati ottenuti con il trattamento Invisalign e quelli raggiunti con il trattamento ortodontico tradizionale attraverso l'uso dell'Objective Grading System dell'American Board of Orthodontics. Dai risultati si è dedotto che la tecnica Invisalign non tratta in modo efficace determinate malocclusioni come può fare un apparecchio fisso, soprattutto nei casi di grandi discrepanze antero-posteriori o per la correzione dei contatti occlusali, mentre può allineare i denti bene come gli apparecchi fissi. Talvolta anche in casi di affollamento severo, se trattati soltanto con gli aligner, può essere necessaria la correzione in corso di trattamento o in fase di rifinitura.

Align Technology ha riportato solo un 20-30% di pazienti che necessitano di correzioni in corso di trattamento o di rifinitura del caso [34], mentre molti ortodontisti hanno dichiarato che il 70-80% dei loro pazienti ne ha avuto bisogno [57,58].

Uno studio di coorte retrospettivo condotto da Kuncio et al. [59] ha confrontato i cambiamenti dentali posttrattamento in pazienti trattati con aligner Invisalign e con apparecchi tradizionali. Ne è risultato che i pazienti trattati con aligner vanno incontro a recidiva più frequentemente rispetto ai soggetti trattati con apparecchi fissi, soprattutto nei denti del settore antero-superiore.

> Costo

Non si può, infine, non tener conto del costo, da classificare tra gli svantaggi dell'apparecchio. La tecnica è piuttosto costosa, data l'importanza della fase di laboratorio e la richiesta di impronte più precise e con materiali più dispendiosi rispetto all'ortodonzia tradizionale. Il tempo di realizzazione dell'apparecchio, inoltre, è lungo.

4. CONCLUSIONI

L'introduzione della tecnica Invisalign offre un ulteriore strumento terapeutico per la risoluzione di malocclusioni da lievi a moderate [54,60,61] disponibile per i pazienti, soprattutto adulti, attenti all'estetica del sorriso o che per esigenze personali necessitano di apparecchi poco visibili e non alteranti la fonazione. Inoltre gli aligner, essendo rimovibili, consentono il mantenimento di una corretta igiene orale domiciliare e professionale [62]. Invisalign è infatti una tecnica ortodontica elettiva per i pazienti parodontopatici. Questo nuovo approccio terapeutico non è destinato a ogni paziente e la tecnica non è facile. Si deve imparare a lavorare con l'apparecchio, così come con qualsiasi altro apparecchio ortodontico. Tutto dipende dall'abilità dell'ortodontista, proprio come con un paziente in trattamento con ogni altro apparecchio

fisso. Non si può credere di poter trattare un paziente con qualunque tecnica ortodontica senza aver prima acquisito l'adeguata conoscenza dell'ortodonzia. Molto spesso, infatti, la scelta dell'apparechiatura estetica da usare è dettata dal suggerimento dell'ortodontista, che la consiglia in base alla propria esperienza mentre, al contrario, si dovrebbe scegliere sulla base della patologia malocclusiva e in relazione alle condizioni parodontali del paziente.

Se a ogni visita il paziente viene adeguatamente controllato, la tecnica è in grado di raggiungere buoni risultati. Di certo si auspica che grazie alla continua ricerca vengano superati i limiti di questo tipo di trattamento.

Si può quindi affermare che:

- ▶ Invisalign non tratta i pazienti, ma è l'ortodontista a farlo;
- ▶ la tecnica richiede una specifica competenza ed estremo rigore scientifico durante la fase di diagnosi e pianificazione del trattamento;
- ▶ anche se non occorre un'ottima manualità, ciò non vuol dire che la tecnica sia semplice, anzi richiede una conoscenza approfondita della biologia del movimento dentale;
- ▶ non sempre ciò che si realizza nel mondo virtuale del ClinCheck avviene realmente.

CONFLITTO DI INTERESSI

Gli autori dichiarano di non avere alcun conflitto di interessi.

FINANZIAMENTI ALLO STUDIO

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

BIBLIOGRAFIA

1. Garino F. Basic principles and clinical application of the Invisalign system. *Mondo Ortodontico* 2010;35(2):55-74.
2. Guarneri MP, Fazio M, Franch C. Valutazione dell'occlusione dopo trattamento con metodica Invisalign. *Mondo Ortodontico* 2007;4(32):223-8.
3. Chenin DA, Trosien AH, Fong PF, Miller RA, Lee RS. Orthodontic treatment with a series of removable appliances. *J Am Dent Assoc* 2003;134(9):1232-9.
4. Boyd RL. Complex orthodontic treatment using a new protocol for the Invisalign appliance. *J Clin Orthod* 2007;41(9):525-47.
5. Giancotti A, Mampieri G, Greco M. Correction of deep bite in adults using the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2008;42(12):719-26.
6. Schupp W, Haubrich J, Neumann I. Class II correction with the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2010;44(1):28-35.
7. Womack WR, Day RH. Surgical-orthodontic treatment using the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2008;42(4):237-45.
8. Eckhart JE. Sequential MARA-Invisalign treatment. *J Clin Orthod* 2009;43(7):439-48.
9. Fischer K. Invisalign treatment of dental Class II malocclusions without auxiliaries. *J Clin Orthod* 2010;44(11):665-72.
10. Marcuzzi E, Galassini G, Procopio O, Castaldo A, Contardo L. Surgical-Invisalign treatment of a patient with Class III malocclusion and multiple missing teeth. *J Clin Orthod* 2010;44(6):377-84.
11. Schupp W, Haubrich J, Neumann I. Invisalign® treatment of patients with craniomandibular disorders. *Int Orthod* 2010;8(3):253-67.
12. Choi NC, Park YC, Jo YM, Lee KJ. Combined use of miniscrews and clear appliances for the treatment of bialveolar protrusion without conventional brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135(5):671-81.
13. Fritz U, Diedrich P, Wiechmann D. Lingual technique. Patients' characteristics, motivation and acceptance. Interpretation of a retrospective survey. *J Ofac Orthop* 2002;63(3):227-33.
14. Vlaskalic V, Boyd R. Orthodontic treatment of a mildly crowded malocclusion using the Invisalign System. *Aust Orthod J* 2001;17(1):41-6.
15. Nedwed V, Miethke RR. Motivation, acceptance and problems of invisalign patients. *J Ofac Orthop* 2005;66(2):162-73.
16. Walton DK, Fields HW, Johnston WM, Rosenstiel SF, Firestone AR, Christensen JC. Orthodontic appliance preferences of children and adolescents. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138(6):698.e1-12.
17. Ziuchkovski JP, Fields HW, Johnston WM, Lindsey DT. Assessment of perceived orthodontic appliance attractiveness. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133(Suppl 4):S68-78.
18. Rosvall MD, Fields HW, Ziuchkovski J, Rosenstiel SF, Johnston WM. Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135(3):276.e1-12.
19. Miller KB, McGorray SP, Womack R, Quintero JC, Perelmuter M, Gibson J, et al. A comparison of treatment impacts between Invisalign aligner and fixed appliance therapy during the first week of treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131(3):302.e1-9.
20. Serfl HG, Klages U, Zentner A. Functional and social discomfort during orthodontic treatment. Effects on compliance and prediction of patients' adaptation by personality variables. *Eur J Orthod* 2000;22(3):307-15.
21. Eliades T, Pratsinis H, Athanasiou AE, Eliades G, Kletsas D. Cytotoxicity and estrogenicity of Invisalign appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136(1):100-3.
22. Pulgar R, Olea-Serrano MF, Novillo-Fertrell A, Rivas A, Pazos P, Pedraza V, et al. Determination of bisphenol A and related aromatic compounds released from bis-GMA-based composites and sealants by high performance liquid chromatography. *Environ Health Perspect* 2000;108(1):21-7.
23. Al-Hiyasat AS, Darmani H, Elbetieha AM. Leached components from dental composites and their effects on fertility of female mice. *Eur J Oral Sci* 2004;112(3):267-72.
24. Eliades T, Eliades G, Silikas N, Watts DC. In vitro degradation of polyurethane orthodontic elastomeric modules. *J Oral Rehabil* 2005;32(1):72-7.
25. Frati E, Di Vecchio S, Arsenio AC. Nella prevenzione dell'integrità del parodonto sistema ortodontico 'Invisalign' vs biomeccanica tradizionale.

- Prevenzione Odontostomatologica 2008;2:19-28.
26. Turatti G, Womack R, Bracco P. Incisor intrusion with Invisalign treatment of an adult periodontal patient. *J Clin Orthod* 2006;40(3):171-4.
 27. Miethke RR, Vogt S. A comparison of the periodontal health of patients during treatment with the Invisalign system and with fixed orthodontic appliances. *J Orofac Orthop* 2005;66(3):219-29.
 28. Germanò D, Guarneri MP, Gracco A, Siciliani G. Protocolli di igiene domiciliare per pazienti con apparecchiature estetiche. *Prevenzione e Assistenza Dentale* 2008;2:35-43.
 29. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption following treatment with aligners. *Angle Orthod* 2008;78(6):1119-24.
 30. Boyd RL, Vlaskalic V. Three-dimensional diagnosis and orthodontic treatment of complex malocclusions with the Invisalign appliance. *Semin Orthod* 2001;7:274-93.
 31. Cannizzo G. Why should you incorporate Invisalign into your dental practice? *J Am Orthod Society* 2008;8(3):34-7.
 32. Favero L, Cortelazzo V, Arreghini A. Effectiveness and advantages of an aesthetic methodology with progressive reevaluation: the Clear Aligner system. *Mondo Ortodontico* 2010;35(2):87-94.
 33. Tettamanti P, Guarneri MP, Digirolamo E, Gracco A. Movimento dentale. *Mondo Ortodontico* 2008;35:85-94.
 34. Align Technology, Inc. The Invisalign Reference Guide. Santa Clara, CA: 2010.
 35. Kuo E, Hordt C. Gli attacchi nella terapia Invisalign. *Ortodontia* 2001;15:25-8.
 36. Jones ML, Mah J, O'Toole BJ. Retention of thermoformed aligners with attachments of various shapes and positions. *J Clin Orthod* 2009;43(2):113-7.
 37. Pendleton R, Rinchuse D, Robison JM, Close JM, Marangoni R. Attachment bond strengths of thermoplastic retainer materials using two acrylic bonding resins. *J Clin Orthod* 2008;42(4):215-9.
 38. Rocke PA. A simple technique for placing Invisalign attachments. *J Clin Orthod* 2008;42(10):594.
 39. Cardaropoli D, Re S, Corrente G, Abundo R. Intrusion of migrated incisors with infrabony defects in adult periodontal patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120(6):671-5.
 40. Guarneri M, Gracco A, Farina A, Schwarze J. Attachment of intermaxillary elastics to thermoformed aligners. *J Clin Orthod* 2009;43(1):34-7.
 41. Giancotti A, Farina A. Treatment of collapsed arches using the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2010;44(7):416-25.
 42. Tuncay OC, Bowman SJ, Nicozisis JL, Amy BD. Effectiveness of a compliance indicator for clear aligners. *J Clin Orthod* 2009;43(4):263-8.
 43. Abolfathi A, Chen J, Li C, Tricca R, Wu B. Systems and methods for dental appliance compliance indication. Align Technology, Inc. US patent 2009;US7553157 B2.
 44. Schott TC, Göz G. Color fading of the blue compliance indicator encapsulated in removable clear Invisalign Teen® aligners. *Angle Orthod* 2011;81(2):185-91.
 45. Joffe L. Invisalign: early experiences. *J Orthod* 2003;30(4):348-52.
 46. Phan X, Ling PH. Clinical limitations of Invisalign. *J Can Dent Assoc* 2007;73(3):263-6.
 47. Lindauer SJ, Shoff RC. Comparison of Essix and Hawley retainers. *J Clin Orthod* 1998;32(2):95-7.
 48. Giancotti A, Greco M, Mampieri G. Extraction treatment using Invisalign technique. *Prog Orthod* 2006;7(1):32-43.
 49. Bollen AM, Huang G, King G, Hujoel P, Ma T. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 1: Ability to complete treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124(5):496-501.
 50. Miller RJ, Duong TT, Derakhshan M. Lower incisor extraction treatment with the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2002;36(2):95-102.
 51. Clements KM, Bollen AM, Huang G, King G, Hujoel P, Ma T. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 2: Dental improvements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124(5):502-8.
 52. Djeu G, Shelton C, Maganzini A. Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128(3):292-8.
 53. Womack WR, Ahn JH, Ammari Z, Castillo A. A new approach to correction of crowding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122(3):310-6.
 54. Boyd RL, Miller RJ, Vlaskalic V. The Invisalign system in adult orthodontics: mild crowding and space closure cases. *J Clin Orthod* 2000;34:203-12.
 55. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. 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.
 56. Miller RJ, Kuo E, Choi W. Validation of Align Technology's Treat III digital model superimposition tool and its case application. *Orthod Craniofac Res* 2003;6(Suppl 1):143-9.
 57. Boyd RL. Increasing the predictability of quality results with Invisalign. Proceedings of the Illinois Society of Orthodontists; Oak Brook, IL; March 7, 2005. Available at: http://www.gpsso.org/events/2003_outline.pdf (accessed March, 2009).
 58. Sheridan JJ. The Readers' Corner. 2. What percentage of your patients are being treated with Invisalign appliances? *J Clin Orthod* 2004;38(10):544-5.
 59. Kuncio D, Maganzini A, Shelton C, Freeman K. Invisalign and traditional orthodontic treatment postretention outcomes compared using the American Board of Orthodontics objective grading system. *Angle Orthod* 2007;77(5):864-9.
 60. Wong BH. Invisalign A to Z. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121(5):540-1.
 61. Schupp W, Haubrich J, Neumann I. Treatment of anterior open bite with the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2010;44(8):501-7.
 62. Taylor MG, McGorray SP, Durrett S, Pavlow S, Downey N, Lenk M, et al. Effect of Invisalign aligners on periodontal tissues. *J Dent Res* 2003;82(A):1483.