

Finishing with Invisalign

Trang Duong DDS, MS*, Eric Kuo DDS, MS**

*Orthodontic private practice in Manteca, CA, senior clinical orthodontist in the Research and Development department at Align Technology.

**Orthodontic private practice in San Francisco, CA, Director of Product Development in the Research and Development department at Align Technology.

correspondence to:

Trang Duong

Business Phone: +1-408-470-1316

Office Phone: +1-209-824-7466

Fax: +1-408-470-1019

E-mail: trang@aligntech.com

Introduction

Finishing is a critical part of orthodontic treatment. With Invisalign, there are several factors that play an important role that can affect the anticipated results of treatment. Because of the overlay design of the appliance the anatomy of the tooth plays an important role and can cause minor alignment discrepancies^{1,2}. Variations in tooth shape such as irregular facial surfaces, unusual crown shapes, and unfavorable crown shapes such as round teeth require additional Aligners to achieve the desired alignment. Tooth movement is dependent on the response of the perio-

Finishing in orthodontics can be challenging and can involve use of various techniques and armamentarium. This article reports a study that evaluates a procedure for using a thicker Aligner at the end of treatment to aide in finishing and also to determine if this would reduce the need for additional "case refinement" Aligners at the end of treatment. Background: Align Technology has developed the Invisalign System™, which is a series of clear plastic appliances ("aligners") that move the patient's teeth in small increments from their original state to a final, treated state. The Invisalign System uses a computer as a tool to assist in creating a series of sequential movements to assure light and consistent forces on the patient's teeth.

Duong T, Kuo E. Finishing with Invisalign. Prog Orthod 2006;7(1):44-55.

dontal tissues to an applied force. Variation in the biological response to tooth movement and the amount of stretching of the periodontal tissue are factors that can affect the treatment outcome. Studies with fixed appliances have shown that rotation of a tooth showed displacement and stretching of fibrous structures². Similar to "slot play" with fixed appliances there exists an Aligner "lag" based on the material properties of Aligners.

Objectives

Many different types of procedures have been used for finishing cases. Overcorrection programmed to occur at the end of treatment, manual addition of stages after the last ali-

gner, and new set-ups from final impressions, have all been used to finish a case. However, there have been cases where finishing Aligners have not been required. Various types of tooth movements have been shown to require finishing: space closure, rotations, intrusion, extrusion, torque, tip, buccal, and lingual tooth movements^{3,4}. Because of these variables, little information is available to set a consistent and standard process for finishing^{5,6}.

In an effort to improve the finishing regimen and also increase the predictability of achieving the desired treatment result a study was conducted. The primary objectives of this clinical trial were to explore

1. *the procedure for finishing,*
2. *the optimal material for finishing.*

La fase di rifinitura in ortodonzia può essere impegnativa e può implicare l'uso di differenti tecniche ed ausiliari. Questo articolo riporta uno studio che ha valutato una procedura per l'uso di un dispositivo di allineamento in materiale più spesso a fine trattamento in modo da aiutare i movimenti di rifinitura ed ha valutato se questo possa ridurre il bisogno di allineatori addizionali di rifinitura a fine trattamento.

Background: Align technology ha sviluppato il sistema Invisalign che consiste in una serie di mascherine di plastica (allineatori), i quali permettono di muovere i denti del paziente con piccoli incrementi dallo stadio iniziale a quello finale del trattamento. Il sistema Invisalign utilizza un computer come strumento per assistere l'elaborazione e la creazione di una serie di movimenti sequenziali in modo da assicurare l'applicazione di forze leggere e costanti sui denti.

(tradotto da Gaia Maria Cecilia Francesconi)

Key words: Invisalign; Aligners; Finishing; Clear Orthodontics; Auxiliaries.

A secondary goal of the study is to obtain data regarding the types of tooth positions that require over-correction and the amount of over-correction required to achieve the results shown at the final stage on Clincheck™.

Figure 1 shows the force-strain graph comparing .017x.017" stainless steel versus .017x.017" nitinol and .030 mm (EX30) polyurethane material over a 0-10% range of strain. The graph illustrates the difference in force-strain characteristics of orthodontic wires compared to Aligners and includes the level of strain that an average Aligner undergoes during treatment. It is important to note that the normal level of strain that Aligners deliver during treatment are in the range of 1-2% strain and therefore represent a lower level of force compared to stainless steel wires which deliver an average strain of 4% when activated.

Materials and Methods

Patients were enrolled by two private orthodontic practices located in California, USA. A total of 10 patients from each practice were enrolled in the study with a total of N = 20. All cases required tooth movements not requiring greater than 15 stages in either the upper or lower arches. The study involved having patients wear their initial series of Aligners progressing to the next set every 2 weeks. After this initial set the patients wore a duplicate last Aligner in a thicker material (Ex40) for 2 weeks. Fig-

re 2 shows the force-strain graph comparing .030 mm (EX30) versus .040 mm (EX40). By increasing the thickness from .030 mm to .040 mm the stiffness increased by approximately one third. Following this Aligner the clinician evaluated the treatment results and determined if additional finishing Aligners were required.

Alginate impressions were taken at the end of the initial set of Aligners (pre-EX40) and then at the end of the thicker polyurethane material (post-EX40). If additional case refinement Aligners were required alginate impressions were also taken at the end of this time point (Case refinement Aligners). The impressions were then poured and the models were scanned. The individual time points were then superimposed over the projected Clincheck goal (Goal) to determine the correlation between the goal and the actual achieved movements. Superimpositions were done using a best fit algorithm using Align's superimposition tool.

Align's Superimposition Tool

Align's superimposition tool involves tooth by tooth geometry matching via best surface match with the frame of reference based on each tooth. The before and after treatment arches, subsequently, are registered by a number of points and surfaces of the dentition. The software uses a technique that involves matching the teeth at two time points and uses references to

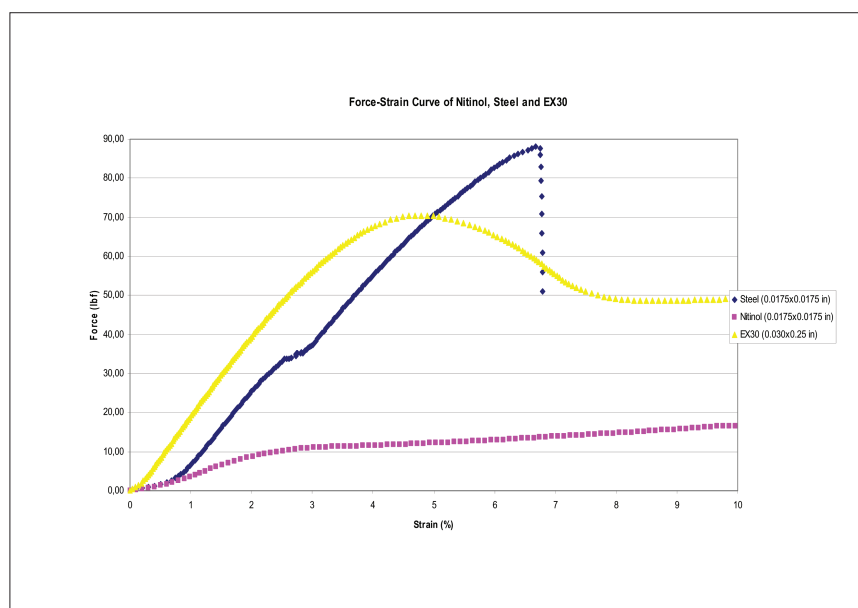


Fig. 1 This graph represents the force (lbf) versus strain from 0-10% of 17² ss, and nitinol wires compared to EX30. The y-axis indicates the force in (lbf) defined as pound force. The x-axis represents the percent strain which is the internal distortion produced by the load defined as the percentage of the deflection over the change in unit length. Each Aligner actually only delivers approximately between the 1-2% strain level compared to stainless steel wires which deliver more in the 4% strain level which activated. This graph shows that the average Aligner delivers forces at 1% strain of approximately 20 lbf which is below the force level delivered by stainless steel wires at 4% strain level (50 lbf). Note: Aligners will start to deform around the 5% strain.

Finir dans les orthodonties peut être une entreprise et peut comporter l'utilisation de divers techniques et armementarium. Cet article rapporte une étude qui value une procédure pour l'usage d'un dispositif d'alignement Aligner plus épais à la fin du traitement comme aide en finissant et aussi pour reduire le besoin de dispositifs d'alignement Aligner additionnels "d'amlioration de cas" à la fin du traitement.

Resumé: Align Technology à developpé le systme d'Invisalign qui est une série en plastique des appareils ("dispositifs d'alignement") qui muvent les dents de patients en petits increments de leur état original à un finale. Le systme d'Invisalign utilisera un ordinateur comme outil pour aider à créer une série de mouvements séquentiels pour assurer des forces légres et conformes sur les dents du patient.

(traduit par Maria Giacinta Paolone)

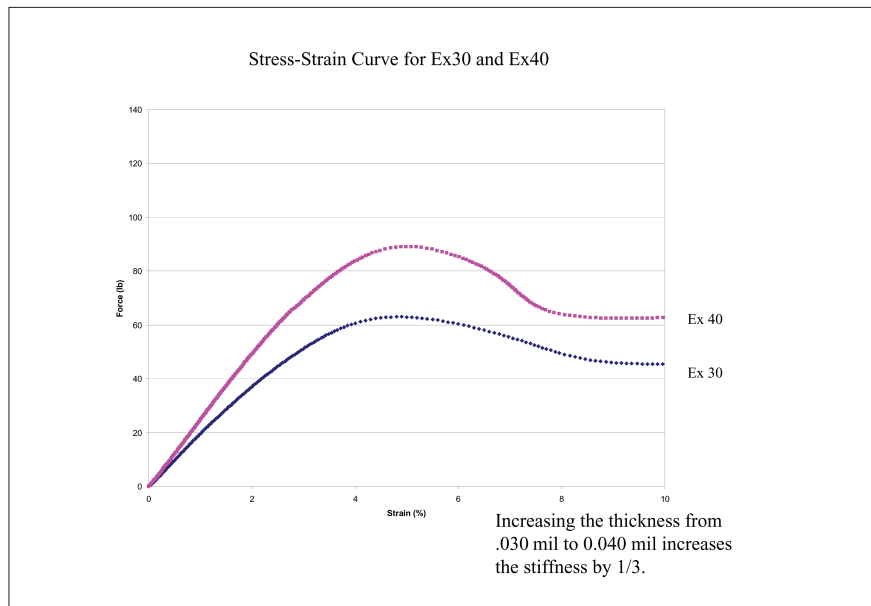


Fig. 2 This graph illustrates the force (lb) versus % strain of EX30 versus EX40. EX30 .030 mm thickness and EX40 is .040 mm thickness. This graph shows that small changes in thickness of Aligners can greatly increase the stiffness. In this example by increasing the thickness from .030 mm to .040 mm increases the stiffness 1/3.

position the jaw. Because there are no absolute stationary points, the superimposition tool gives information on the relative position of each tooth with respect to another during treatment and therefore only shows how much movement has been achieved between two moving object. For example, the superimposition tool at Align Technology, Inc. shows how much an anterior tooth retracts with respect to a posterior tooth, but not in an absolute sense as to how many millimeters tooth #10 moves anteroposteriorly with respect to the craniofacial landmark Sella.

Reference Teeth Selection

The reference teeth are selected as the following:

- static teeth/Low velocity teeth are selected as possible;
- if there is unusual discrepancy, statistical filtering is employed.

If there is a poor tooth matching, the tooth is excluded from the reference teeth.

Results

The following pictures show an example of one case that was part of this study that did not require any additional case refinement Aligners. The initial photos of this case show Class I upper spacing and lower crowding (Figs 3). Figure 4 is the Clincheck final position goal for the case. The treatment involved

Terminar un tratamiento ortodontico puede ser desafiante y puede involucrar varios tipos de técnicas. Este artículo propone un estudio que evalúe un procedimiento para usar un alineamiento en diferentes niveles sobretodo en la parte final del tratamiento para ayudar a terminar el tratamiento ortodontico, de modo tal que esto pueda reducir la necesidad "de alineadores adicionales para terminar el caso".

Antecedentes: Align Technology ha desarrollado Invisalign System para crear una serie de movimientos secuenciales y de esta forma asegurar fuerzas ligeras y constantes en los dientes del paciente.

(traducido por Santiago Isaza Penco)

closing the upper spaces and alleviating the lower crowding through anterior interproximal reduction during treatment. The total number of Aligners was 20 in the upper and 11 in the lower arch. After wearing the last set of Aligners (pre-EX40) alginate impressions were taken and poured and then scanned into the computer (Fig. 5). The pre-EX40 models were superimposed over the projected Clincheck goal (Fig. 6). The legend on the left represents a color schematic of the difference in millimeters of the position of the teeth. The color scheme ranges from red representing the largest deviation to gray representing a zero deviation. Figure 6 shows that compared to the projected goal wearing only the initial series of Aligners produced a fairly good match with the actual treatment result. However, there were some teeth that were slightly short of the projected goal. Specifically the position of the upper incisors was short approximately 1 mm with the projec-

ted goal. The amount of movement "Achieved" is plotted against that of "Goal" in scatter graphs, and trend lines are generated. Scatter graphs are then shown to demonstrate where all "scattered" data points are. Trend lines are generated to show the performance of Aligners. Trend lines are linear and present the "best fit" straight lines for all "scattered" data. The performance of the Aligners is represented as the slope of a trend line. The Y axis intercept signifies the amount incidental movement that occurs when wearing the Aligners. Predictability is obtained by R^2 that is obtained from the regression computation of "Achieved" and "Goal" data. A graph comparing the pre-EX40 versus projected Clincheck goal for N = 1 superimposition of the combined upper and lower anterior teeth shows that the in and out movements showed a strong correlation of .94 while the rotation movements showed a fairly good correlation of .85. (Fig. 7) Figure 8 shows the scanned mo-

del for this case after wearing EX40 Aligners for 2 weeks. When these models were superimposed over the Clincheck goal there was improved alignment compared to the Pre-Ex40 models (Fig. 9). The color schematic legend shows slight improvement in alignment of the anterior teeth compared to the superimposition of the pre-EX40 versus the Clincheck goal shown on figure 6. The plot graph shows that the correlation has improved slightly from .94 to .97 for the in/out movements with no change in the rotational movements (Fig. 10). This case shows that wearing Ex40 Aligners at the end of treatment slightly improves the anterior alignment. This particular example case did not require additional case refinement Aligners; however there were cases that required case refinement Aligners even after wearing the Ex40 Aligners. From the initial enrollment of N = 20 patients, data was only collected from 14 patients due to patient drop-out and/or poor com-



Figs 3 Initial intra oral photos.

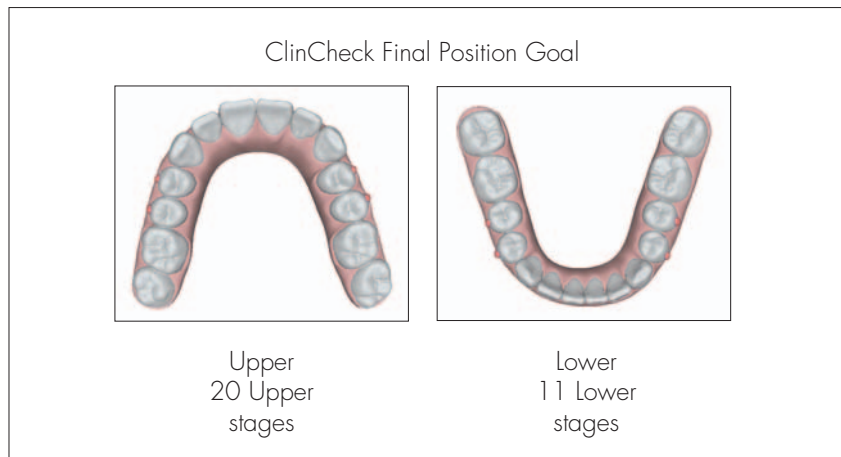


Fig. 4 Final clin check.

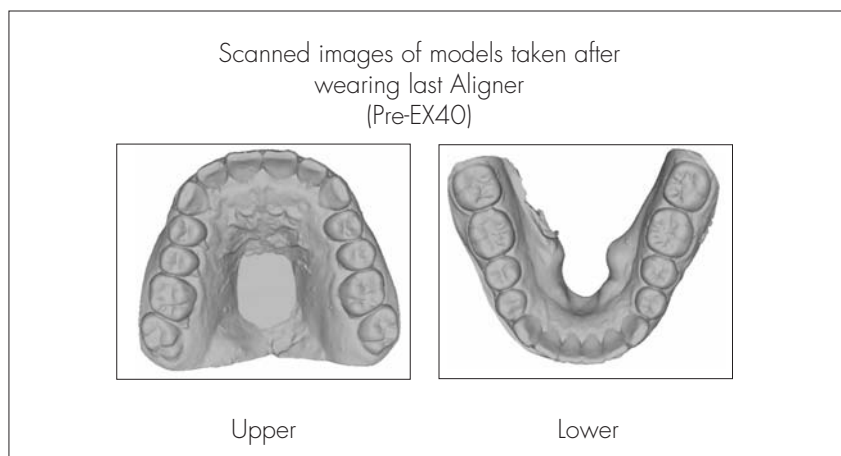


Fig. 5 Scanned images of models taken after wearing last Aligner (pre-EX40).

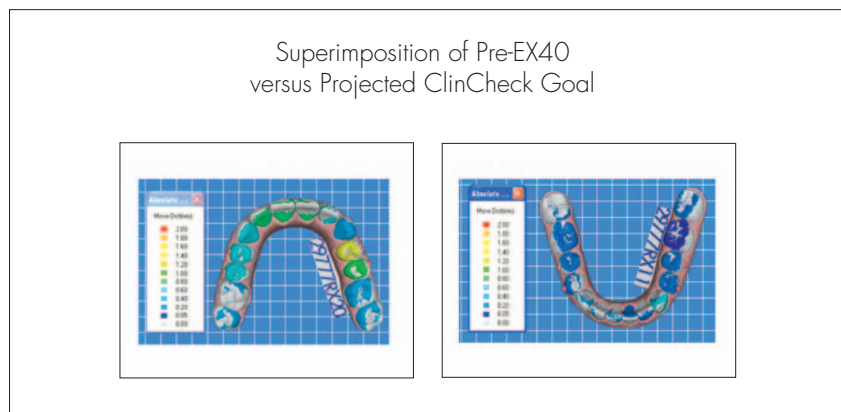


Fig. 6 This figure represents the superimposition of the scanned models after wearing the last Aligner (Pre-EX40) versus the Clincheck Goal. Pre-EX40 is defined as the actual position of the teeth after the patient completed wearing the last Aligner during treatment. Pre-EX40 models were obtained by taking impressions at the end of the last Aligner and then the models were scanned in. The Clincheck goal represents the virtual last stage shown on Clincheck. The two models were then superimposed using Align's superimposition tool using best fit of all of the teeth. The scale of colors represents the difference in position of each

tooth at Pre-EX40 versus the Clincheck goal stage in millimeters. The colors ranging from red to gray represent the degree of difference with red representing the most difference at 2.00 mm and gray with zero difference in position. For example, this graph shows that there was a difference of approximately 1.00 mm between the actual position of the upper central incisors at the end of the original set of Aligners and what was shown on Clincheck. The lower arch shows that the actual position of the teeth very closely matched the projected Clincheck goal with a difference of approximately only .2-.05 mm.

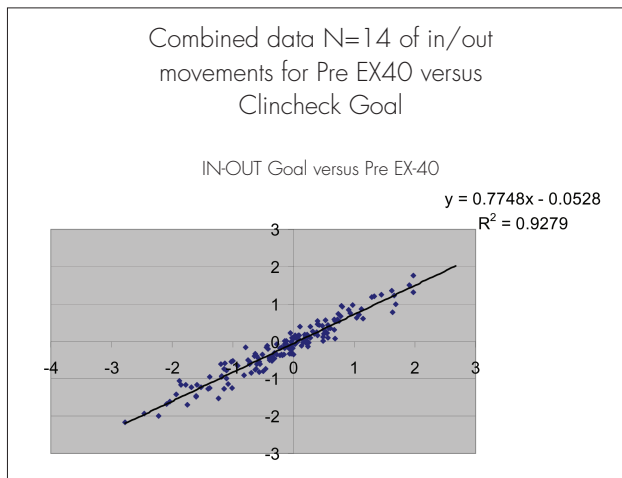


Fig. 7 This figure shows the scatter plot and the linear trend line of the combined data points for the anterior teeth shown in figure 6 for the movement of in/out for N = 1. The amount of movement "Achieved"(y-axis) is plotted against that of "Goal"(x-axis) in a scatter graph, and trend lines are generated. The linear trend line represents the "best fit" straight lines for all "scattered" data. The performance of the Aligners is represented as the slope of a trend line. R^2 that is obtained from the regression computation of the "Achieved" and "Goal" data and represents the predictability. This graph shows that for this particular case the achieved in/out movements from Pre-EX40 matched well with the projected Clincheck goal ($R = .94$). This indicates that the actual treatment results were very close to the projected simulated goal.

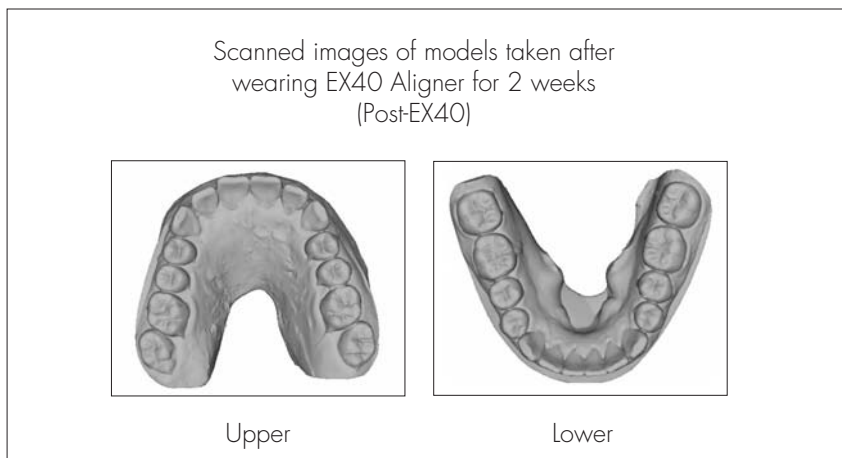


Fig. 8 Legend on the photo.

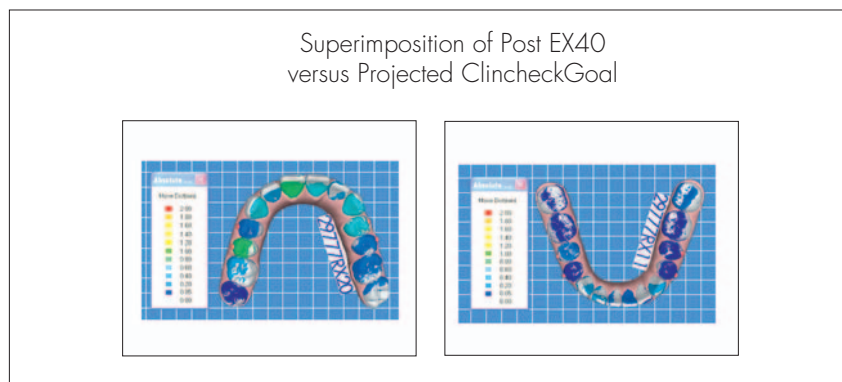


Fig. 9 This figure represents the superimposition of the scanned models after wearing the last Aligner in treatment in EX40 (a thicker material than the treatment Aligners of EX30) versus the Clincheck Goal. Post-EX40 is defined as the actual position of the teeth after the patient completed wearing the last Aligner in EX40 during treatment. Post-EX40 models were obtained by taking impressions at the end wearing the EX40 Aligner and then the models were scanned in. Clincheck goal represents the virtual last stage

shown on Clincheck. The two models were then superimposed using Align's superimposition tool using best fit of all of the teeth. The scale of colors represents the same scale as Figure 6. The colors ranging from red to gray represent the degree of difference with red representing the most difference at 2.00 mm and gray with zero difference in position. For example, this graph shows that there was an overall smaller difference between the actual position of the teeth at the end of EX40 compared to the Clincheck goal (ie there are more teeth that are dark blue compared to figure 6). This means that for this particular case wearing EX40 improved the alignment of the teeth compared to without wearing EX40 (fig. 6 vs fig. 9).

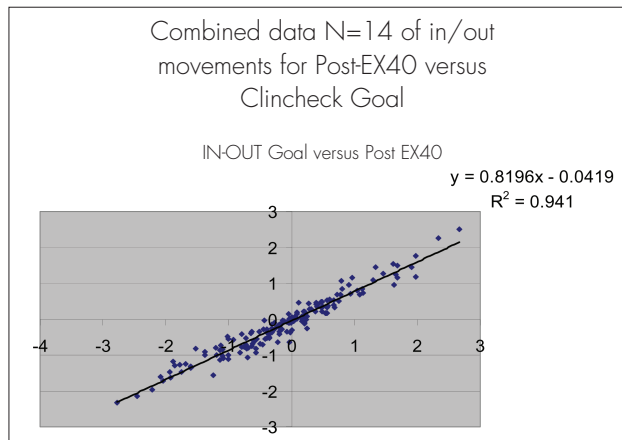


Fig. 10 This figure is similar to figure 7, however it shows the scatter plot and linear trend line for the superimposition shown in figure 9. This graph shows that, for this particular case, the achieved in/out movements from Post-EX40 matched well with the projected Clincheck goal $R = .96$. Comparing this data with that of Figure 7 shows that wearing EX40 for this particular case showed slight improvement of in/out movement when compared to without EX40 ($R = .94$ vs. $R = .96$). This indicates that wearing a thicker Aligner at the end of treatment can slightly improve the alignment of the teeth.

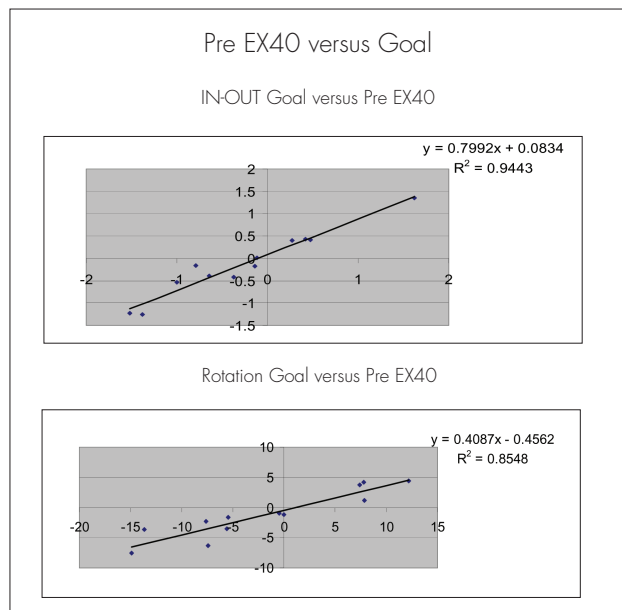


Fig. 11 Legend on the figure. Combined data N = 14 of in/out movements for Pre-EX 40 versus clincheck goal. See legend for figure 10 for explanation.

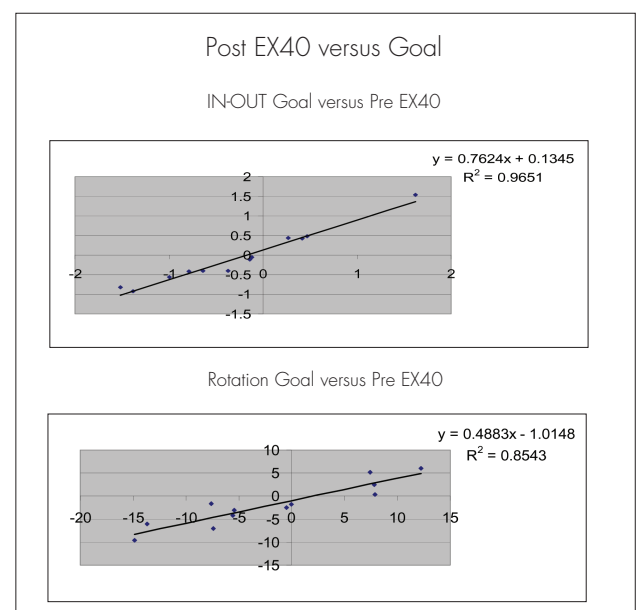


Fig. 12 Legend on the figure. See legend for figure 10 for explanation.

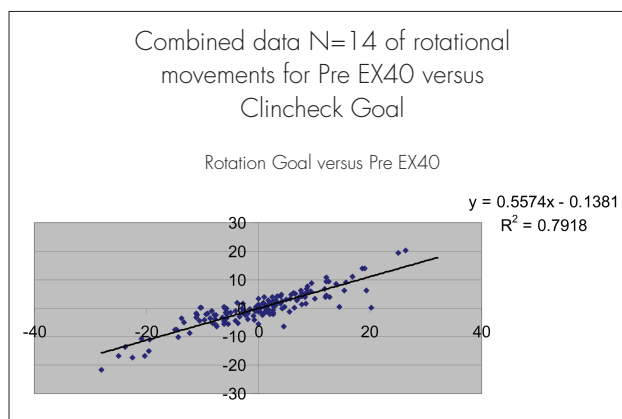


Fig. 13 Same as figure 11, 12 – legend on the figure. See figure 10 for explanation.

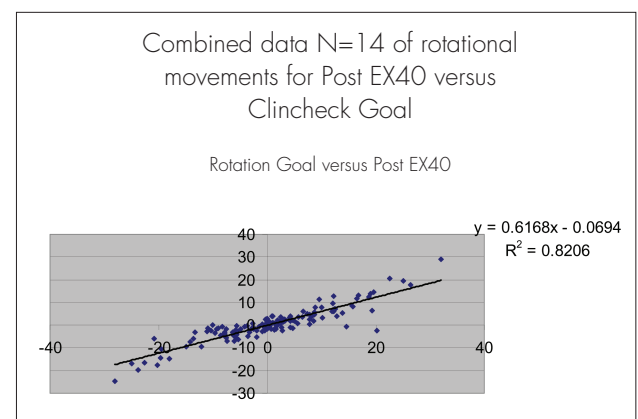


Fig. 14 same as figure 11, 13 – legend on the figure. See figure 10 for explanation.

pliance. Data for a pool of 14 patients were combined and the plot graphs shows a similar trend of improvement in alignment for in/out movements and rotation after wearing Ex40 Aligners (Figs 11-14). However, even after wearing the Ex40 Aligners 5 out of the 14 patients required additional case refinement Aligners. This data suggests that wearing Ex40 Aligners at the end of treatment can slightly improve the anterior alignment. This also suggests that patients who use Ex40 Aligners as retainers at the end of treatment can expect to achieve slight improvement in their alignment during the retention phase. The study showed that using a thicker Aligner material at the end of treatment slightly improved the alignment but did not completely eliminate the need for additional Aligners.

Discussion

The results from this study showed that finishing with Invisalign sometimes requires additional Aligners and also use of auxiliaries such as detailing pliers to achieve the desired treatment results. The best way to determine the need for additional movements is to wait until the last Aligner is delivered and then clinically examine which teeth require additional movements. This is the time when the precise amount and direction of additional movement can be requested on the specified teeth. This process is more effective and efficient rather than

trying to guess at the beginning which tooth and the exact amount of additional movement required to achieve full alignment. An exception to this rule is in anterior spacing cases in which virtually over closing the spaces at the end of treatment will help in achieving complete space closure at the end of treatment. If the last Aligner is fitting well and the movements do not exceed 3 Aligners then additional Aligners can be ordered to achieve the last additional movements. However, if the last Aligner does not fit well and the case requires movements with more than 3 Aligners then a new PVS impression should be taken.

Use of Pliers and Auxillaries for Finishing with Invisalign

Detailing pliers have been shown to be successful for movements at the end of treatment that require in/out movements and minor incisor rotations. There is the misconception with Invisalign treatment that the appliance will perform all of the work and therefore the requirement is simply only dispensing the appliances. As with the prescription bracket, successful treatment outcomes are based on a proper diagnosis and treatment plan and careful monitoring during treatment. Finishing a case with Invisalign may require additional Aligners, and other aramentarium to produce the desired treatment goals. Keep in mind that Invisalign is a treatment modality and can provide the clinician with the tools

to offer patients an excellent esthetic treatment option. However, good clinical results are based on good case selection and careful monitoring during treatment.

Future Directions

Theoretically the ideal material would have stress/strain characteristics that would provide adequate stiffness similar to EX40 for control of tooth movements but without affecting the thickness and adaptation. Align Technology is currently exploring new materials that have optimal material properties to improve treat efficacy and expand treatment capabilities.

References

1. Kuo E, Miller RJ. Automated custom-manufacturing technology in orthodontics. *Am J Orthod and Dentofacial Orthop* 2003 May; 123(5):578-81.
2. Reitan K. Tissue rearrangement during retention of orthodontically rotated teeth. *Angle Orthod* 1958;29:105-13.
3. Boyd RL, Miller RJ, Vlskalic, V. The Invisalign System in Adult Orthodontics: Mild Crowding and Space Closure Cases. *J of Clin Orthod* 2000; 34(4):203-212.
4. Boyd RL, Miller RJ, Vlskalic, V. The Invisalign System in Adult Orthodontics: Mild Crowding and Space Closure Cases. *Dental Asia* 2000; 1:12-19.
5. Boyd RL, Vlskalic V. Three-dimensional diagnosis and orthodontic treatment of complex malocclusions with the Invisalign™ Appliance. *Semin Orthod* 2001; 7(4): 274-293.
6. Miller RJ, Duong T, Derakhshan M. Lower Incisor Extraction Treatment with the Invisalign System. *J of Clin Orthod* 2002 Feb;36(2):95-102.

Finitura con Invisalign

Trang Duong DDS, MS*, Eric Kuo DDS, MS*

Introduzione

La finitura è una parte critica del trattamento ortodontico. Con il sistema Invisalign, esistono numerosi fattori che rivestono un ruolo importante e che possono influenzare i risultati del trattamento previsto. Per il fatto stesso che il design dell'apparecchiatura è coprente, i denti e l'anatomia dentale giocano un ruolo fondamentale e possono determinare discrepanze nell'allineamento^{1,2}. Variazioni delle normali forme dentali quali l'irregolarità delle superfici facciali, corone con forma inusuale ed anatomia coronale sfavorevole, come i denti tondi, richiedono un numero addizionale di allineatori per poter raggiungere l'allineamento desiderato. Variabili nella risposta biologica al movimento dentale e la quantità di allungamento del tessuto parodontale sono inoltre fattori che possono condizionare l'esito del trattamento. Studi sulle apparecchiature fisse hanno evidenziato come la rotazione di un dente sia associata a spostamento e allungamento delle strutture fibrose². Verosimilmente come esiste un "gioco dello slot" nell'apparecchiatura fissa, così esiste un "rallentamento" dell'allineatore dovuto alle proprietà stesse del materiale.

Obiettivi

Diversi tipi di procedure sono stati usati per la finitura di un caso. L'ipercorezione programmata negli ultimi stage a fine trattamento, stages manuali addizionali dopo l'ultimo allineatore o nuovi set up ricavati dalle impronte finali sono stati usati quali procedure per rifinire i casi. Comunque vi sono casi dove le finiture con gli allineatori non sono state necessarie. Sono stati individuati differenti tipi di movimento dentale che richiedono una rifinitura: chiusura degli spazi, rotazioni, intrusioni, estrusioni, torque, tip, movimenti dentali buccali e vestibolari^{3,4}. Data l'esistenza di tutte queste variabili, possediamo poche informazioni disponibili per stabilire un processo coerente e standardizzato di rifinitura^{5,6}.

Questo studio è stato condotto proprio per migliorare la procedura di rifinitura ed aumentare la prevedibilità nel raggiungimento del risultato desiderato. L'obiettivo principale di questo studio clinico è stato quello di esplorare la procedura di rifinitura ed il materiale ottimale per la rifinitura. Un obiettivo secondario di questo studio è stato quello di ottenere informazioni riguardanti la posizione dentale che richiede un'ipercorezione e l'ammontare di ipercorezione richiesta per raggiungere il risultato finale corrispon-

dente a quello mostrato nello stage finale di ClinCheck. Nella figura 1 viene mostrato il grafico forza-tensione comparativo fra 0,017 x 0,017 acciaio vs 0,017 x 0,017 nitinol e 0,030 mm (EX30) materiale in poliuretano, durante un range di tensione 0-10%.

Il grafico illustra le differenze nelle caratteristiche di forza-tensione dei diversi fili ortodontici paragonandoli agli allineatori ed include il livello di tensione che un allineatore medio mantiene durante il trattamento. Risulta importante notare come il livello normale di tensione che l'allineatore sviluppa durante il trattamento è compreso in un range di 1-2% di tensione e dunque rappresenta un valore di forza minore rispetto a quello sviluppato da archi in acciaio che sviluppino una tensione media del 4% quando attivati.

Materiali e Metodi

I pazienti sono stati selezionati in due studi ortodontici privati situati in California, USA. Sono stati inclusi nella nostra ricerca 10 pazienti per ogni studio per un totale di N = 20. Tutti i casi selezionati richiedevano spostamenti dentali che non superassero i 15 stage sia nell'arcata superiore che in quella inferiore. Lo studio ha incluso pazienti che indossassero il loro set iniziale di allineatori e che progredissero al set successivo dopo due settimane. Dopo il set iniziale di allineatori i pazienti indossavano un duplicato dell'ultimo allineatore indossato, ma prodotto con un materiale più spesso (EX40) per due settimane. La figura 2 mostra il grafico forza-tensione comparando 0,030 mm (EX30) e 0,040 mm (EX40). Aumentando lo spessore da 0,030 mm a 0,040 mm, la rigidità del materiale aumenta di circa un terzo. Seguendo questo allineatore, il clinico ha valutato i risultati del trattamento e ha determinato l'eventuale necessità di allineatori addizionali per le rifiniture.

Sono state prese le impronte delle arcate dentarie in alginato sia alla fine del set iniziale di allineatori (pre-EX30) sia alla fine del set di allineatori in materiale più spesso (post-EX40). Se venivano richiesti allineatori addizionali di rifinitura del caso, venivano prese impronte in alginato anche a questo intervallo di tempo (Case Refinement Aligners). Le impronte venivano colate ed i modelli scansionati. Gli intervalli di tempo di trattamento individuali venivano sovrapposti ai traguardi progettati (Goal) nel Clincheck in modo da correlare il risultato ottenuto fisicamente a quello virtuale corrispondente in Clincheck. La sovrapposizione è stata effettuata con un algoritmo opportuno quale lo strumento di sovrapposizione di Align.

Align strumento di sovrapposizione

Lo strumento di sovrapposizione di Align sfrutta il coordinamento geometrico dente per dente in modo che le superfici combacino nel miglior modo usando come struttura di riferimento ogni dente. Le arcate prima e dopo trattamento, in maniera sequenziale, vengono registrate per mezzo di un numero di punti e superfici della dentizione. Il software utilizza una tecnologia che permette il confronto dei denti due volte per punto ed utilizza punti di riferimento per far coincidere le mascelle. Poiché non esistono dei punti assolutamente fissi, lo strumento per la sovrapposizione ci dà informazioni relative alla posizione di un dente rispetto ad un altro durante il trattamento e quindi la quantità di movimento tra due oggetti in movimento fra loro. Per esempio, lo strumento di sovrapposizione di Align Technology Inc. mostra quanto un dente anteriore si sia arretrato rispetto ad un dente posteriore, ma non in senso assoluto di quanti millimetri il dente 10 si sia mosso anteroposteriormente rispetto ad un punto fisso craniofaciale Sella.

Selezione dei denti di riferimento

I denti di riferimento vengono selezionati come segue:

- denti statici/denti a bassa velocità vengono selezionati se possibile,
- se c'è una discrepanza non usuale, viene impiegato un filtro statistico.

Se la corrispondenza del dente risulta essere scarsa, esso non viene utilizzato come dente di riferimento

Risultati

Le seguenti immagini mostrano l'esempio di un caso, che faceva parte di questo studio, nel quale non è stata necessaria la rifinitura con allineatori addizionali. Le foto iniziali di questo caso mostrano una I Classe con spaziature nell'arcata superiore ed affollamento in quella inferiore (Fig. 3). Nella figura 4 viene mostrato il Clincheck nella posizione finale che corrisponde all'obiettivo finale del trattamento. Il trattamento ha richiesto la chiusura degli spazi superiori ed il miglioramento dell'affollamento inferiore attraverso la riduzione interprossimale durante il trattamento. Il numero totale di allineatori è stato di 20 nell'arcata superiore e di 11 nell'inferiore. Dopo aver indossato l'ultimo set di allineatori (pre-EX40) sono state prese impronte in alginato, sono state colate e scansionate nel computer (Fig. 5). I modelli pre-EX40 sono stati sovrapposti al Clincheck progettato per ottenere gli obiettivi (Fig. 6). La legenda sulla sinistra rappresenta uno schema a colori delle differenze nelle posizioni dentali in millimetri. La scala colori varia dal rosso che rappresenta la deviazione più grande, al grigio che rappresenta una deviazione zero. La figura 6 mostra come, facendo una comparazione con il risultato progettato, indossando solo la serie iniziale di allineatori si produce un buon risultato se con-

frontato con il risultato finale del trattamento reale. Comunque vi erano alcuni denti che risultavano essere leggermente corti rispetto al risultato pianificato. In modo specifico la posizione degli incisivi superiori era corta di circa 1 mm rispetto alla posizione finale pianificata. La quantità del movimento "raggiunto" viene graficamente sovrapposta alla quantità del movimento "Goal" in gruppi di grafici e vengono generate delle linee di direzione. I grafici vengono poi mostrati per evidenziare dove si trovano tutti i punti-data. Vengono create delle linee di direzione per visualizzare la performance degli allineatori. Queste righe sono lineari e rappresentano le linee dritte più adatte per tutti i punti-data. La performance degli Aligners viene rappresentata dalla pendenza della linea di direzione. L'intersezione con l'asse Y evidenzia la quantità di movimento accessorio che si ottiene quando si indossano gli allineatori. La prevedibilità si ottiene attraverso R^2 che viene ricavato da una regressione calcolata dai dati "movimento raggiunto" e dai dati "Goal". Un grafico comparativo pre-EX 40 vs gli obiettivi finali in Clincheck per $N = 1$ sovrapposizione della combinazione dei denti dell'arcata superiore ed inferiore dimostra come i movimenti di in ed out rivelano una forte correlazione di 0,94 mentre i movimenti di rotazione mostrano una correlazione abbastanza buona di circa 0,85 (Fig 7).

La figura 8 mostra un modello scansionato di questo caso dopo aver indossato gli allineatori EX40 per 2 settimane. Quando questi modelli sono stati sovrapposti al risultato progettato in Clincheck si è evidenziato un miglioramento nell'allineamento se si confronta con i modelli Pre-EX40 (Fig. 9). La legenda a colori schematizzata dimostra lievi miglioramenti nell'allineamento dei denti anteriori confrontando la loro sovrapposizione nello stadio pre-EX40 vs stadio finale corrispondente di Clincheck in figura 6. Il grafico risultante rivela come la correlazione per i movimenti di in/out sia lievemente migliorata da 0,94 a 0,97, ma nessun cambiamento si sia evidenziato nei movimenti di rotazione (Fig. 10). Questo caso mette in evidenza come l'uso degli allineatori EX40 a fine trattamento comporti un lieve miglioramento nell'allineamento anteriore. Questo caso particolare riportato come esempio non richiedeva allineatori aggiuntivi di rifinitura neanche dopo aver indossato allineatori EX40.

Dal campione iniziale di $N = 20$ pazienti, per problemi di abbandono o scarsa collaborazione di alcuni pazienti, i dati sono stati collezionati solamente da 14 pazienti. I dati derivanti dal gruppo dei 14 pazienti è stato ricombinato ed il grafico risultante mostra una tendenza simile a quella mostrata dopo aver indossato gli allineatori EX40 sia per quanto riguarda l'allineamento ed i movimenti di in/out sia per la rotazione (Figg. 11-14). Comunque 5 dei 14 pazienti iniziali necessitavano l'uso di allineatori addizionali di rifinitura nonostante avessero indossato gli allineatori EX40. Questi dati suggeriscono che l'uso di allineatori EX40 alla fine del trattamento migliorano solo lievemente l'allineamento anteriore. Ci suggerisce inoltre che i pazienti che utilizzano l'allineatore EX40 come retainer a fine trattamento possono aspettarsi di migliorare l'allineamento durante la fase di contenzione. Questo stu-

dio ha messo in evidenza come l'uso di un allineatore in materiale più spesso alla fine del trattamento migliora leggermente l'allineamento, ma non esclude completamente la necessità di allineatori addizionali.

Discussione

I risultati di questo studio mostrano che in maniera simile all'apparecchiatura fissa, anche con Invisalign, le rifiniture talvolta richiedono Aligners addizionali ed anche altri ausiliari come le pinze, per raggiungere i risultati desiderati. Il modo migliore per determinare la necessità di movimenti addizionali è quello di attendere finché l'ultimo allineatore è stato consegnato, dopodiché verrà esaminato clinicamente quale dente richiede movimenti aggiuntivi. Questo è il momento preciso in cui si determina quantità e direzione di movimento addizionale per uno specifico elemento. Questo metodo risulta essere più efficace ed efficiente che non quello di provare ad ipotizzare all'inizio quale dente e la quantità di movimento necessari per raggiungere un allineamento pieno. Un'eccezione a questa regola è rappresentata dai casi di chiusura di spazio anteriore, in cui una richiesta virtuale di iperchiusura degli spazi a fine trattamento permette di ottenere una chiusura completa degli spazi a fine trattamento. Se l'ultimo allineatore calza bene e i movimenti non superano i tre allineatori allora si possono ordinare per ottenere gli ultimi movimenti addizionali. Comunque se l'ultimo allineatore non si adatta perfettamente e il caso richiede più di tre allineatori per la rifinitura, allora bisogna prendere nuove impronte in PVS.

L'utilizzo di pinze ed ausiliari per le rifiniture con Invisalign

Pinze particolari sono state presentate per essere efficienti nei movimenti a fine trattamento che richiedono dei movimenti di in/out o correzione di piccole rotazioni. Esiste l'idea errata che, nel trattamento con Invisalign, l'allineatore compia tutto il lavoro da solo e quindi sembra che l'unico onere sia semplicemente quello di consegnare l'allineatore. Come per i bracket, un trattamento di successo si basa su una diagnosi propria, un piano di trattamento ed un monitoraggio clinico attento durante il trattamento. La finitura di un caso con Invisalign può richiedere allineatori addizionali, altre attrezzature per raggiungere il risultato desiderato. Bisogna tenere a mente che è una modalità di trattamento e fornisce al clinico un'opzione di trattamento altamente estetica da offrire al paziente. Comunque un buon risultato clinico si basa sulla selezione del caso e sul monitoraggio clinico durante il trattamento.

Sviluppi futuri

Teoricamente il materiale ideale dovrebbe possedere caratteristiche forza/tensione tali da garantire una rigidità adeguata simile a EX40 per controllare i movimenti dentali, ma senza interferire con lo spessore e l'adattamento. Align Technology sta attualmente sperimentando nuovi materiali che hanno ottime proprietà fisiche per migliorare l'efficacia nel trattamento e capacità di espandere i trattamenti.

(tradotto da Gaia Maria Cecilia Francesconi)