



Allineatori trasparenti: evoluzione dei materiali e innovazioni biomeccaniche

Filippo Vitiello

Diplomato odontotecnico nel 1987, dedica la carriera alla tecnica ortodontica. Nel 1993 apre il primo laboratorio odontotecnico. Dal 2012 si occupa esclusivamente di allineatori dentali invisibili e fondato il brand DAIR.

Come si sono evoluti i materiali utilizzati per la produzione di allineatori trasparenti? Quali proprietà biomeccaniche risultano essenziali per garantire un movimento dentale efficace e prevedibile?

Negli ultimi decenni, i materiali per allineatori trasparenti si sono evoluti da soluzioni rigide a materiali avanzati che bilanciano resistenza, flessibilità e comfort. Negli anni '90 si usavano principalmente derivati del PVC, con proprietà biomeccaniche limitate. In seguito, il PETG ha guadagnato popolarità per la sua rigidità e trasparenza, mentre il TPU si è imposto per l'elasticità, la costanza delle forze e la resistenza alla deformazione, offrendo anche ottima trasparenza ed estetica. I materiali multistrato combinano uno strato rigido esterno per la stabilità e uno flessibile interno per il comfort, ottimizzando il controllo dei movimenti dentali. La ricerca più recente sta esplorando l'uso di resine trasparenti stampate in 3D per una personalizzazione ancora più precisa.

Quali sono i principali fattori biomeccanici che influenzano la predicibilità del movimento dentale con allineatori trasparenti? Esistono limiti biomeccanici specifici rispetto alle tecniche ortodontiche tradizionali?

Pur offrendo notevoli vantaggi in termini di estetica e comfort, gli allineatori presentano alcune limitazioni rispetto agli apparecchi fissi tradizionali. Gli allineatori hanno una capacità limitata nel controllare la coppia, ovvero l'applicazione combina-

ta di forze e momenti necessari per muovere la radice del dente. Di conseguenza, si osserva spesso un fenomeno di tipping (inclinazione), in cui la corona si sposta più della radice, anziché ottenere un movimento corporeo completo. Gli allineatori possono incontrare difficoltà nel correggere le rotazioni, soprattutto per i denti con corone arrotondate, con evidenze che mostrano una riduzione dell'efficacia quando il movimento programmato supera determinati limiti. Mentre gli apparecchi fissi consentono aggiustamenti precisi, gli allineatori, anche con le nuove tecnologie e materiali, non sempre raggiungono la stessa precisione.

Quali sono le caratteristiche essenziali che un software di pianificazione deve possedere per ottimizzare l'efficacia degli allineatori? In che modo i nuovi algoritmi di intelligenza artificiale stanno migliorando la previsione dei movimenti dentali?

Un software di pianificazione per allineatori ortodontici deve gestire accuratamente dati 3D, importando scansioni intraorali ad alta risoluzione e supportando immagini CBCT e radiografie, garantendo una fusione precisa per una visualizzazione completa dell'anatomia. Deve offrire simulazioni biomeccaniche avanzate per analizzare le forze applicate, prevedere i movimenti dentali e pianificare la sequenza ottimale, con possibilità di modifiche in corso d'opera. Gli algoritmi di IA migliorano continuamente la previsione dei movimenti dentali basandosi su migliaia di casi clinici, ottimizzando le

traiettorie e riducendo il numero di allineatori necessari. Inoltre, l'IA adatta il trattamento alle variabili biologiche individuali e può identificare potenziali complicanze, suggerendo misure preventive e piani alternativi per un maggiore successo terapeutico.

Come si regolano l'entità e la direzione delle forze esercitate dagli allineatori per garantire un trattamento ortodontico controllato?

Esistono strategie per ottimizzare il torque e i movimenti radicolari con allineatori trasparenti?

La gestione dell'attivazione dell'allineatore si basa sulla calibrazione precisa tra la posizione attuale e quella desiderata del dente, con spostamenti lineari di 0,2-0,25 mm e movimenti angolari di 1°. La forza applicata dipende dalla deformazione elastica del materiale: una sovra-attivazione può causare problemi parodontali, perdita di ancoraggio e tracking inefficace. Gli attachments, con geometria e orientamento ottimizzati, determinano la direzione della forza. Per controllare il torque, è essenziale applicare una coppia di forze che generi un momento efficace, considerando il centro di resistenza del dente. L'uso di power ridges e sovra-correzioni di 2-3° aiuta a compensare eventuali perdite di controllo. Per ottimizzare i movimenti radicolari, il design degli attachments multipli con superfici attive inclinate indirizza meglio le forze. Lo staging graduale dei movimenti, con step di 0,15-0,2 mm e pause strategiche, facilita il rimodellamento osseo.

In che misura è possibile personalizzare il trattamento con allineatori in base alla biomeccanica specifica del paziente?

Quali parametri devono essere monitorati per adattare la progressione del trattamento in modo dinamico?

La personalizzazione del trattamento con allineatori richiede una valutazione accurata di fattori come densità ossea, morfologia radicolare, condizioni parodontali e pattern oclusale, che influenzano la stabilità e la prevedibilità dei movimenti dentali. L'età e il metabolismo osseo del paziente determinano i tempi di risposta ai movimenti, mentre la regolazione delle forze, la velocità di progressione e il timing degli allineatori devono essere ottimizzati per evitare interferenze e migliorare l'efficacia. Il monitoraggio dinamico include la verifica dell'adattamento degli allineatori, il controllo di eventuali gap tra allineatori e denti, la stabilità degli attachments e la tenuta dell'ancoraggio. È fondamentale confrontare costantemente la posizione pianificata con quella reale per identificare eventuali ritardi nei movimenti. Anche la compliance del paziente deve essere monitorata attentamente, con attenzione al tempo effettivo di utilizzo e al rispetto dei tempi di cambio.

In quali casi clinici il trattamento con allineatori può risultare meno efficace rispetto all'ortodonzia convenzionale?

Il trattamento con allineatori presenta limitazioni in alcuni casi clinici specifici. Nei movimenti dentali complessi, possono risultare difficili estrusioni e intrusioni superiori a 2-3 mm, correzioni di torque radicolare severe, rotazioni maggiori di 45° soprattutto su denti corti o rotondi, e la chiusura di spazi da estrazione mediante movimenti corporei. Le discrepanze scheletriche rappresentano un'altra sfida, in particolare nei casi di malocclusioni di III classe severe, open bite scheletrici pronunciati, deficit trasversali significativi del mascellare e morsi profondi superiori a 5 mm. Anche una scarsa compliance del paziente può compromettere l'efficacia del trattamento.

Quali sono le innovazioni più promettenti nel settore degli allineatori trasparenti?

L'introduzione di nuovi polimeri, tecnologie di stampa 3D o approcci basati sull'intelligenza artificiale cambierà il modo in cui vengono progettati e utilizzati questi dispositivi?

Le innovazioni nel settore degli allineatori trasparenti stanno avanzando su diversi fronti tecnologici. I nuovi materiali e polimeri includono lo sviluppo di materiali smart con memoria di forma, polimeri con modulo elastico variabile in base alla temperatura e materiali che rilasciano forze in modo graduale e controllato. Le tecnologie di stampa 3D avanzate permettono la stampa diretta degli allineatori, con zone a rigidità differenziata e migliorando la personalizzazione del design. L'intelligenza artificiale consente l'ottimizzazione automatica dei piani di trattamento, una previsione più accurata dei movimenti dentali, l'identificazione precoce di potenziali problemi, l'automazione del design degli attachments e una personalizzazione basata su big data clinici.

Quali strategie possono migliorare l'aderenza del paziente all'uso degli allineatori? Esistono nuove tecnologie per monitorare in tempo reale il tempo di utilizzo e ottimizzare i risultati del trattamento?

Le strategie per migliorare l'aderenza al trattamento con allineatori trasparenti comprendono un'educazione iniziale dettagliata con dimostrazioni pratiche, la definizione di obiettivi chiari e realistici e una comunicazione regolare attraverso app dedicate. La visualizzazione digitale dei progressi attesi, l'uso di sistemi di promemoria personalizzati e il supporto motivazionale continuo, insieme al coinvolgimento attivo del paziente nel monitoraggio, sono elementi fondamentali. Le tecnologie di monitoraggio in tempo reale includono sensori integrati negli allineatori che tracciano il tempo di utilizzo. Le app di monitoraggio offrono feedback immediato al paziente e inviano alert per il cambio degli allineatori, migliorando così il controllo e la compliance.

A CONFRONTO ALLINEATORI TRASPARENTI

Prodotto	AirNivol	Allineatori Sorridi	ClearCorrect
Produttore	AirNivol srl	Sorridi srl	ClearCorrect, Straumann
Materiale	Poliuretano o PETG	Copolimero di classe 2 A con base PET-G	ClearQuartz
Antiallergico	✓	✓	✗
Software 3d che visualizza tutti i passaggi del piano di trattamento	✓	✓	✓
Removibili	✓	✓	✓
Consente trattamento di una sola arcata	✓	✓	✗
Completamente invisibili	✓	✓	✓
Per quanto tempo vanno indossate le mascherine	22 ore al giorno	22 ore al giorno	22 ore al giorno, 7-15 gg ciascun set di mascherine
Utilizzo degli attachment	✓	✗	✓
Stripping	✓	✓	✓
Problematiche che si possono trattare	Diastemi, affollamenti, classi II e III, crossbite, morso coperto e aperto, ortodonzia pre-protetica e pre-chirurgica	Allineamento estetico trattamenti ortodontici base e complessi	Morso aperto o profondo, classe II/III, affollamento, spaziatura e morso incrociato
Analisi clinica delle criticità del trattamento	✓	✓	✗
Piano di protezione del trattamento	✓	✓	✗
Report periodici di controllo	✓	✓	✗
Splintaggio finale	✗	✓	✗
Controllo dello spostamento dei denti e delle radici	✓	✓	✗
Tempo di esistenza sul mercato (anni)	14	9	18
Risolutivi di qualsiasi tipo di malocclusione	✓	⊗	✗ allineatori trasparenti hanno difficoltà con movimenti radicali importanti
Casi in cui sono sconsigliati	Pazienti poco o non collaboranti	⊗	Pazienti poco collaborativi
Raccolta dei records spedita anche in digitale con scanner intraorali	✓ piattaforma accetta molteplici formati di scansioni 3D	✓	✓ sia impronte tradizionali, che scansioni eseguite da qualsiasi tipo di scanner
Piattaforma su cui gira programma	Windows, MacOS, web	Windows	Windows, MacOS
Controindicazioni	Nessuna, salvo verifica e approvazione del medico prescrivente	⊗	Pazienti che presentano sensibilità al materiale
Elementi distintivi	Casi complessi, produzione automatizzata, multi-materiali, linea di taglio selezionabile, sistema per muovere i denti	Completa assenza di attachments, due allineatori a spessore differenziato (soft-hard) per ogni movimento, estensione oltre il bordo gengivale di 2 mm, applicazione biomeccanica divot in allineatore hard, rifinitura al laser	Proprietà biomeccaniche superiori
Utilizzabili anche su pazienti con dentatura mista	✓	✓	✗
Info azienda	Tel. 02.50020966 info@airnivol.com www.airnivol.com	Tel. 800.031630 www.allineatorisorridi.com	www.straumann.com/clearcorrect/it/it/dentisti.html

Legenda: ⊕ approfondimento ⊕ focus prodotto ⊗ Non Fornito ✓ SI ✗ NO

Equilibratore Allineatore	FlexiLigner® KidsLigner®	I-liner	Invisalign Comprehensive Package
Eptamed srl	FlexiLigner Srl	SIA Orthodontic Manufacturer	Align Technology, Inc
Elastomerico	PU 3 layers e PET-A resiliency	PET-G	SmartTrack, materiale medicale proprietario multistrato costituito da poliuretano e co-poliestere
✓	✓	✓	✗
✗	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✗	✓	✓	✓
✗	✓	✓	✗
18 mesi	22 ore per 14 giorni	15 giorni	22 ore al giorno, con cambio settimanale suggerito
✗	✓	✓	Dipende dal piano di trattamento
✗	✓	✓	Dipende dalla condizione clinica e dal piano di trattamento
Riequilibrio delle arcate mentre si cerca un allineamento estetico, correzione della deglutizione	Ampia gamma di malocclusioni, inclusi disfunzionali, correzione di classi e trattamento adolescenti e bambini	Tutte le principali malocclusioni	Ampia gamma di malocclusioni e gestione delle tre tipologie di pazienti: adulto, adolescente e bambino
✓	✓	✓	✗
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✗	✓
✗	✓	✗	✓
⊗	✓	✓	✓
1	9	3	27
✓	✓	✓	✓
⊗	⊗	⊗	Problematiche scheletriche la cui risoluzione è da addebitarsi a dispositivi idonei e/o chirurgia
✓ file numerico, stl, medit	✓ molteplici formati di scansioni 3D	✓	✓ scanner iTero proprietario perfettamente integrato con il sistema Invisalign
⊗	Windows, MacOS	Windows	Windows, MacOS, Cloud
⊗	⊗	Nessuna in particolare	Patologia parodontale in atto
Unico equilibratore allineatore (dispositivo miofunzionale estetico)	Casi complessi, correzione classi, disturbi dell'Atm, team di ortodontisti e ingegneri, Ortho-tuner® per le modifiche dei denti online e Conebeam, redattore foto	Trasparenza, adattabilità, precisione degli spostamenti	Tre tecnologie proprietarie Smart: materiale SmartTrack, tecnologia di progressione dentale SmartStage e feature SmartForce, SmartForce Aligner Activation: aumenta la predicibilità del movimento dentale nei casi di morso profondo, altro
✓	✓	✓	✓
Tel. 0547.483800 www.eptamed.com	Tel. 0774.050557 https://flexiligner.it/medici/	Tel. 0823.908029 www.i-liner.it	Align Technology Inc (USA) www.invisalign.com (Dati forniti da Invisalign srl (Italia) Tel. 800.141729 www.invisalign.it)

* I prezzi si intendono al netto di IVA

A CONFRONTO ALLINEATORI TRASPARENTI

Prodotto	Invisalign Go/Express/Plus	LINEO by Micerium Lab	MediMatch Aligners
Produttore	Align Technology, Inc	Micerium Lab	MediMatch Dental
Materiale	SmartTrack, materiale medicale proprietario multistrato costituito da poliuretano e co-poliestere	PETG	Polipropilene
Antiallergico	✗	✓	✗
Software 3d che visualizza tutti i passaggi del piano di trattamento	✓	✓	✓
Removibili	✓	✓	✓
Consente trattamento di una sola arcata	✓	✓	✓
Completamente invisibili	✗	✗	✓
Per quanto tempo vanno indossate le mascherine	22 ore al giorno	10 gg per almeno 22 ore al giorno	7-12 giorni
Utilizzo degli attachment	Dipende dal piano di trattamento	✓	✓
Stripping	Dipende dalla condizione clinica e dal piano di trattamento	✓	✓
Problematiche che si possono trattare	Affollamento, spaziatura pre-impianto, allineamenti anteriori preprotetici e prerestaurativi, trattamenti estetici	Disallineamenti, diastemi, espansioni trasversali	Casi che richiedono rotazioni inferiori ai 50° o che non presentano estrusioni eccessive
Analisi clinica delle criticità del trattamento	✗	✓	✓
Piano di protezione del trattamento	✓	✓	✓
Report periodici di controllo	✓	✓	✓
Splintaggio finale	✓	✗	✓
Controllo dello spostamento dei denti e delle radici	✓	✓	✓
Tempo di esistenza sul mercato (anni)	27	4 e mezzo	2
Risolutivi di qualsiasi tipo di malocclusione	Invisalign Go malocclusione da molto lieve a moderata	✓	✓
Casi in cui sono sconsigliati	Problematiche scheletriche la cui risoluzione è da addebitarsi a dispositivi idonei e/o chirurgia	Terze classi	Casi complessi con estrusioni o rotazioni eccessive
Raccolta dei records spedita anche in digitale con scanner intraorali	✓ scanner iTero proprietario perfettamente integrato con il sistema Invisalign	✓ tutti i formati	✓ compatibili con tutti i tipi di scanner
Piattaforma su cui gira programma	Windows, MacOS	Cloud Computing	Windows, MacOS
Controindicazioni	Patologia parodontale in atto	Nessuna	Pazienti allergici al materiale o non collaborativi
Elementi distintivi	Sistema per l'allineamento dei denti del settore anteriore in combinazione con altri trattamenti estetici o multidisciplinari, è progettato specificamente per gli odontoiatri, Tre tecnologie proprietarie Smart, altro	Consulenza clinica pre e durante il trattamento	Prezzo
Utilizzabili anche su pazienti con dentatura mista	✗	✓	✗
Info azienda	Align Technology Inc (USA) www.invisalign.com (Dati forniti da Invisalign srl (Italia)) Tel. 800.141729 www.invisalign.it)	Tel. 351.5435943 www.lineo.it	Tel. 02.42296850 www.medimatch.it

Legenda: + approfondimento ✚ focus prodotto ✖ Non Fornito ✓ SI ✗ NO

Smart Evolution	Smile Clear	SmileLine Allineatori Invisibili	Smiletech
OrthoEvolution srl	Orthodontics High Design Srl	SmileLine	Ortodontica Italia Srl
Poliestere glicolato	Memoclear pro pet-g	Pet-G Biocompatibile	Poliuretano polietilene
✓	✓	✗	✓
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
In base alla decisione clinica	22 ore al giorno	22 ore al giorno per 15 giorni	22 ore al giorno
✓	✓	✓	✓
✗	✓	⊗	✓
Tutte	Allineamenti estetici, affollamenti dentali	80% delle malocclusioni	Malocclusioni di I, II o III classe, morso aperto, morso profondo se non severi chiusura dei diastemi
✓	✓	✓	✓
✗	✓	✓	✗
✓	✓	✓	✓
✓	✗	✓	✗
✓	✓	✓	✗
12	10	15	18
✓	✗ i casi vengono valutati	✓	No in alcuni casi è consigliabile associarlo ad altre tecniche
Nessuna	I casi vengono valutati	Severe terze classi	Casi che richiedono un lungo periodo che può comportare perdita di collaborazione
✓	✓	✓ file da qualsiasi scanner intraorale presente sul mercato	✓ mediante un'area riservata
Windows	Windows	Windows	Windows, MacOS
Nessuna	Patologie parodontali	Nessuna	Visualizzazione radici e strutture ossee, assistenza di un tecnico dedicato, soluzioni ibride, area riservata fruibile mediante APP
Azienda proprietaria di vari brevetti quali: Expander, Traction, Sensori	Trasparenza, precisione degli spostamenti	Predicibilità del risultato finale e la trasparenza	Proprietà biomeccaniche superiori
✓	✗	✓	✓
Ortho Evolution srl Tel. 0341.322000	Tel. 051.6231626 www.smileclear.eu	Tel. 080.4713060 www.smilelineallineatori.it	Tel. 06.5750327 www.smiletech.info

* I prezzi si intendono al netto di IVA