



Távoktatás

A Magyar Orvosi Kamara Fogorvosi Tagozat távoktatási rendszerében az on-line továbbképzésben meghirdetett közlemények bibliográfiája és a vonatkozó tesztvizsgakérdések a <http://www.oftex.hu> internetes oldalon olvashatók.

Az Invisalign® technológia legújabb fejlesztései és ezek összehasonlítása a különböző sínes fogszabályozó technikákkal

Dr. Felkai Tamás, Dr. Rózsa Noémi Katinka

Semmelweis Egyetem Fogorvostudományi Kar

Gyermekfogászati és Fogszabályozási Klinika

E lap hasábjain, a 2017/6-os számban megjelent egy kiváló, a síninterápiát orthodontiai kezelés céljából alkalmazó rendszereket bemutató publikáció¹. Ennek a technikának az úttörője a múltban és a jelenben, a cikkben is kiemelt, Invisalign® (Align Technology, USA) márkanevű terápiás eljárás. A módszer sikere, terjedése, a konkurens cégek megjelenése, valamint a lejáró szabadalmak a rendszert létrehozó és a síneket gyártó céget állandó kutatásra és folyamatos fejlesztésre ösztönzik. Jelen írásunkban az eddig történt fejlesztésekről szeretnénk beszámolni. Nem célunk az egyéb sínes technológiák, technikák kritikája, inkább azokat a különbségeket szeretnénk bemutatni, melyek kiemelik az Invisalign®-t a többi fogszabályozó síninterápiá közül.

Az Invisalign® (aligner) rendszer fejlődése

Az Invisalign® technika – hasonlóan más síninterápiához – tulajdonképpen nem más, mint digitalizált, virtuális modellek sorozatára elkészített mélyhúzott sínek (alignerek) sorozatával elvégzett orthodontiai kezelés. A folyamatos, nagyfelületű érintkezés a fogak és a sínek között, valamint a fogak kontrollált és automatikus mozgása pontosan prognosztizálhatóvá teszi a kezelés eredményét.

A sínekkel történő fogmozgatás ötlete elég hosszú múltra tekint vissza. Kesling (1945)² kisebb fogmozgatásokat tervezett setup-modellsorozaton egy bimaxillaris készülék-

kel, a positionerrel. Ponitz (1971)³ az általa alkalmazott mélyhúzott síneknél már vékonyabb fóliákat használt. Hasonló kezelési technikákkal kísérletezett Sheridan et al (1993)⁴ valamint Lindauer és Schoff (1998)⁵ is. Ezek a kezdeti próbálkozások rendre kudarcot vallottak az eljárások és a kivitelezés nehézsége miatt.

Az igazi áttörés 1997-ben következett be: Zia Chishti és Kelsey Wirth megalapították az Align Technology céget. Egy közgazdász végzettségű menedzser és egy informatikus ötvözte a módszer tudományos, fogszabályozási alapjait az információtechnológia és logisztika adta lehetőségekkel, ezáltal biztosítva az aligner-kezelés szé-

leszkörű elterjedését. 1999-ben megkapták a Food and Drug Administration (FDA, az USA Élelmiszerbiztonsági és Gyógyszerészeti Hivatala) engedélyét. Egy évvel később már megjelentek a nemzetközi piacon is. Szintén az ezredforduló évében jelent meg az első, Invisalign® technikát tárgyaló tudományos közlemény is a Clinical Journal of Orthodontics folyóiratban (Boyd et Al, 2000)⁶. Az Invisalign®-nal, mint termékkel a cég 2001-ben megjelent a tőzsdén is, 2002-ben pedig, mint a Silicon Valleyben az év leggyorsabban fejlődő vállalatát, egy jelentős díjjal, a Medical Design Excellence Award-dal jutalmazták. Európában elsőként a Német Fogszabályozási Társaság (DGKFO) ismerte el ezt a módszert teljes értékű fogszabályozó kezelési eljárásnak, 2009-ben.

Az Invisalign® fejlődése több periódusban történt. Az 1999 és 2007 közötti időszak az addig lezajlott kezelések nyomon követésére szorítkozott. Ebben a periódusban létrehoztak egy klinikai tanácsadó testületet, mely az addig tapasztalt legjobb kezelési tervek alapján (Best Practices Protocol) segítette a digitális kezeléstervezés folyamatát. 2009-től kezdődtek a nagy pontosságú mérőrendszerek segítségével tervezett fejlesztések.

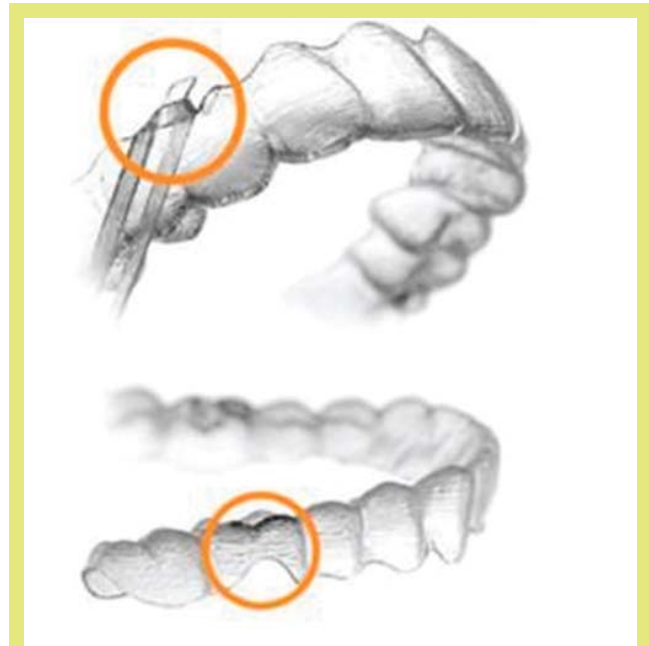
Fő irányvonalukat a fogakon elhelyezett úgynevezett attachmentek segítségével, a biomechanikai törvények alapján irányított fogmozgatások szimulálása képezte.

Az attachmentek méretüknek, formájuknak és elhelyezkedésüknek köszönhetően háromdimenziós információkat hordoznak a kívánt fogmozgatással kapcsolatban. Funkciójuk elvben azonos az egyenes íves rögzített készülékes technikában használatos bracketekkel.

Alapvető változásokat a harmadik periódus hozott – innen származik az elnevezése is, – G3 - a harmadik generáció. Azóta, szinte évenként jelenik meg egy újabb fejlesztés, egy újabb generáció – jelenleg a G7. Az Invisalign® G3-ban az addig alkalmazott standard attachmentek kiegészültek az optimalizált attachmentekkel (SmartForce®), amelyek elsősorban a kisörlők rotációját segítik, az úgynevezett PowerRidge-ekkel, melyek a frontfogak inklinációját befolyásolják, valamint a rögzített készülékes terápiában is használatos intermaxillaris gumihúzások alkalmazásával (1. ábra).

A 2011-ben megjelenő G4-es generáció attachmentjei már alkalmasak a premolárisok, szemfogak és metszőfogak gyökereinek precíz mozgatására, valamint ennél a fejlesztésnél kidolgozták az attachmentek felhasználását egész fogcsoportok mozgatására, például frontális nyitottharapás kezelésére (2. ábra).

Az újabb nagy áttörést a 2013-as év jelentette. Ekkor került használatba az új fejlesztésű sínanyag, a SmartTrack®. Ez, az addig használatos EX30-al szemben egy többrétegű, úgynevezett multilayer anyag, mely tulajdonságai-



1. ábra: Intermaxillaris gumihúzás alkalmazása (precision cuts)



2. ábra: G4: optimalizált attachmentek

ban messzemenően megegyezik a hagyományos rögzített készülékes terápiában alkalmazott szuperelasztikus ívekkel. A SmartTrack® alkalmazása lehetővé tette a fogak biológiai erővel való mozgatását, és jelentősen megnövelte a fogmozgatások prognosztizálhatóságát.

A 2014-es G5-ös fejlesztés a fogszabályozás egyik leggyakoribb problémáját vette célba, a mélyharapás kezelését az oldalzóna extruziójával. Itt kerültek először alkalmazásra a felső frontfogak területén elhelyezett, a rögzített készülékes kezeléseknél is használatos harapásemelő sáncok.

A 2015-ös G6 síngenerációnál vezették be a SmartStage®-et. Ez a fogmozgatások és az egyes kezelési lépések sorrendjének célvezérelt irányítását jelenti, amely az eddigi fejlesztésekkel együtt alkalmazva tudja megoldani a négy premoláris extrakciót igénylő kezeléseket. Ez a feladat sok esetben a rögzített készülékes terápiában is kihívást jelent. Ugyanebben a generációban jelent meg a kezelést szimuláló ClinCheckPro® szoftver, melyben - a régebbi ClinCheck®-kel ellentétben - a kívánt módosításokat a kezelőorvos már nem csak verbálisan közölheti a tervező technikusokkal, hanem aktív

módon, a 3D-eszköz (3D-tool) segítségével saját maga változtathatja meg a kívánt kimenetelt.

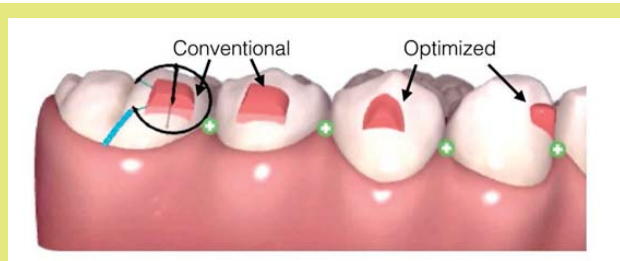
A 2016-ban kihozott G7 szériában továbbfejlesztették a SmartTrack® és a ClinCheckPro® lehetőségeit, valamint az addigi klinikai tapasztalatok alapján áttértek az egyes sínek addigi 14 napos hordási periódusáról a 7 napos protokollra. Ezzel jelentősen lerövidült a teljes kezelés várható időtartama.

A 2017-es év ismét áttörést hozott, bevezették a serdülőkorú páciensek speciális kezelését: az Invisalign-MA®-t. Ez a terápia kombinálja a funkciós és a rögzített készülékek terápiás spektrumát, és egy kezelésen belül teszi lehetővé az alsó állcsont mesialis mozgását és a fogak szabályozását. A rendszer lényege az állcsont-ortopédiából ismert Twin-Block és a rögzített készülékek hatásmechanizmusának ötvözése (3. ábra). A cég egyébként is különös figyelmet fordít a fiatalok kezelésére. Áttörési kompenzátorok, helyfenntartók és a fiatal betegek életvitelét, szokásait is figyelembe vevő adaptációk képezik részét az InvisalignTeen® csomagnak, mellyel a kezelés már a késői váltófogazatban megkezdhető. A termékpalettát a saját fejlesztésű anyagból készülő Vivera® retenciós készülékek (retainerek) egészítik ki, amelyek lehetővé teszik ugyan a fogak mikromozgásait, a nagyobb elmozdulásokat viszont folyamatosan korrigálják, és ezáltal egy úgynevezett dinamikus retenciót biztosítanak.

Az Invisalign® rendszer egyik előnye a hasonló termékekkel szemben, hogy a sínek ára, a termékcsomag típusától függően, magába foglalja az esetleges utókorrekciókat is.



3. ábra: Invisalign-MA® a funkciós és rögzített készülék kombinációja



4. ábra: Konvencionális és optimalizált attachmentek

Az évek során folyamatosan bővült az Invisalign® indikációs területe. A kezdeti termék elsősorban kisebb frontfogmozgatásokat, torlódások feloldását, recidívakezeléseket célozott meg. Ez a lehetőség továbbra is adott, a redukált, mindössze 7 sínből álló csomag formájában (Invisalign i7®). Ez ugyanúgy alkalmazza az összes eddigi fejlesztést, de a kezelés csak a frontfogak és az első premolárisok területére korlátozódik. Amennyiben a támasztózónában is szükség van fogíven belüli mozgásokra, ehhez a következő csomag (Invisalign Lite®) ad kiterjesztett lehetőséget. Ebben a csoportban viszont korlátozottak a lehetőségek az antero-posterior eltérések kezelésére. Mindkét, behatárolt hatásspektrumú termékcsomag alkalmazható egy fogívre is (single arch kezelés).

A tapasztalatok gyarapodásával és a folyamatos fejlesztéssel mára már lehetővé vált egész fogívek kezelése, szagittalis állcsonteltérések korrekciója és komplex, orthognath-sebészeti esetek elő- és utókezelése is (Invisalign Full®). Ez a rapid fejlődés elsősorban az Align Technology fejlesztéseinek köszönhető, melyek kifinomult hatásossága megkülönbözteti az Invisalign®-t a többi, hasonló módszertől.

Az egyes kezelési csomagok – változó mértékben – magukba foglalják az esetleges finomító vagy utókezelés lehetőségét is, aminek keretében további járulékos alignerek segítségével tökéletesíteni lehet az elért eredményt, vagy megalapozott szükségesség esetén (például váratlan fog elvesztés) módosítani lehet az addigi kezelési tervet.

Attachmentek

A kezdeti attachmentek elsősorban az alignerek retencióját szolgálták az extrusziós/intrusziós mozgások esetében. A SmartForce® (optimalizált) attachmentek lényegesen különböznek az eredeti, illetve a más cégek által használtaktól (4. ábra).

Ezek célja a fogak, és elsősorban a foggyökerek kontrollált vezérlése a rotációs, translációs és inklinációs mozgások során. Formájuk, méretük és elhelyezkedésük messzemenően individuális, az adott fog anatómiájának, mért gyökérhosszának és a célzott feladatnak megfelelően.

Az optimalizált attachmentek tervezése az összes szempont figyelembevételével nagyon komplex feladat, melyet a kezelőorvos nem tud a szükséges precizitással elvégezni. Ehhez a digitális kezelési tervet készítő szakembereknek is több, igen magas fejlettségű algoritmusra van szüksége, amelyek a felsorolt tényezőket a biomechanika szabályainak megfelelően veszik figyelembe. Ezáltal „fogra szabott”, célorientált erők és forgatónyomatékok hozhatók létre. Hasonló célokat szolgálnak az alignerek gingivális és/vagy incisális szélébe sülyesztett, úgynevezett Power Ridge®-ek is.

A maximális pontosság érdekében az attachmentek ragasztásához a gyártó egy vékonyabb fóliából előállított ragasztási sablont (template) mellékel, és ajánlja, hogy az esetlegesen lekopott vagy elveszített optimalizált attachmenteket is ennek segítségével ragaszuk vissza. Ennek oka az, hogy a kívánt mozgatót az attachment és az adott fázisban hozzárendelt alignerben létrehozott, szintén előprogramozott kiboltosulás valósítja meg. Amennyiben szükséges, a gyártó bármikor, a kezelés adott fázisának megfelelő újragasztási sablont bocsát ingyenesen az orvos rendelkezésére.

A kezeléstervező szoftver

A ClinCheckPro[®] bevezetésével új dimenzióba lépett a kezelése tervezése. A korábbi verziókban az orvos által kívánt változtatásokat csak írásban továbbították a szoftvert kezelő szakembernek. Az új változat lehetővé teszi a kezelőorvos aktív beavatkozását a kezelés kimenetelébe. A rendelkezésre álló tool-ok segítségével a tér mindhárom irányában mozgathatók az egyes fogak vagy fogcsoportok, eltávolíthatók vagy megváltoztathatók – a fentebb említett okoknál fogva az optimalizáltak kivételével – az attachmentek, a saját „ízlésnek” megfelelően elhelyezhetők az intermaxillaris gumihúzásokhoz szükséges kivágások. Tetszés szerint és koordináltan tágíthatók vagy szűkíthetők az egész fogívek. Kontrolláltan növelhető vagy csökkenthető az alkalmazott interproximális zománcredukció (IPR) helye és mértéke. A manuálisan elvégzett módosítások hatása azonnal látható, azaz a szoftver „követi” a terv változását. Természetesen továbbra is rendelkezésre áll az írásos utasítások lehetősége, és a két kommunikáció ötvözése hatékonyabbá, gyorsabbá teszi a tervezés folyamatát. A megváltoztatott kezelési terveket minden esetben ellenőrzi egy szak-

emberekből álló team, hogy a biomechanikai-biológiai kritériumok teljesítése biztosítva legyen. A végleges változat klinikai kivitelezhetőségének, realitásának megítélése, valamint a terv jóváhagyása természetesen a kezelőorvos feladata és felelőssége.

A kapott kezelési tervek a tér minden irányából megtekinthetők, ellenőrizhető a végső okklúzió és az antagonista rágófelszínek egymással való találkozása. A valóságnak megfelelően animálható maga a kezelés folyamata is, beleértve az anteroposterior vagy vertikális állcsont-elmozdulásokat és/vagy műtéti változásokat.

Egy adott kezelésen belül korlátlan számú kezelési tervet lehet igényelni. Ez lehetőséget biztosít többféle kezelési koncepció (extractio vs. non-extractio, distalizálás, expanzió) virtuális tesztelésére még a végleges változat és az alignerek legyártása előtt. Minden verzióban megjeleníthető a kiindulási állapothoz való különbség, lépésenként és folyamatában is. Az egyes verziók összehasonlíthatók, így nyomon követhető a végleges kezelési terv kifejlődése.

A többi tervezőszoftvertől eltérően, a végleges ClinCheckPro[®] változat egyben a legyártáshoz szolgáló adatbázis is. Az elfogadott változat automatikusan legyártásra kerül és nincs szükség az adatok konvertálására, ezáltal csökkentve a hibalehetőséget.

Interproximális redukció (IPR)

Az interproximális zománcredukció, az IPR – más néven strippelés – egy bevált és bizonyos esetekben helyteremtés céljából alkalmazott eljárás, a sinterápia elterjedésével reneszánszát éli. A legfontosabb kérdések – hol, mikor és mennyit – a digitalizált kezelési folyamat és a megbízható szimuláció segítségével pontosan megválaszolhatók. Ez nagyban csökkentheti az extrakciók számát is. Más tervezőszoftvekkal ellentétben, a ClinCheckPro[®] tudo-

GYÓGLÉZER Család
ORVOSI LÁGYLÉZEREK
Az orvosi diódlézeres hazai specialista

**Növelheti szaktudását,
pontszámait képzésünkön!**



„Lágylézer terápia és diódlézeres sebészet a fogorvosi gyakorlatban”

akkreditált tanfolyam fogorvosok számára

◆ **16 kreditpont**



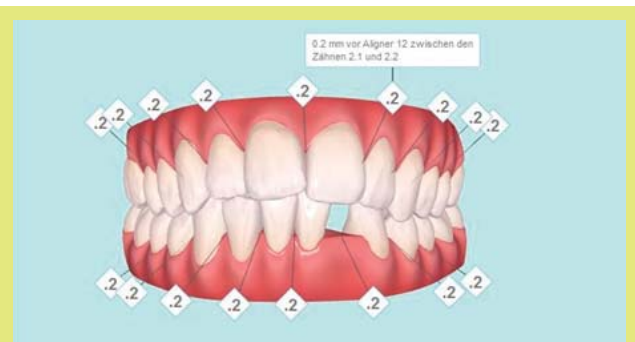
„Lágylézer terápia a fogorvosi gyakorlatban”

minősített továbbképzés fogorvosi asszisztensek és dentálhigiénikusok számára

◆ **18 továbbképzési pont**

2018. április 14–15.
Részletek, jelentkezés: gyogylezer.hu

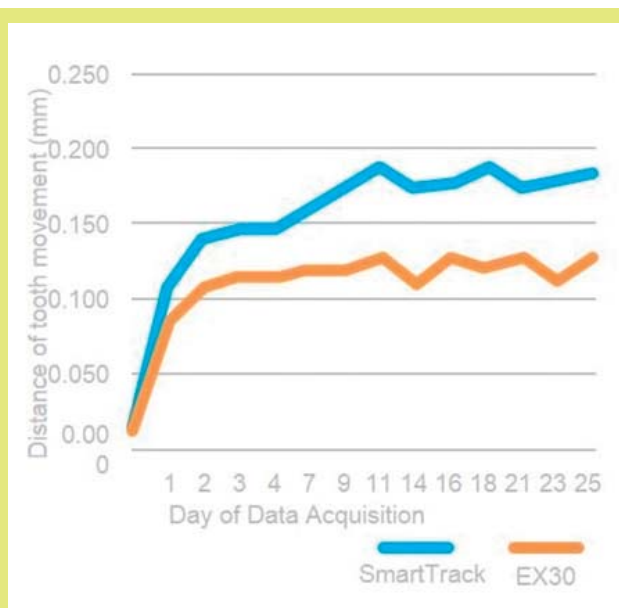




5. ábra: Az IPR helye és ideje



6. ábra: TAD alkalmazása Invisalign-kezelés során



7. ábra: A SmartTrack® és az EX30 összehasonlítása (Wheeler T, Patel ND. Effect of Aligner Material, Duration, and Force Level on Tooth Movement. Master of Science thesis. Published: [Gainesville, Fla.]: University of Florida, 2014, Congress of American Association of Orthodontists)

mányos kutatások eredményei alapján szigorúan korlátozza az eltávolítható fogzománc mennyiségét az adott fogközökre specifikusan. Ettől csak a kezelőorvos kifejezett utasítására térhet el. Az esetleges másodlagos kezelésnél megjelöli a már elvégzett strippelést, és a továbbiakban szükséges redukciónak fényében ajánlja. További előny, hogy a szoftver a kezelés egész folyamatában figyelembe veszi a strippelés gyakorlati kivitelezhetőségét is, és az adott IPR-t csak abban a lépésben tervezi, amelyben az a fogak deformálása nélkül végezhető el (5. ábra).

Kiegészítő kezelési technikák

Az Invisalign® használata alapvető paradigmaváltást jelent a kezelések tervezésében. Míg kezdetben a sintériápiát, mint önmagában zárt alternatívát létezett az egyszerűbb feladatok megoldására, ma már egyre inkább az a kérdés merül fel, hogy a kezelés melyik része *nem* oldható meg ezzel a technikával. Köszönhető ez annak, hogy az Invisalign® és más hasonló terápiás rendszerek, széleskörűen alkalmazhatók más kezelési eljárásokkal együtt. Pusztán kreativitás és a rendelkezésre álló lehetőségek kérdése, hogy a kezelési terv együttesen alkalmazzon minicaváros (TAD) elhorgonyzást/tágitást/ disztalizálást, rögzített készülékes elő- vagy utókezelést és sintériápiát (6. ábra). Ezen technikák egymást követő vagy párhuzamos alkalmazása jelentősen csökkenti a kezelési időt, kevésbé veszélyezteti a fogak és a parodontium állapotát, valamint növeli a páciens komfortérzetét. A fentiek figyelembevételével nem meglepő, hogy az Invisalign® része lett a kombinált orthodontiai-orthognáth-sebészeti kezeléseknél.

Tudományos háttér

Az Align Technology különleges figyelmet szentel az általa kiváltott kezelési irányvonalak tudományos megalapozottságának. 2014-ig 407 tudományos közlemény – ebből 230 lektorált – foglalkozott az alignerek hatásmechanizmusával, a fogakra, a parodontiumra, a szájhigiéniére és a beteg általános komfortérzetére gyakorolt hatására vonatkozóan.

Simon et al. (2014)⁷ a termoplasztikus alignerek által kifejtett erők és nyomatékok hatását vizsgálta a torque, a derotáció és a disztalizáció vonatkozásában. Szerintük az Invisalign® alignerek által generált erők és nyomatékok az orthodontiai erők sávján belül mozognak.

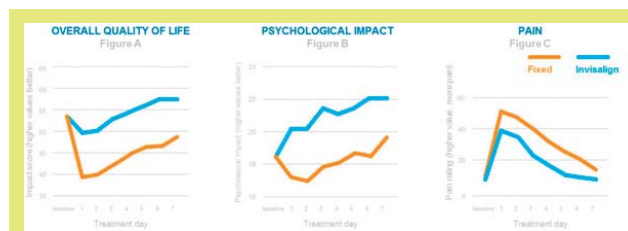
Hasonló eredményekre jutott Houle et al. (2017)⁸, valamint Gomez et al. (2015)⁹

Wheeler és Patel (2014)¹⁰ az alignerek anyagának a fogmozgatások során fellépő erőkre és ezek időtartamára kifejtett hatását vizsgálták. A SmartTrack® síneknél szignifikánsan magasabb fogmozgatást mutattak ki rövidebb kezelési fázissal, mint a korábban alkalmazott EX30 alignerek esetében (7. ábra).

Karkhanechi et al. (2013)¹¹ a parodontium állapotának összehasonlító vizsgálatát végezte rögzített készülékes vs. Invisalign® terápia alatt. Eredményeik szerint a sintériápiával kezelt pácienseknél alacsonyabb volt a Gingival Index (Löe és Silness, 1963), a Periodontal Index (Russel, 1967) és a tasakmélység, mint a rögzített készülékkel kezelt pácienseknél (8. ábra). Miller et al. (2007)¹¹ a fogszábályozó kezelésnek az életminőségre gyakorolt hatását vizsgálták rögzített készülék vs. Invisalign® kezelés kap-



8. ábra: A parodontium állapotának összehasonlító vizsgálat eredményei (Karkhanechi M, et al. Periodontal status of adult patients treated with fixed buccal appliances and removable aligners over one year of active orthodontic therapy, *Angle Orthodontist*, 2013,83(1): 146-151.)



9. ábra: A fogszabályozó kezelések életminőségre gyakorolt hatásai (Miller K, et al. A comparison of treatment impacts between Invisalign aligner and fixed appliance therapy during the first week of treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2007, 13(3):302.e1-9)

csán. Megállapításaik szerint az Invisalign®-nal kezelt páciensek kevesebb fájdalmat, ritkább funkcionális és pszichológiai zavart tapasztaltak (9. ábra).

Hasonló tanulmányokat készített Fujiyama et al. (2014)¹³, akik a fájdalomszint érzékelését vizsgálták az Invisalign® és a rögzített készülékes kezelések esetében, valamint Azaripour et al. (2015)¹⁴, akik a parodontális paramétereket és a betegek szubjektív elégedettségét kutatták hasonló viszonylatban.

Képzés, továbbképzés

Az Align Technology nagy gondot fordít az általa kínált termék/módszer megfelelő használatára. Ennek szerves része a felhasználók képzése, mely a felhasznált termék milyenségétől függ. Külön képzési szint létezik a kisebb korrekciókhoz, az általános fogorvosok részére kifejlesztett csomaghoz, illetve komplett, többlépcsős képzési rend-

szer a témában elmélyülni vágyók és fogszabályozó szakorvosok részére. Ennek része egy online felület is, a Global Invisalign Gallery. A platformon az időközben több mint ötmillió kezelt eset legjobb eredményei tekinthetők meg.

Összefoglalás

Az alapításának 20. évfordulóját ünneplő Invisalign®-rendszer mára már a komplex, multifunkcionális fogszabályozó terápiák minden ismervét felmutatja. Az egyéb, síneket használó rendszerekkel szemben az Invisalign® olyan módszereket és tudományos alapokon, kísérleteken nyugvó fejlesztéseket alkalmaz, amely a fogszabályozás szinte teljes területét felölelő kezeléseket tesz lehetővé. Köszönhető ez a fentebb bemutatott specifikus eszközöknek és eljárásoknak, melyek pozitív módon különböztetik meg ezt a rendszert a többi sínterápiától.

Irodalom

- Pörzse, V, Németh, O, Horváth, J: *Mélyhúzott sínes fogszabályozó rendszerek bemutatása*. Magyar Fogorvos, 2017/6, 292-296.
- Kesling HD.: *The philosophy of the tooth positioning appliance*. International Journal of Orthodontia and Dentistry for Children. 1945,31(6):297-304
- Ponitz RJ: *Invisible Retainers*. International Journal of Orthodontia and Dentistry for Children, 1971,59, (3):266-272
- Sheridan, JJ, LeDoux, W, McMinn, R: *Essix retainers: fabrication and supervision for permanent retention*, Journal of Clinical Orthodontics, 1993,27(1):37-45.
- Lindauer, SJ, Shoff, RC.: *Comparison of Essix and Hawley retainers*. Journal of Clinical Orthodontics, 1998,32(2):95-97.
- R. Boyd; R. Miller & V. Vlaskalic: *The Invisalign® System in Adult Orthodontics: Mild Crowding and Space Closure Cases*; Journal of Clinical Orthodontics, 2000,34(4):203-212.
- Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourael Ch.: *Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: incisor torque, premolar derotation, and molar distalization*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2014,145(6):728-736.
- Houle JP, Piedade L, Todescan RJr, Pinheiro FHSL.: *The predictability of transverse changes with Invisalign®*. Angle Orthodontist, 2017,87(1):19-24.
- Gomez JP, Peña FM, Martínez V, Giraldo DC, Cardona CI.: *Initial force systems during bodily tooth movement with plastic aligners and composite attachments: A three - dimensional finite element analysis*. Angle Orthodontist, 2015,85(3):454-460.
- Wheeler T, Patel ND.: *Effect of Aligner Material, Duration, and Force Level on Tooth Movement*. Master of Science thesis. Published: [Gainesville, Fla.]: University of Florida, 2014, Congress of American Association of Orthodontists
- Karkhanechi M, et al.: *Periodontal status of adult patients treated with fixed buccal appliances and removable aligners over one year of active orthodontic therapy*. Angle Orthodontist, 2013,83(1): 146-151.
- Miller K, et al.: *A comparison of treatment impacts between Invisalign® aligner and fixed appliance therapy during the first week of treatment*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2007,13(3):302.e1-9.
- Fujiyama K, Honjo T, Suzuki M, Matsuoka S, Deguchi T.: *Pain level in cases treated with Invisalign® aligner: comparison with fixed edgewise appliance therapy*. Progress in Orthodontics, 2014 Nov 22;15:64, <https://doi.org/10.1186/s40510-014-0064-7>.
- Azaripour A, Weusmann J, Mahmoodi B, Peppas D, Gerhold-Ay A, Van Noorden CJ, Willershausen B.: *Braces versus Invisalign®: gingival parameters and patients' satisfaction during treatment: a cross-sectional study*. Oral Health, 2015 Jun 24;15:69, <https://doi.org/10.1186/s12903-015-0060-4>.