

Weboldal a Magyarországon elérhető intraorális szkennerek összehasonlítására

Dr. Czigola Alexandra¹, Dr. Borbély Judit¹, Dr. Vecsei Bálint¹, Dr. Joós-Kovács Gellért Levente¹, Dr. Vitai Viktória¹, Dr. Róth Ivett¹, Dr. Fehér Dóra¹, Módos Dominika², Prof. Dr. Hermann Péter¹

Semmelweis Egyetem, Fogorvostudományi Kar Fogpótlástani Klinika¹

Ötödéves fogorvostan-hallgató²

A CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) technológia során a digitális tervezést, illetve a marást vagy 3D nyomtatást megelőzheti a fogorvosi rendelőben digitális lenyomatvétel, melynek eszközei az intraorális szkennerek. Az elmúlt néhány évben ugrásszerűen nő ezen eszközök vizsgálata a nemzetközi irodalomban, azonban kevés olyan cikk létezik, amely több készülékről azonos szempontok alapján átfogó jellemzést, értékelést adna. A Semmelweis Egyetem Fogpótlástani Klinikáján működő Digitális fogászati munkacsoportunk 2009 óta foglalkozik digitális technikák vizsgálatával. Célunkként tűztük ki egy weboldal létrehozását, amely standard szempontrendszer alapján, in vitro és in vivo vizsgálatokkal megalapozva az intraorális szkennerek legátfogóbb összehasonlítását teszi lehetővé (1. ábra).

A weboldal segítséget kíván nyújtani a magyarországi fogorvosoknak, akik a jövőben szkennerek vásárlását tervezik. A vizsgálat-sorozatban nagy hangsúlyt fektetünk az egyes szkennerek használhatóságára (például ergonómia, szkennelési sebesség, szkennelés közbeni elakadások száma) és a szkennereket forgalmazók háttértámogatására. A szkennerek szoftveres és hardveres kiépítettsége mellett vizsgáltuk, hogy milyen indikációs területen használható az adott szkennerek, és természetesen az extra funkciókat is feltérképezzük. Nem utolsósorban fontosnak tartjuk a szkennerek pontosságát is, így

pontossági vizsgálatokat is végzünk. Az ár-érték arány teljesebbé válásához – a gyártási éveket figyelembe véve – a szkennerek árát is megjelenítjük a weblapon. A vizsgálatról és eredményeinkről a <http://fogpotlattan.szkennerteszt.testingsolutions.hu/> oldalon vagy a QR kódot (2. ábra) lefényképezve lehet tájékozódni.

Ha a fogászatban digitális technológiákról beszélünk, mindenki számára nyilvánvalóvá válik, hogy ez már nem a jövő technológiája, hanem a mindennapok valósága. A digitális eszközök és eljárások a hagyományos technikák mellett egyre nagyobb teret hódítanak, hiszen az indikációs területeik bővülnek az implantológia, az

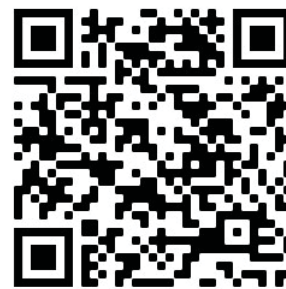
orthodontia és a protetika területén, de kezelési tervek készítéséhez és akár diagnosztikus eszközként is alkalmazhatók. A digitális lenyomatok a hagyományos lenyomatvétel vetélytársai lettek, hiszen a file-ok éve-kig tárolhatók és felhasználhatók, illetve sokszor olyan esetekben is alkalmazhatók, ahol hagyományos módon esetleg lenyomatvétel nem kivitelezhető. A digitális lenyomatvétel a fogorvosok számára egyszerűbb teheti a klinikai munkát, hiszen számos előnye mellett például a lenyomat a szék melletti monitoron azonnal értékelhető és a preparáció is ellenőrizhető, valamint szükség szerint javítható, és csak azt a felszínt újra szkennelni, amivel esetleg elégedetlenek vagyunk. Ezzel szemben a hagyományos lenyomat kiöntése után a minta ellenőrzésekor felmerülő hibák vagy hiányosságok miatt az újbóli lenyomatvétel egy új alkalmat venne igénybe (1). Digitális útvonalon akár chairside (szék mellett) is tervezhető, illetve ezt követően marható vagy 3D nyomtatható a fogpótlás, ami nagyon időhatékonyra is teszi a kezelést (2). A gyártók számos új és egyre korszerűbb anyagot jelentetnek meg ezekre a célokra (3). A digitalizációval azonban nem csak a fogászati szakma dolgozóinak munkája lehet egyszerűbb, hanem a páciensek számára is komfortosabbá válhat a fogászati kezelés és a lenyomatvétel. Az intraorális szkennerekkel készített digitális lenyomatvétel során a lenyomatanyag garat felé folyásának kellemetlensége is kiküszöbölhető (4).

A szkennereket gyártó cégek újabb és újabb eszközökkel jelennek meg a piacon, amelyek folyamatosan bővülő funkciókkal és egyre korszerűbb szoftverekkel rendelkeznek. Kielezett verseny zajlik közöttük. Talán a legtöbben azt gondoljuk, hogy a nemzetközi piacokon erősebben érezhető a szkennerek jelenléte, mint itthon Magyarországon. Vajon mi hol tartunk? Vannak-e elérhető szkennerek az országban, illetve ha igen, akkor kitől vásárolhatók meg? Vannak-e fogtechnikai laboratóriumok, amelyek a file-okat fogadni tudják, és készítenek fogpótlást ezen az útvonalon is? A Semmelweis Egyetem Fogpótlástani Klinikáján végzett vizsgálatban többek közt ezekre is kíváncsiak voltunk. Digitális munkacsoportunk a Magyarországon elérhető intraorális szkennereket hasonlítja össze.

A vizsgálati protokoll kidolgozását követően a Fogpótlástani Klinika a Magyarországon található intraorális szkennereket forgalmazó cégeket konszenzus konferenciára hívta össze, ahol a vizsgálatosorozatunk lépései kerültek megbeszélésre. A körülbelül másfél éve tartó vizsgálatban eddig 9 intraorális szkennert szerepelt 8 gyártótól, 8 magyarországi forgalmazó felajánlásában. Ezek a következők: *3Shape Trios3*[®] (Copenhagen, Denmark, 2015), *Planmeca Emerald*[®] (Helsinki, Finland, 2017), *Straumann*



1. ábra: A Semmelweis Egyetem Fogpótlástani Klinika által tesztelt kilenc intraorális szkennert. A szkennerek a tesztek időpontjában: 2018. 06.25–2019.10.18. között a magyarországi forgalmazók legújabb modelljei voltak. A szkennert kézirarabok piktoqramjai mellett a gyártási évek olvashatók



2. ábra: A weboldal QR kódja

DWIO[®] (Basel, Switzerland, 2015), *GC AADVA*[®] (Leuven, Belgium, 2017), *iTero Element 2*[®] (Amsterdam, Netherlands, 2018), *CEREC Primescan*[®] (York, PA, U.S., 2019), *Medit i500 DiOS 4.0*[®] (Seoul, South-Korea, 2018), *3Shape Trios4*[®] (Copenhagen, Denmark, 2019) *Carestream Dental CS3600*[®] (Atlanta, GA, U.S., 2016). (Zárójelben a gyártási hely és év). A szkennerek a vizsgálat időpontjában a magyarországi forgalmazók legkorszerűbb modelljei voltak (3. ábra).

A szkennerek közül 4db USB csatlakozó segítségével nagy teljesítményű laptopokhoz csatlakoztatható pod verziójú: *3Shape Trios3*[®], *Planmeca Emerald*[®], *Medit i500 DiOS 4.0*[®] és a *Carestream Dental CS3600*[®]. A *Straumann DWIO*[®] egy hordozható szkennert, a *GC AADVA*[®], az *iTero Element 2*[®] és a *CEREC Primescan*[®] cart kiegészítők, ahol a számítógép az állványukba van építve.

A szkennerek többlépcsős vizsgálatára két hét áll rendelkezésre a (kidolgozott) protokoll szerint, amely során az alábbi dokumentumokat állítjuk össze: szöveges leírás a gyártói adatok alapján, összefoglaló táblázat, összehasonlító értékelések táblázatosan, illetve dinamikus skálák

	Gyártó	Szkenner	Forgalmazó	Vizsgálat időpontja
1	3Shape	Trios3	Dental Trade Kft.	2018.06.25. - 2018.07.06.
2	Planmeca	Emerald	Sanitaria Kft.	2018.09.05. - 2018.09.21.
3	Straumann DentalWings	DWIO	Straumann	2018.11.05. - 2018.11.16.
4	GC	AADVA	GC Europe	2018.11.26. - 2018.12.07.
5	Align Technology	iTero Element	Align Technology, Cadent Hungary	2019.04.10 - 2019.04.24.
6	Dentsply-Sirona	Primescan	GlobDent Kft.	2019.05.02. - 2019.05.09.
7	Medit	DiOS 4.0 (Medit i500)	Alpha Implant	2019.07.16 - 2019.07.30.
8	3Shape	Trios4	Dental Trade Kft.	2019.09.16. - 2019.09.23.
9	Carestream	CS3600	Dent-East Kft.	2019.10.14. - 2019.10.18.

Carestream Dental CS3600	
Gyártó/ forgalomba hozatal éve	Carestream Dental/2016
Optika (leképezés elve, képfelvételi mód)	½ inch CMOS, Active speed 3D video
Porozás/Szín	pormentes/szines és monokromatikus (CS 3600 Access: monokromatikus)
Pontosság: gyártó/ in vitro általunk mért inlay üreg	nincs adat/37 ± 4 µm
Szkennelési idő: gyártó/általunk mért in vivo kvadráns/általunk mért in vivo teljes állcsont	<5 perc / 2:20/ 6:13
Kivitel	laptophoz vagy asztali számítógéphez csatlakoztatható verzió, asztalra helyezhető, illetve függőleges helyzetben rögzíthető fej
Exportálható fájlformátumok	.STL, .PLY és DICOM
Adattovábbítás	• USB 2.0 high speed • CS Connect: saját felhő alapú platform
Nyílt/Zárt	Nyílt
Chair-side	tervezés: CS RESTORE milling system: CS 3000
Lab-side	CAD: bármilyen CAD szoftverrel kompatibilis, ami dolgozik a szkennerek által exportált fájl típusokkal CAM: együttműködés más gyártókkal, ill. CS3000 milling system
Implantológia	PROSTHETIC-DRIVEN IMPLANT PLANNING: A Carestream dental CBCT-jét és a CS3600 lenyomatát kombinálva integráltan tervezhetők az implantátumok és a fogpótlások. Más gyártók rendszereivel is együttműködik.
Fogszabályozás	kezelési terv készítése: CS MODEL: digitális minta készítése, CS MODEL+: tervezés alatt (digitális minta, kezelési terv és prognózis készítés ill. vizualizálás)
Speciális tulajdonságok	• 3 választható fej- normál, oldalra néző, posterior • választható szkennelési hang • hibrid szkennelés – digitális és hagyományos lenyomatok egyesítése • preparáció vastagság-ellenőrzés • okklúzió-analízis • intelligens szkennelés: – automatikus lágyrész-levágás – real-time feedback a hiányzó részekről, újraszkenelési irány javaslása – aláménős részek ellenőrzése – automatikus rés kitöltés
Szoftveres háttér	5 évig évente ingyenes frissítések
Támogatás (szerviz, oktatás)	CareAdvantage: 3 év garancia Carestream Dental Institute: élő és előre felvett webinariumok, trainingek telefonos hot line support online közösség: tapasztalatok, tippek és trükkök megosztása
Minimum rendszerigény Windows/Mac kompatibilitás	CPU: Laptop: Intel Core i7-4700QM, Quad CPU, 2.4 GHz Desktop: Intel Core i7-3770, Quad CPU, 3.4 GHz RAM: 16 GB RAM Videó kártya: Laptop: NVIDIA GeForce GTX 860M or Quadro K3100M vagy hasonló Desktop: NVIDIA GeForce GTX 760 vagy hasonló Windows 10 Professional (64 bit)/ Mac-kel nem kompatibilis
Hazai disztribútor	Dent-East Kft.
Szkenner alapára	\$39.999 ~ 12 millió Ft

3. ábra: A vizsgálatban részt vevő szkennerek, gyártók és forgalmazók, illetve a Semmelweis Egyetem Fogpótlástani Klinikáján végzett vizsgálatunk időintervallumai

4. ábra: A szkennerek jellemzőit rögzítő összefoglaló táblázat kitöltve a Digitális fogászati munkacsoport által legutolsóként vizsgált szkennerek a Carestream Dental CS3600 esetén. A táblázat a gyártói adatok mellett általunk mért adatokat is tartalmaz a pontosságról és az in vivo szkennelési időről



5. ábra: A vizsgálatban részt vevők minden esetben a forgalmazó által szervezett oktatáson vesznek részt. A képen az AADVA intraorális szkennert oktatása látható



6. ábra: Fogorvostan-hallgatók in vitro vizsgálat során mintát szkennelnek Medit i500 DiOS 4.0 szkennelvel. A szkennelési idő és az elakadások száma feljegyzésre került

segítségével. In vitro és in vivo méréseket, illetve pontosságvizsgálatokat is végzünk. A szöveges leírás tartalmazza a gyártó által a szkennerről közölt adatokat, a leképezési elvet, a lehetséges kiviteli formákat (például cart, pod), a szkennerek gyártási évét és helyét, a felhasználási indikációkat, a szoftvereket és a szkennelési stratégiákat. Az összefoglaló táblázat pedig táblázatos formában, áttekinthetően rögzíti a szkennerek jellemzőit (4. ábra).

A szkennerek klinikánkra történő kiszállítási napján a hazai forgalmazóktól legtöbb esetben oktatást kaphattunk a szkennert használatáról és a szoftverek funkcióiról (5. ábra). Az oktatást eltérő módon oldották meg a forgalmazók. Legtöbb esetben hazai forgalmazók tartottak 1-1,5 órás tájékoztatót, előfordult, hogy külföldi oktatót kaptunk, illetve két esetben orvos és fogtechnikus kolléga is eljött, akik az adott szkennert használatában jártasak voltak. Egy esetben mindössze egy tájékoztató füzetet kaptunk a szkennert mellé. Fontosnak tartottuk az oktatást, hiszen ez imitálja a későbbi vásárló számára elérhető szupport/támogatás lehetőségét, azaz, ha Magyarországon valaki szkennert vásárol, melyik cég



7. ábra: Fogorvostan-hallgató páciens szkennelése közben. A használt szkennert az iTero Element 2. Teljes fogívek és kvadráns lenyomatok is készültek okklúzió rögzítése mellett

milyen mértékben képes a segítségére lenni a használatában és a később felmerülő kérdéseiben.

A szkennerekkel való vizsgálatunk gyakorlati szakasza a gyártók és forgalmazók által közölt információk összegyűjtése, illetve az oktatás után következik. Modell (in vitro) és páciens (in vivo) szkenneléseket végzünk,

1. Milyennek ítéled az intraorális szkennert összeszerelhetőségét?
2. Milyennek találd a szoftver használatát?
3. Mennyire vagy megelégedve a gyártó cég szupport tevékenységével?
4. Harapásrögzítés során mennyire gyorsan és pontosan tudta a szoftver összeilleszteni a fogíveket? Többször kellett nekikezdeni, vagy elsőre viszonylag gyorsan jó eredménnyel lehetett dolgozni?
5. Mennyire találd ergonomikusnak a szkennert méretét és kialakítását?
6. A vizsgált intraorális szkennert színes vagy fekete-fehér szkennelésre alkalmas? Ha színesben szkennel, akkor ezek a színek mennyire élethűek? (például egy nyálkahártya-elváltozás monitorozását lehetővé teszi a színes szkennelés funkció?)
7. A fogak incisalis élén tapasztalható törésvonal megjelenése gyakori volt?
8. A modell szkennelésekor mennyire volt követhető a széli záródási vonal?
9. Tanulmányi lenyomat készítésére van lehetőség a vizsgált intraorális szkennerttel?
10. A vizsgált szkennert szívesen használnád a mindennapi gyakorlatban, akár a jövőben, a saját praxisodban? Fejtsd ki pár mondatban és indokold meg a döntésed!

8. ábra: A 10 kérdésből álló kérdőív, melyet a hallgatók, illetve az őket felügyelő oktatók töltenek ki a vizsgálat végén

PONTOZÁS

Összefoglaló táblázat (15 pont)

- Pormentes, színes, fogszín-színmeghatározás, érintőképernyő, távvezérlés, több konfiguráció, saját felhő alapú platform, nyílt rendszer, saját chairside rendszer, saját frézközpont, implantológia, fogszabályozás, támogatás, szerviz, forgalmazó által szervezett oktatási lehetőség (1 pont/tulajdonság)

In Vitro vizsgálatok (10 pont)

- Folytonosság-megszakadás (2,5 pont)
- Szkennelési idő (2,5 pont)
- Pontosság (5 pont)

Ergonómia (5 pont)

- Szkennerfej-kerület (2,5 pont)
- Szkennerfej-tömeg (2,5 pont)

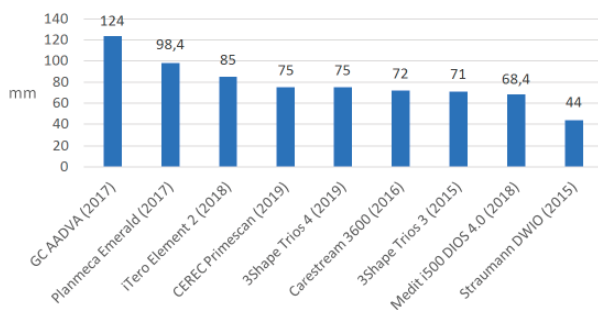
Maximum
30 pont



12. ábra: In vitro vizsgálatban használt PMMA felső állcsont modell, ahol 11 koronához vállasan előkészített csont, 14 és 17 hídhoz vállasan előkészített csontok, illetve 26 betéthez előkészített üreg. (Fogak számozása FDI szerint)

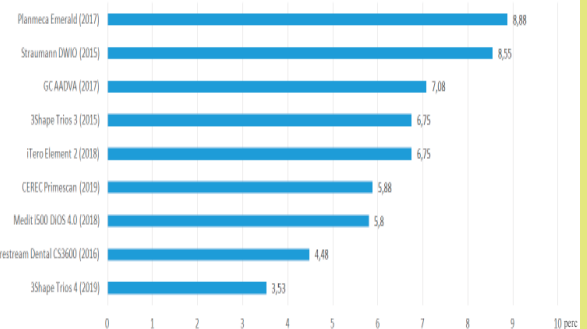
9. ábra: A vizsgálat során a könnyebb összehasonlítás érdekében pontozzuk is a szkennereket. A maximálisan elérhető 30 pontból 15 pontot ér az összefoglaló táblázat, 10 pontot az in vitro vizsgálat (ebből 5 pont a szkennelési idő és a folytonosság megszakadása együttesen, illetve 5 pont a pontosság). Emellett 5 pontot érnek az összehasonlító táblázatokban elemzett ergonómiai értékek (szkennerfej kerület és tömeg)

Szkennerfej-kerület



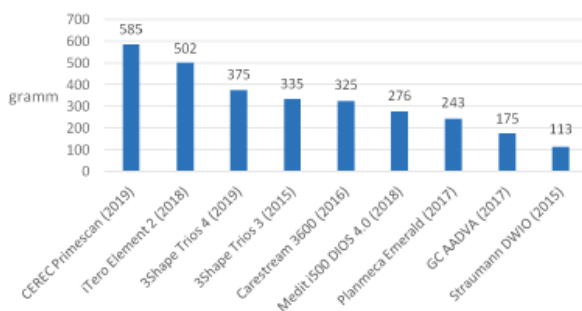
10. ábra: A vizsgált szkennerek kézzidarbjainak fejkerülete nagyságuk szerint csökkenő sorrendben. A legkisebb a Straumann DWIO szkennere, legnagyobb a GC AADVA szkennere. A szkennerek mellett a gyártási évek

Szkennelési sebesség teljes állcsont



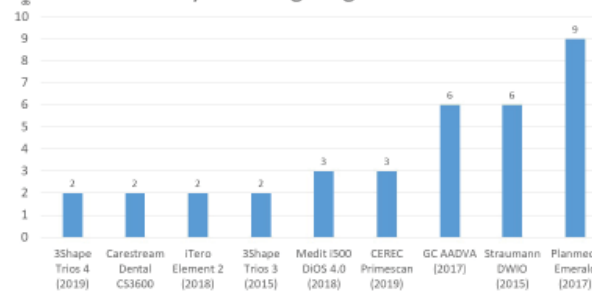
13. ábra: In vitro teljes felső állcsont szkennelési időtartama 30 szken átlagából. A szkennelt modell tartalmaz 11, 14 és 17 (FDI) vállasan előkészített csontokat, illetve 26 (FDI) betéthez előkészített üreg. A szkennerek mellett a gyártási évek olvashatók

Szkenner-kézzidarab tömeg



11. ábra: A vizsgált szkennerek kézzidarbjának tömege nagyság szerint csökkenő sorrendben. Legkönnyebb a Straumann DWIO, legnehezebb a CEREC Primescan szkennere, ahol a fejbe épített mechanikai alkatrészek teszik nehezebbé a kézzidarabot. A szkennerek mellett a gyártási évek

Folytonosság megszakadása



14. ábra: Folytonosság megszakadása (db) in vitro teljes felső állcsont szkennelésekor 30 szken átlagából. In vitro modell: 11, 14 és 17 (FDI) vállasan előkészített csontok, 26 (FDI) betéthez előkészített üreg. A szkennerek mellett a gyártási évek olvashatók

melyeket minden esetben a Semmelweis Egyetem 3-5. éves, szkennelésben járatlan fogorvostan-hallgatói végeznek, fogorvosok felügyelete mellett, a gyártók által meghatározott protokollok szerint (6-7. ábra).

A lenyomatvételek alatt (in vivo, in vitro) minden esetben mérjük a szkennelési időt és a folytonosság megszakadását is. Folytonosság megszakadása alatt értjük, hogy lenyomatvétel közben hányszor akad el a szkennert, hányszor kell egy már lenyomatozott területre visszatérni, hogy folytatható legyen a szkennelés. Ez nagymértékben függ attól, hogy milyen tájékoztatást kap a felhasználó az adott szkennerről. Abban az esetben, ha előzetesen oktatást kaptunk arról, hogy milyen közel vagy távol érdemes tartani a szkennert a fogaktól, illetve ha a szkennelési stratégiát ismerjük és követjük, akkor a megszakadások száma is kevesebb lehet. Az in vitro vizsgálatok során létrejött digitális lenyomatok felhasználásával a szkennerek pontosságát is összehasonlíthatjuk. A forgalmazók által ajánlott fogtechnikai laboratóriumok segítségével az adott szkennert rendszerrel vett digitális lenyomatra PMMA fogpótlásokat is készítünk. Vizsgálatsorozatunk végén a fogorvostan-hallgató és orvos kollega résztvevőkkel tíz kérdésből álló kérdőívet töltetünk ki, hogy a szubjektív tapasztalatokat is rögzítsük (8. ábra).

A könnyű összehasonlíthatóság érdekében egy pontrendszert dolgoztunk ki, ahol a szkennerek maximum 30 pontot kaphatnak: 15 pontot ér az összefoglaló táblázat, 5 pontot az összehasonlító táblázatok, 10 pontot az in vitro vizsgálat; ebből 5 pont a pontosság és 5 pont a szkennelési idő és a folytonosság megszakadása. Pontszámokat nem kap az in vivo vizsgálat és a szubjektív vélemények rész (9. ábra).

A vizsgálatsorozat lépései és eredményei

Összehasonlító értékelés oszlopdiagramok és dinamikus skálák segítségével

A vizsgált paraméterek: a tömeg (g) és a szkennerefej mérete (mm). A szkennerek használatának ergonómiáját értékelendő a szkennerefej kerületét és a kézidarab súlyát három általunk lemerített és gyakran használt könyökdarabéval hasonlítjuk össze (ref.: 59 g; 35,4 mm). Az egyes vizsgált paraméterek pontszámai változnak, ha a vizsgálatba újabb szkennerek bevonása történik, ezért ezek ábrázolásához dinamikusan változó skálákat is alkalmazunk. Jelen cikkben a szemléletesebb megjelenésért a jelenleg vizsgált kilenc szkennert adatait oszlopdiagramban ábrázoltuk (10-11. ábra).

In vitro vizsgálat: Az in vitro vizsgálat során három, szkennelésben járatlan fogorvostan-hallgató vesz digi-

3shape

TRIOS 4

A világ első és egyetlen 8D képalkotó rendszere



Dental-trade
A digitális fogászat szakértője



3D geometria (3D)



Szín- és árnyalat-
meghatározás (2D)



Dinamikus okklúzió (1D)



Felületi fogszuvasodás
felismerése (1D)



Interproximális fogszuva-
sodás felismerése (1D)

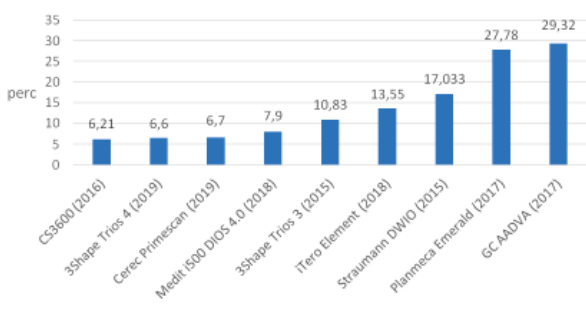
Vizsgált intraorális szkennerek (mért értékek μm -ben és pontértékük) $n=15$

Vizsgált intraorális szkennerek	Teljes minta átlagos eltérése	Csonk palást átlagos eltérése	Inlay üreg átlagos eltérése	Csonk távolság torzulás abszolút értéke	Fogív torzulásának abszolút értéke
3Shape Trios 3 2015	91 μm 3	57 μm 4	38 μm 5	117 μm 3	429 μm 0
Planmeca Emerald 2017	133 μm 2	128 μm 2	85 μm 4	181 μm 1	722 μm 0
Straumann DWIO 2015	116 μm 3	85 μm 4	64 μm 4	350 μm 0	599 μm 0
GC AADVA 2017	100 μm 3	44 μm 5	55 μm 4	330 μm 0	596 μm 0
iTero Element 2 2018	82 μm 4	65 μm 4	40 μm 5	22 μm 5	359 μm 0
CEREC Primescan 2019	65 μm 4	53 μm 4	39 μm 5	54 μm 4	220 μm 0
Medit i500 DIOS 4.0 2018	62 μm 4	45 μm 5	39 μm 5	47 μm 5	217 μm 0
3Shape Trios 4 2019	79 μm 4	49 μm 5	39 μm 5	73 μm 4	258 μm 0
Carestream 3600 2016	80 μm 4	51 μm 4	37 μm 5	97 μm 3	256 μm 0

Vizsgált intraorális szkennerek	Pontosságra kapott átlagolt pontérték
3Shape Trios 3 2015	3,0
Planmeca Emerald 2017	1,8
Straumann DWIO 2015	2,2
GC AADVA 2017	2,4
iTero Element 2 2018	3,6
CEREC Primescan 2019	3,4
Medit i500 DIOS 4.0 2018	3,8
3Shape Trios 4 2019	3,6
Carestream Dental CS3600 2016	3,2

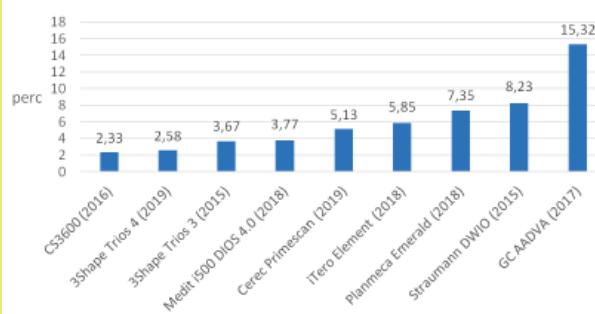
15. ábra: Pontosságmérés során kapott értékek μm -ben. A mért értékek mellett a szkennerek kapott pontszámai láthatók. A vizsgált 5 paraméter pontértékeit átlagolva kapták meg a szkennerek a végső pontosság pontértékeit, melyeket a kis táblázat tartalmaz

Teljes szkennelési idő



16. ábra: Teljes alsó és felső állcsont, illetve okklúzió szkennelési idő átlagai percben 3×3 szkennelés során in vivo

Kvadráns szkennelési idő



17. ábra: Jobb oldali alsó és felső kvadráns, illetve okklúzió szkennelési idő átlagai percben 3×3 szkennelés során in vivo

tális lenyomatot egy PMMA modellről, amely betét-höz előkészített üreget, koronához és hídhoz előkészített fogakat tartalmaz (12. ábra).

A hallgatók fejenként tízszer szkennelik be a modellt (összesen 30 szkennelés/szkennerek). Ennek során mérjük a teljes minta szkenneléséhez szükséges időt, melybe beleszámítjuk a szoftverben az adatfelvételt (ha lehetséges), illetve feljegyezzük a szkennelések elakadásának számát is, azaz hányszor kellett a vizsgálónak visszatérnie a már beszkenelt területre, hogy folytathassa a lenyomatvételt. A szkennerek elakadásának több oka is lehet; egyrészt a hallgatók tapasztalatlansága, a szkennerek ergonomiája, az eltérő szkennelési stratégiák, e nehézségekről és leküzdésükről a legtöbb szkennerek esetén oktatást kapnak a hallgatók a vizsgálatok első napján (13-14. ábra).

Pontosságvizsgálat: Az in vitro vizsgálat során készített digitális lenyomatok STL fájljait egy nagy pontosságú ipari szkennerekkel (AICON StereoSCAN neo; 3D Systems GmbH, Braunschweig, Germany) a PMMA modellről készült referencia adatállománnyal hasonlítjuk össze Geomagic Verify programban (3D Systems). A programban a referenciaadatra illesztjük a vizsgált STL fájlokat a legjobb illeszkedés algoritmus alapján (best fit alignment). A szuperimpozícióval egymásra illesztett

adatokon 2D és 3D paramétereket vizsgálunk. A 3D vizsgálat során a teljes állcsontfelszín átlagos eltéréseit, a betét üreg felszínét és egy koronához preparált fog csonkpalástjának felületi eltéréseit mérjük (11 fog). A 2D vizsgálat során távolságokat mérünk: kis távolságot, a négytagú hídhoz előkészített fogak egymás felé tekintő felszínei közti távolságot, valamint a fogív torzulását, az állcsont második nagyörlő fogainak (17,27 fogak) DB csücskei közti távolságot. Mind az öt vizsgált paraméterre (csonk, inlay, fogív, kis- és nagy távolság) 0–5 pontot kaphat a szkennerek, annak függvényében, hogy 0–200 μm -es pontossági tartományban hol szerepel a mért eredmény. A pontosságvizsgálat során az öt paraméter pontértékeit átlagolva kapja meg a szkennerek a végső pontértékét. A kilenc vizsgált szkennerek pontosságvizsgálata során kapott pontosság-eredményeink átlagait a 15. ábra gyűjti össze.

In vivo vizsgálat: Fogorvostan-hallgatók páciens is szkennelnek a vizsgálat során. A szkennelt páciens zárt fogazattal rendelkezik és nincs fogpótlása. A teljes állcsont szkennelése mellett kvadráns lenyomatok is készülnek. Mindhárom hallgató háromszor vesz digitális lenyomatot ugyanannak a páciensnek a teljes alsó és felső fogívéről, majd a jobb felső és alsó kvadránssal is fejen-

SZKENNER	POZITÍV VÉLEMÉNYEK +	NEGATÍV VÉLEMÉNYEK –
3Shape Trios 3 (Pod) (2015)	<ul style="list-style-type: none"> + felhasználóbarát szoftver + kedves, támogató szupport tevékenység + egyszerű harapásrögzítés, ha szükséges manuálisan is összeilleszthető a két állcsont + precíz, jól követhető széli záródási vonal + a szkennert nagyobb munkákhoz is ajánlják 	<ul style="list-style-type: none"> – nehezen összeszerelhető – nem ergonomikus, az indítógomb lenyomása nehéz – a szoftver lassan dolgozza fel a szkennelés után az információkat
Planmeca Emerald (2017)	<ul style="list-style-type: none"> + könnyen összeszerelhető + felhasználóbarát szoftver + precíz és jól követhető széli záródási vonal a moláris régióban + ergonomikus + élethű színek + koronákhoz, kisebb kiterjedésű restaurátumokhoz ajánlják 	<ul style="list-style-type: none"> – a cég szupport tevékenysége nem kielégítő – a harapásrögzítés nehéz, manuálisan nehezen illeszthető össze a minta – digitális minta torzul
Straumann DWIO (2015)	<ul style="list-style-type: none"> + könnyen összeszerelhető és szállítható + ergonomikus + kedves, támogató szupport tevékenység + precíz, jól követhető széli záródási vonal (kivéve a betétek approximális felszínei) + a szkennert nagyobb munkákhoz is ajánlják 	<ul style="list-style-type: none"> – túl kicsi betűk és számok a szoftverben, nehezen olvasható – harapásrögzítés nehéz, sokszor volt szükség manuális illesztésre – betét üregek approximális felszíneinél a széli záródási vonal nem pontos
GC AADVA (2017)	<ul style="list-style-type: none"> + könnyen összeszerelhető + felhasználóbarát szoftver + kedves, támogató szupport tevékenység + könnyű szkennel + precíz, jól követhető széli záródási vonal (kivéve a betétek approximális felszínei) + koronákhoz, kisebb kiterjedésű (maximum 5 tag) restaurátumokhoz ajánlják 	<ul style="list-style-type: none"> – a szkennel feje hatalmas, moláris régióban nagyon nehéz a használata – törlésfunkció nincs, hiba esetén az egész szkennelési folyamatot meg kell ismételn, amely meghosszabbítja a szkennelési időt – manuálisan nem illeszthető össze a két állcsont (harapásrögzítés hosszú időt vesz igénybe) – betét üregek approximális felszíneinél a széli záródási vonal nem pontos – szkennelési idő nagyon hosszú – digitális minta torzul
iTero Element 2 (2018)	<ul style="list-style-type: none"> + könnyen összeszerelhető + felhasználóbarát szoftver + kedves, támogató szupport tevékenység + egyszerű harapásrögzítés, ha szükséges manuálisan is összeilleszthető a két állcsont + precíz, jól követhető széli záródási vonal (kivéve a betétek approximális felszínei) + a szkennert nagyobb munkákhoz is ajánlják + élethű színek 	<ul style="list-style-type: none"> – betét üregek approximális felszíneinél a széli záródási vonal nem pontos – nem túl ergonomikus – nagy és nehéz szkennel
Cerec Primescan (2019)	<ul style="list-style-type: none"> + könnyen összeszerelhető + felhasználóbarát szoftver + kedves, támogató szupport tevékenység + egyszerű harapásrögzítés, ha szükséges manuálisan is összeilleszthető a két állcsont + precíz, jól követhető széli záródási vonal (kivéve a betétek approximális felszínei) + a szkennert nagyobb munkákhoz is ajánlják + élethű színek 	<ul style="list-style-type: none"> – nem túl ergonomikus – nagy és nehéz szkennel – drága – több egymást követő szkennelés után a szoftver lassul
Medit i500 DiOS 4.0 (2018)	<ul style="list-style-type: none"> + könnyen összeszerelhető + felhasználóbarát szoftver + kedves, támogató szupport tevékenység + egyszerű harapásrögzítés, ha szükséges manuálisan is összeilleszthető a két állcsont + precíz, jól követhető széli záródási vonal + a szkennert nagyobb munkákhoz is ajánlják + élethű színek + ergonomikus 	<ul style="list-style-type: none"> – nyálas, nedves felszíneken sokszor elakad a szkennel
3Shape Trios 4 (2019)	<ul style="list-style-type: none"> + könnyen összeszerelhető + felhasználóbarát szoftver (jobb, mint a Trios3) + kedves, támogató szupport tevékenység + egyszerű harapásrögzítés, ha szükséges manuálisan is összeilleszthető a két állcsont + precíz, jól követhető széli záródási vonal + a szkennert nagyobb munkákhoz is ajánlják + ergonomikus (jobb, mint a Trios 3) 	<ul style="list-style-type: none"> – kezdők számára a betét üregek szkennelése nehéz
Carestream Dental CS3600 (2016)	<ul style="list-style-type: none"> + könnyen összeszerelhető + felhasználóbarát szoftver + kedves, támogató szupport tevékenység + egyszerű harapásrögzítés, ha szükséges, manuálisan is összeilleszthető a két állcsont, 3 szkennelési terület a harapásrögzítés során (bal és jobb oldal, front régió) + precíz, jól követhető széli záródási vonal + a szkennert nagyobb munkákhoz is ajánlják + ergonomikus (több méretű fej elérhető) 	<ul style="list-style-type: none"> – túl sok kábel – a restaurátum típusa, anyaga, kiterjedése a szoftverben nem adható meg

18. ábra: A vizsgálatban részt vevők szubjektív véleményei az eddig tesztelt 9 szkennerről

ként 3–3 lenyomat készül. A lenyomatvételeket minden esetben IKP (interkuspidális pozíció) rögzítése kíséri. A vizsgálatban mérjük a szkennelésekhez szükséges

időket (16-17. ábra). A szubjektív véleményekben a feltett kérdésekre nagyrészt az in vivo szkennelések tapasztalatai alapján lehet megadni a válaszokat (18. ábra).

	Összefoglaló táblázat (max. 2,5)	Szkennerfej kerület (max. 2,5)	Szkennerfej tömeg (max. 2,5)	Szkennelési idő (max. 2,5)	Folytonosság megszakítás (max. 3,5)	In vitro márt pontosság (max. 5)	Összesen
3Shape Trios 3 2015	✓ 11,5	1,5	1,2	1,0	1,9	3,0	★ 20,1
Planmeca Emerald 2017	✓ 10,5	0,7	1,6	0,0	0,0	1,8	☆ 14,6
Steinemann DWIO 2015	✓ 11,0	2,3	2,2	0,2	0,7	2,2	★ 18,6
GC AADVA 2017	1,5	0,0	1,9	0,8	0,7	2,4	☆ 15,3
iTero Element 2 2018	✓ 11,5	1,1	0,4	1,0	1,9	3,6	★ 19,5
CEREC PrimeScan 2018	✓ 10,5	1,4	0,0	1,4	1,7	3,4	★ 18,4
Medit i500 DIO 4.0 2018	✗ 8,0	1,6	1,5	1,4	1,5	3,8	★ 17,8
3Shape Trios 4 2019	✓ 11,5	1,4	1,0	2,5	2,0	3,6	★ 22,0
Carestream Dental C3500 2016	✓ 10,5	1,5	1,2	2,1	2,0	3,2	★ 20,5

19. ábra: A vizsgálatban eddig részt vett 9 szkenner összesített pontszámai. A csillag szimbólumok kitöltöttsége jellemzi a szkenner sorrendjét egymáshoz képest a pontok alapján. Vizsgálatunkban a legtöbb pontot a 3Shape Trios 4 (2019) szkenner kapta. Az egyes vizsgált szempontokon belül a pontok szemléletesebb, képi megjelenítésére szimbólumokat alkalmaztunk; a „pipa” a legjobb értéket, az „X” jel a legrosszabbat, a „felkiáltójel” pedig az odafigyelést igénylő értékeket jelenti



20. ábra: A vizsgálatot vezető Digitális fogászati munkacsoport tagjai:

felső sor balról jobbra: Dr. Dankó Mariann, Dr. Kovács Zoltán Imre, Dr. Borbély Judit, Prof. Dr. Hermann Péter, Dr. Vecsei Bálint
alsó sor balról jobbra: Dr. Róth Ivett, Dr. Vitai Viktória, Dr. Joós-Kovács Gellért Levente, Dr. Czigola Alexandra, Dr. Fehér Dóra, Módos Dominika

Összegzés

Az összefoglaló eredmények pontszámokká konvertálva a 19. ábrán olvashatók. A Fogpótlástani Klinika Digitális fogászati munkacsoportja (20. ábra) a fogászati piacon és Magyarországon megjelenő újabb szkenner vizsgálatát jelenleg is végzi, a vizsgálat nem zárult le. A fejlesztések következtében megjelenő új eszközök számára, illetve a magyarországi piacra bejutni kívánó gyártók termékeinek is lehetősége van a vizsgálatba bekerülni.

Irodalom

- Zimmermann M, Mehl A, Mörmann WH, Reich S: Intraoral scanning systems - a current overview. *Int J Comput Dent.* 2015;18(2):101-29.
- Blatz MB, Conejo J.: The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials. *Dent Clin North Am.* 2019 Apr;63(2):175-197
- Sulaiman TA: Materials in digital dentistry – A review. *J Esthet Restor Dent.* 2020 Mar;32(2):171-181.
- Joda T, Brägger U: Patient-centered outcomes comparing digital and conventional implant impression procedures: a randomized cross-over trial. *Clin Oral Implants Res.* 2016 Dec;27(12)
- Patzelt SBM, Lamprinos C, Stampf S, Att W. The time efficiency of intraoral scanners. *J Am Dent Assoc.* 2014. doi:10.14219/jada.2014.23
- Fukazawa S, Odaira C, Kondo H. Investigation of accuracy and reproducibility of abutment position by intraoral scanners. *J Prosthodont Res.* 2017. doi:10.1016/j.jpor.2017.01.005
- Sason G, Mistry G, Tabassum R, Shetty O. A comparative evaluation of intraoral and extraoral digital impressions: An in vivo study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2018. doi:10.4103/jips.jips_224_17
- Treesh JC, Liacouras PC, Taft RM, et al. Complete-arch accuracy of intraoral scanners. *J Prosthet Dent.* 2018. doi:10.1016/j.prosdent.2018.01.005
- Burzynski JA, Firestone AR, Beck FM, Fields HW, Deguchi T. Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions: Time and patient satisfaction. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2018. doi:10.1016/j.ajodo.2017.08.017
- Richert R, Goujat A, Venet L, et al. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *J Healthc Eng.* 2017. doi:10.1155/2017/8427595
- Grünheid T, McCarthy SD, Larson BE. Clinical use of a direct chairside oral scanner: An assessment of accuracy, time, and patient acceptance. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2014. doi:10.1016/j.ajodo.2014.07.023
- Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H: Comparison of digital and conventional impression techniques: Evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health.* 2014 Jan 30;14:10.
- Flügge T V., Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013. doi:10.1016/j.ajodo.2013.04.017
- Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health.* 2017. doi:10.1186/s12903-017-0442-x
- Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: A systematic review of the clinical evidence. *Eur J Orthod.* 2016. doi:10.1093/ejo/cjv077
- Ting-shu S, Jian S. Intraoral Digital Impression Technique: A Review. *J Prosthodont.* 2015. doi:10.1111/jopr.12218
- Ender A, Zimmermann M, Mehl A.: Accuracy of complete- and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *Int J Comput Dent.* 2019;22(1):11-19.
- Mangano FG, Hauschild U, Veronesi G, Imburgia M, Mangano C, Admakin O: Trueness and precision of 5 intraoral scanners in the impressions of single and multiple implants: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health.* 2019 Jun 6;19(1):101
- Zimmermann M, Ender A, Mehl A.: Local accuracy of actual intraoral scanning systems for single-tooth preparations in vitro. *J Am Dent Assoc.* 2020 Feb;151(2):127-135.
- Lee JH, Yun JH, Han JS, Yeo IL, Yoon HI: Repeatability of Intraoral Scanners for Complete Arch Scan of Partially Edentulous Dentitions: An In Vitro Study. *J Clin Med.* 2019 Aug 8;8(8)
- Nedelcu, R. Olsson, P. Nyström I. Thor A.: Finish line distinctness and accuracy in 7 intraoral scanners versus conventional impression: an in vitro descriptive comparison. *BMC Oral Health.* 2018 Feb 23;18(1):27.