



## 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.hu> internetes oldalon olvashatók.

# A látható fény tartományában működő digitális 3D képképzés ortodontiai felhasználása, az ortodontiai digitális 3D modellek készítésének technikája és eszközei

*Dr. Balogh Enikő, Dr. Horváth János, Dr. Németh Orsolya, Dr. Kivovics Péter*

Semmelweis Egyetem Fogorvostudományi Kar

Fogászati és Szájsebészeti Oktató Intézet

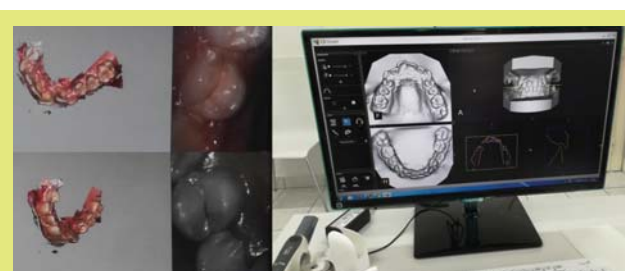
A fogszabályozás és az informatika összefonódásával létrejött digitális ortodontia rohamosan fejlődik. A gipszminta digitalizációja közvetett és közvetlen modellkészítés során is kivitelezhető. A közvetlen modellezés eszközei a látható fénytartományt használó modern orvosi képképzők közül a szkennerek, melyek intraorális és extraorális változatai használatosak az ortodontiában. Az intraorális szkennereket főként a fogívek, nyálkahártya és szájpád beolvasására, míg az extraorálisat a profil beolvasására használják. Az arc-szkennereket áruk és nagy helyigényük miatt fokozatosan kiszorítják a digitális forradalom újabb és újabb találmányai. Már mobiltelefonra vagy tabletre szerelt készülékekkel is lehetőség van virtuális 3D-s arcmodellt létrehozni, mindössze körülbelül fél perc alatt. A digitalizálódás segíti a gyorsabb és hatékonyabb betegellátást és a fogorvos számára élvezhetőbbé, egyszerűbbé és pontosabbá teszi a fogszabályozás folyamatát. A XXI. században a fogszabályozós szakorvosnak rendelkeznie kell a modern képképzők által készített leletek kiértékeléséhez szükséges ismeretekkel. A ortodontiai praxisban használt modern képképzők, intraorális és extraorális szkennerek, 3D-s szoftverek nyújtotta előnyöknek köszönhetően a hagyományos fogszabályozást fokozatosan felváltja a digitális fogszabályozás.



1. ábra: Autoscan-DS200+ dental 3D szkennert



2. ábra: a True Definition szkennert használt poradagoló<sup>8</sup>



3. ábra: CS IO 3D Arqitionben megjelent kép a páciens alsó és felső fogívéről és a szoftver által létrehozott virtuális „gipszmodell”

A háromdimenziós modellezésnek és szkennelésnek alapjait a francia festő, szobrász és fotós Francois Willème fektette le 1860-ban, aki a tárgyakat és személyeket 24 szögből fényképezte, majd a képek segítségével hozta létre a modellek 3D-s mását.<sup>1</sup> Bő 150 év elteltével napjainkban a háromdimenziós számítógépes grafikában a 3D modellezés az a folyamat, amely matematikailag ábrázol tetszőleges háromdimenziós objektumokat.<sup>2</sup>



4. ábra: Arc-szkennert (Facial Insight 3D™ Scanner )<sup>3</sup>

A digitális modellek készülhetnek manuálisan, algoritmus alapján vagy szkennelés útján. Manuális modellezésnél kézzel kerülnek rögzítésre az ábrázolandó test pontjainak koordinátái mindhárom dimenzióban. Az algoritmus segítségével létrehozott modellben egy vagy több digitális képből kerülnek előállításra a pontok, egy vonatkoztatási rendszerben, pontról-pontra haladva.<sup>3</sup> A szkenneléses módszerrel előállított modellek lényegében az ábrázolandó test direkt vagy indirekt „beolvasását” jelentik. A fogszabályozásban az utóbbi (szkennelés) modellalkotási módszer a legelterjedtebb.

### Indirekt (közvetett) modellkészítés

A modellezendő gipszminta asztali szkennertel történő beolvasását követően egy szoftver segítségével készül el a digitális 3D-s modell. Ilyen szkennerek például az Autoscan-DS200+ Dental 3D Scanner<sup>4</sup> vagy a dán 3Shape szkennertjei (E1, E2, E3, R1000, R2000).<sup>5</sup> Ezek az asztali 3D szkennerek egy fényforrást, egy vagy több fényképezőgépet (camera) és egy olyan több tengelyű mozgórészt tartalmaznak, amely a gipszmintát a fény, valamint a kamerák felé irányítja és forgatja. Az érzékelők a gipszminta által visszavert irányított fényt érzékelik és rögzítik, majd a trigonometrikus számítások segítségével a beolvasott felület pontjai azonosíthatóvá válnak mindhárom

dimenzióban. A szkennerszoftver ezután háromdimenziós adatkészletet hoz létre úgynevezett Standard Trigulation Language-ben, amely kicsi háromszögekkel írja le a digitálisan beolvasott tárgyak felszínét. A szkennelés során STL fájl jön létre, amely egy olyan általános fájlformátum, amit a legtöbb CAD/CAM rendszer tud kezelni.<sup>6</sup>

## Direkt (közvetlen) modellkészítés

A direkt modellkészítés eszközei az intra- és extraorális szkennerek. Az intraorális digitális szkennerek megjelenése egybeesett a számítógépes tervezési és gyártási (CAD/CAM) technológia kifejlesztésével, valamint a szék melletti esztétikus restaurációk készítését lehetővé tévő kerámiák CEREC (Chair-side Economical Restoration of Esthetic Ceramics) kifejlesztésével 1984-ben.<sup>7</sup> Ezek a szkennerek olyan orvosi elektromos eszközök, amelyeknek rendszerint három fő összetevője van: egy vezeték nélküli mobil munkaállomás, amely támogatja az adatbevitelt, egy számítógépes monitor, amivel lehetőség van a beállítások megadására, a beolvasások jóváhagyására, valamint a digitális fájlok felülvizsgálatára és egy kézi kamerás pálca, amely összegyűjti a páciens szájában a beolvasási adatokat.

A felszíni adatpontok összegyűjtése érdekében a lézertől vagy a fehér fénytől származó energiát a pálcából egy objektumra vetítik ki. Az objektumról visszaverődött fényt a pálcán lévő érzékelő vagy fényképezőgép összegyűjti. Algoritmusok alapján több tíz-, akár száz-ezer mérés készül, ami az objektum alakjának 3D ábrázolását eredményezi. A pálca által a felszíni adatok rögzítésére használt technológia meghatározza a szkennerek mérési sebességét, felbontását és pontosságát. Jelenleg négyféle képalkotó technológia van alkalmazásban: a háromszögelés (Trigulation), a párhuzamos konfokális képalkotás (Parallel confocal imaging), az AFI – (Accordion Fringe Interferometry) és a háromdimenziós mozgóképes képalkotás (Three-dimensional in-motion video imaging).<sup>8</sup>

Mind az AFI, mind a 3D mozgóképfelvételek a valós időben történő gyors rögzítéshez HD videokamerákat használnak, nem pedig érzékelőt. Az AFI szkennerek dinamikusabb fénysűrűséggel rendelkeznek, így a fényvisszaverő felületeket porfestés nélkül is beolvashatják. Bár a nem optikai lenyomatvételi rendszerek képesek szöveteken és a nyálon át történő beolvasásra, a felszíni adatok pontos beolvasásához a megfelelő eltartás és izoláció elengedhetetlen.<sup>9</sup> Az első szkennereknek még poradagolóval kiegészített pálcajuk volt. 2001-ben a Cadent

# 3shape

## TRIOS 3 Move

intraorális szkennerek



Nyitott rendszer



Integrált intraorális HD kamera



Kiváló szkennelési technológia



Széleskörű indikáció



Rugalmas hardver konfiguráció



# dental-trade

A digitális fogászat szakértője

Most bármely TRIOS 3  
1.000.000.- Ft  
kedvezményel!\*

1078 Budapest, Marek József u. 31.

+36 1 333 6700

info@dentaltrade.hu

www.dentaltrade.hu

@dentaltrade

\* Kivéve TRIOS 3 Mono.  
Az akció 2018.12.31-ig érvényes.  
A kedvezmény bruttó árra vonatkozik.

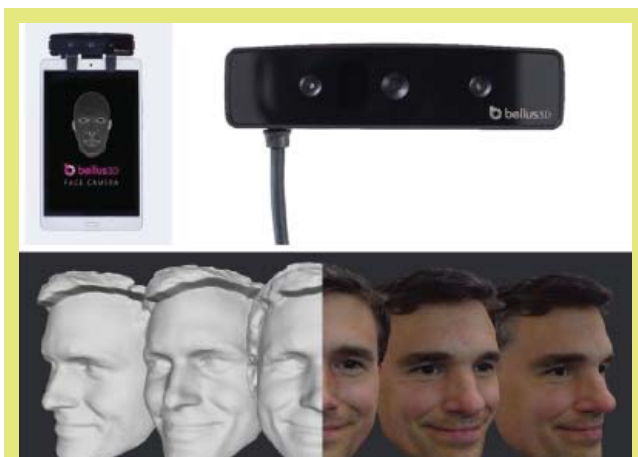
bemutatta az Ortho CAD rendszert a 3D-s digitális modellek gyártásához, virtuális setupok és indirekt bondozási sínek készítéséhez.<sup>10</sup> Cadent Tero szkennere volt az első digitális intraorális szkennere, ami párhuzamos konfokális képalkotás és point-and-stitch rekonstrukció segítségével pontos, pormentes digitális lenyomatvételezt tett lehetővé.<sup>8</sup> 2006-ra a Cadent kidolgozta az iTero rendelői digitális lenyomatrendszert, amely 2008-ra teljes ívű intaroális szkennelést tett lehetővé, és 2009-ben létrejött a iOC rendszer az iTero felhasználók számára.<sup>11</sup> Mivel az iTero szoftver nyílt forráskódú fájlípust használ, amely Landlord néven ismert, a standard háromszögelési nyelv által létrehozott STL fájlok kompatibilisek az Invisalign, Harmony, Incognito, Insignia és SureSmile<sup>12</sup> rendszerekkel.

2012 októberében a 3M ESPE bemutatta a True Definition szkennert, amely lehetővé teszi a digitális lenyomatok készítését az Incognito egyéni linguál bracketekhez.<sup>13</sup> Hat hónappal később az Ormco kiadta a Lythos digitális megjelenítő rendszert az Insignia és a Clearguide készülékrendszerek számára.<sup>14</sup> A 3M ESPE True Definition szkennere a forradalmian új 3D mozgóképképes technológiát alkalmazza, 2014-ben ez volt az egyetlen Invisalign-ban használható 3D-s szkennere. Hasonlóképpen, mint ahogy az Align iTero szkennere volt, csak használható 3M Unitek Incognito rendszeréhez.<sup>8</sup> A True Definition szkennere felépítése egy 22 hüvelykes HP érintőképernyős kijelzővel ellátott munkaállomást, egy könnyű pálcát, egy poradagolót és egy vezeték nélküli internetkapcsolatot tartalmaz a felhőbe való feltöltéshez és az iTero-hoz hasonlóan egy kerek kosárra épült a könnyed mozgathatóság érdekében. A nagyméretű érintőképernyőnek köszönhetően, nincs szükség a billentyűzet és az egér számára kialakított vízszintes felületre, így a munkaállomás kevésbé helyigé-

nyes, továbbá a virtuális digitális nagyítót is biztosítja, amely lehetővé teszi az operátor számára a 3D-s modell megtekintését, forgatását és nagyítását a beolvasás után. Az Invisalign-t használó orvosok szkennelést követően bejelentkezhetnek egy saját profilba, majd a profilhoz biztosított tárhelyen megtekinthetik a szkennelt képet vagy képeket.<sup>8</sup>

Az Ormco Lythos digitális szkennere egy eredetileg a repülőgépipar számára kifejlesztett technológián alapulva kifejezetten ortodonciai használatra lett kifejlesztve,<sup>8</sup> amely az AFI-módszerrel végzi a képalkotást, ezért általában nem igényel porfestést. A Lythos szkennere legjelentősebb jellemzője a kompakt mérete. A székvezető egység tetején helyezkedik el, és könnyen mozgatható a mindössze 25 kg-os eszköz. Az egység az adatbevitelhez szükséges kisméretű érintőképernyős monitorból, egy közepes méretű ergonomikus pálcából és a vezeték nélküli modemből áll.<sup>15</sup> A monitor képe a nagyobb láthatóság érdekében, a kiterjesztő kar segítségével akár 15"-os méretre is növelhető. A szoftverfrissítések az interneten keresztül töltődnek le, és a rendszer kompatibilis az Apple termékekkel is.<sup>16</sup> 2015-ben 7 féle ortodonciai intraorális szkennere állt a fogszabályozó fogorvosok rendelkezésére: az iTero, Lava C.O.S., a Carestream Dental's CS 3500, The True Definition Scanner és a 3Shape's Trios, Cirona's Cerec and Apollo System, The Lythos Scanner.<sup>17</sup> A 2015 márciusában bevezetett új iTero Element™ intraorális szkennere párhuzamos konfokális képalkotó technológiája optikai és lézeres szkennelést alkalmaz, 6000 képkockát készít másodpercenként, és a képérzékelőt úgy tervezték meg, hogy lehetővé tegye a jelenlegi iTero szkennerehez képest 20-szor gyorsabb olvasási sebességet, aminek köszönhetően a digitális szkennelés valós idejű 3D-s megjelenítése biztosított az érintőképernyőn.<sup>18</sup> A beolvasás után a szkennelt adatokból a szoftver pillanatokon belül megalkotja a digitális virtuális „gipszmintát”, kielemezti azt és felállítja a diagnózist, valamint kezelési tervet is javasol. A legmodernebb intraorális szkennerek már vezeték nélküliek, a világon az első ilyen típusú szkennert a 3Shape forgalmazza. A 3Shape Trios 3 Wireless gyorsan, pontosan és valóság-hű színekkel, egész napos folyamatos szkennelést tesz lehetővé vezeték nélküli kapcsolat nélkül.<sup>19</sup>

A fogszabályozás jelenlegi trendje azt mutatja, hogy a páciensek számára egyre inkább a megjelenés a fontos, így a funkció háttérbe szorul, ezért esetenként hangsúlyosabbá válik a profil, mint a fogak helyzete az adott fogívben. A profilelemzést az egyéb felvételeket helyettesítve extraorális szkennerekkel is végezhetjük, melynek jellemző technikája a lézeres szkennelés, amely



**5. ábra:** Mobiltelefonra szerelt Bellus 3D Face Camera Pro és az általa létrehozott 3D arcmodell<sup>24</sup>

során egy lézerforrásból több trillió fotont küldünk a szkennelendő objektumra. Ezeknek csak kis része verődik vissza, melyeket egy optikán keresztül történő érzékelés dolgoz fel a rendszer. Mivel a lézer pozícionálása nagyon gyors, ezért kis idő elteltével is teljes modellt kaphatunk az objektumról. Az első 3D szkennerek még különállóan tartalmazták a lézerforrást, melyet kézzel mozgatva kellett végigvezetni az objektumon, és egy különálló fényképező rögzítette a képet. A szkennelés pontossága érdekében egy speciális háttérre is szükség volt (például David 3D szkennerek).<sup>20</sup> A fejlettebb 3D szkennerek beépített lézereket és beépített optikát (kamera) tartalmaznak, nem igényelnek speciális háttérre, az objektumra helyezett jelzőpontok alapján készül el a kép. Ilyen szkennerek például 2015-ben Reddot díjat nyert hordozható Handyscan 3DScanner.<sup>21</sup>

A Go! Scan 3D™ termékcsalád a legegyszerűbb hordozható 3D szkennelési élményt nyújtja, gyors és megbízható méréseket biztosítva. A kézi 3D szkennerekkel a 3D adatok teljes színben is rögzíthetők. Az innovatív technológia megkerüli az előkészítési lépéseket és a speciális beállításokat, nagyon gyors mérési sebességet biztosít (kb. 5 perc vagy kevesebb is elegendő), és nem igényel kézi adatfeldolgozást. Szükség esetén vizuális útmutatást biztosít a sikeres szkennelés érdekében.<sup>22</sup> A Fogszabályozásban az extraorális szkennerek közül főként az arc-szkennereket használják. Az Insight3D® nem sugárzó arc-szkennere nagyfelbontású, pontos 3D-s szkennelésen túl arcelemzésre és arcfelismerésre is képes.<sup>23</sup> Az arc-szkennerek rengeteg előnye ellenére hatalmas hátránya, hogy ezek a berendezések költségesek, és a helyigényük is nagy. Napjainkban már kompakt, mobiltelefonnal használható 3D-s „arc-szkennerek” is forgalomban vannak, ezek egyik típusa a Bellus 3D Face Camera Pro. A Face Camera Pro készülék egy okostelefonhoz vagy egy tablethez csatlakoztatva működik. A fej forgatása során szerzett adatokból, másodpercek alatt képes 3D-s arcmodelleket készíteni. A felhasználó megoszthatja virtuális arcképét másokkal, vagy akár 3D nyomtatóval modellt készíthet az arcáról.<sup>24</sup> 1999-ben a Columbiái egyetemen Hannam és Langenbach kifejlesztették a 3D-s modell dinamikus változatát. A dinamikus 3D modell eltér a számítógépes tomográfia vagy egyéb 3D-módszerek által nyújtott 3D-adatoktól, mivel az anatómiai részek, azaz az izmok, fogak, csontok és lágyszövetek különállóak, manipulálhatók, mozgathatók és egyénileg módosíthatók, ami egy igazi interaktív, betegspecifikus szimulációt tesz lehetővé.<sup>25</sup> A digitalizációnak köszönhetően ezek a modellek továbbfejlődtek, és pontosabbá, könnyebben kezelhetővé váltak.

## Irodalom

1. Baheti MJ, Soni UN, Gharat NV, Mahagaonkar P, Khokhani R and Dash S, Intra-oral Scanners: A New Eye in Dentistry, Austin J Orthopade & Rheumatol. 2015; 2(3): 1021. Received: August 18, 2015; Accepted: November 01, 2015; Published: November 17, 2015 (Letöltve 2017.11.13)[17] <http://austinpublishinggroup.com/orthopedics-rheumatology/fulltext/ajor-v2id1021.php>
2. Flügge, T.V.; Schlager, S.; Nelson, K.; Nahles, S.; and Metzger, M.C.: Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitalization with the iTero and a modelscanner, Am. J. Orthod. 2013 144:471-478, [9]
3. <http://www.ad-protech.com/index.php/product/7-autoscan-ds200-dental-3dscanner> (Letöltve 2018.1.20) [4]
4. <http://www.aligntech.com/solutions/itero> (Letöltve 2017.9.9) [18]
5. <http://www.bego.com/cadcam-solutions/hard-andsoftware/scanner/3shapescanner/3shape-e1/> (Letöltve 2017.11.15) [5]
6. <http://www.bellus3d.com/> (Letöltve 2018.1.19) [24]
7. [http://www.david-laserscanner.com/gfx/start/david\\_3d\\_scanner\\_4s.gif](http://www.david-laserscanner.com/gfx/start/david_3d_scanner_4s.gif) (2017.11.11) [20]
8. <http://www.orthodonticproductsonline.com/2013/07/going-digital/> (Letöltve:2017.11.9) [16]
9. [https://hu.wikipedia.org/wiki/3D\\_modellezés](https://hu.wikipedia.org/wiki/3D_modellezés) (Letöltve:2017.11.9) [2]
10. <https://ormco.com/about/press-release/05-04-13-pr.php> (Letöltve:2017.10.19) [15]
11. <https://www.3shape.com/products/trios/intraoralscanners#myModal>(Letöltve:2018.1.19) [19]
12. <https://www.creaform3d.com/en/metrology-solutions/handheld-portable-3dscanner-goscan-3d> (Letöltve:2018.1.9) [22]
13. <https://www.creaform3d.com/en/metrology-solutions/portable-3d-scannerhandyscan-3d>(Letöltve:2018.1.9) [21]
14. [https://www.glassdoor.com/job-listing/trademark-paralegal-align-technologyJV\\_IC1147436\\_K00,19\\_KE20,36.htm?jl=2533833006](https://www.glassdoor.com/job-listing/trademark-paralegal-align-technologyJV_IC1147436_K00,19_KE20,36.htm?jl=2533833006) (Letöltve:2017.11.19) [10]
15. <https://www.motionview3d.com/products.php> (Letöltve:2017.11.23) [23]
16. Kravitz D., Christian Groth, Perry E. Jones, John W. Graham, Ronald Redmond, Intraoral Digital Scanners, 2014 JCO, Inc Volume XLVIII Number 6. (Letöltve:2017.10.2) [8] <http://www.kravitzorthodontics.com/assets/pdfs/Intraoral-Digital-Scanners.pdf>
17. Langenbach GEJ, Hannam AG. The role of passive musculotensions in a three dimensional dynamic model of the human jaw. Arch Oral Bio 1999;44:557-73 [25]
18. Mörmann, W.H.; Brandestini, M.; Ferru, A.; Lutz, F.; and Krejci, I.: Marginale Adaptation von adhäsiven Porzellaninlays in vitro, Schweiz. Monatsschr. Zahnmed. 95:S.1118-1129, 1985 [7]
19. Szikszai László, Tetszőleges digitális fotózással kapcsolatos probléma feldolgozása – 3D modellezés/3D szkennelés. Debrecen, 2010 [3]
20. Szobieszek, R. A., Scultureasthe Sum of Its Profiles: Francois Willeme and Photosculpture in France. The Art Bulletin,1980, 4. pp. 617–630 [1]
21. Trademark of 3M Unitek, Monrovia, CA; (Letöltve: 2017.11.23) [13] [www.3Munitek.com](http://www.3Munitek.com)
22. Trademark of Align Technology, San Jose, CA; (Letöltve: 2017.11.23) [11] [www.aligntech.com](http://www.aligntech.com)
23. Trademark of Ora Metrix, Inc., Richardson, TX; (Letöltve: 2017.11.23) [12] [www.suresmile.com](http://www.suresmile.com).
24. Trademark of Ormco, Orange, CA; (Letöltve: 2017.11.23) [14] [www.ormco.com](http://www.ormco.com)
25. William E. Harrell, David C. Hatcher, Raymond L. Bolt, Insearch of anatomic truth: 3-dimensional digital modeling and the future of orthodontics. Alecander City, Ala, and Sacramento, California, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2002, October, DOI: 10.1067/mod.2002.126147, [6]