# User Experience of Digital Dental Technologies in dentistry

## Doktori értkezés

**TAMÁS HEGEDÜS**

Semmelweis Egyetem Doktori Iskola

Fogorvostudományi kutatások

Témavezetők: Prof. Dr. Hermann Péter, DMD, Ph.D., D.Sc.
Dr. Végh Dániel Csaba, DMD, Ph.D.

Hivatalos bírálók: Dr. Huszár Tamás, MD, Ph.D.
Dr. Bozsányi Szabolcs, MD, Ph.D.

A komplex vizsga bizottságának elnöke:
Prof. Dr. Gerber Gábor, DMD, Ph.D., D.Sc.

A komplex vizsga bizottságának tagjai:
Prof. Dr. Joób-Fancsaly Árpád, DMD, Ph.D., D.Sc.
Dr. Nagy Ákos Károly, DMD, Ph.D.

Budapest, 2026

# 1. BEVEZETÉS

A digitális technológiák a korszerű fogászati gyakorlat szerves részévé váltak. A számítógéppel támogatott tervezés és gyártás (CAD/CAM) fejlődése számos analóg munkafázist digitális adatgyűjtéssel, virtuális tervezéssel és számítógép-vezérelt gyártással váltott fel. A teljes digitális munkafolyamat általában három elemet foglal magában: a klinikai információk rögzítését, a számítógéppel támogatott tervezést és a gyártást. Az intraorális szkennerek (IOS) közvetlen optikai lenyomatvételt tesznek lehetővé, míg a szubtraktív és az additív gyártás a virtuális terveket fizikai restaurátumokká, készülékekké vagy modellekké alakítja.Az IOS fényt vetít a szájüregi képletekre, és egymást követő képfelvételeket rögzít. A szoftver ezeket az adatokat pontfelhőkké és háromszög-hálókból álló felszínmodellekké alakítja, amelyek a hagyományos lenyomatok és gipszminták virtuális alternatívái. Az IOS-technológiát napjainkban a restauratív fogászatban, a fogpótlástanban, a fogszabályozásban, az implantológiában, az endodontiában és a szájsebészetben egyaránt alkalmazzák. Ismert előnyei közé tartoznak a rövidebb lenyomatvételi idő, a csökkent garatreflex, a hibás területek egyszerűbb ismételt rögzítése, az azonnali megjelenítés, valamint a rendelő és a fogtechnikai laboratórium közötti hatékony információátadás. Ezek az előnyök függenek az operátortól, a klinikai indikációtól és a szkennert körülvevő digitális ökoszisztémától. A teljes fogívek, a fogatlan területek vagy a kiterjedt, implantátumokon elhorgonyzott restaurátumok szkennelése továbbra is kihívást jelenthet, mivel a beolvasott terület növekedésével az illesztési hibák összeadódhatnak. A nedvesség, a korlátozott hozzáférés, a

fényvisszaverő felszínek és a páciens mozgása szintén befolyásolhatja az adatgyűjtést. Az újabb eszközgenerációk sebessége és pontossága jelentősen eltérhet, és egyes készülékek alkalmasabbak a teljes fogív digitális lenyomatozására, mint mások. A tanulási görbe ezért továbbra is meghatározó: a hatékony szkennelés reprodukálható munkamenetet, megfelelő lágyrészkezelést és a szoftver magabiztos használatát igényli.

Az IOS kereskedelmi piaca gyorsan bővült; az elérhető eszközök adatgyűjtési elvükben, előfizetési modelljükben, szoftverkörnyezetükben, szervizfeltételeikben és beszerzési árukban is különböznek. A laboratóriumi és klinikai pontossági vizsgálatok nélkülözhetetlenek, de nem képesek teljes körűen leírni egy szkenner teljesítményét a mindennapi gyakorlatban. A beszerzési döntéseket és a hosszú távú elégedettséget az oktatás, a műszaki támogatás, a fenntartási költségek, a hozzáférhetőség, valamint a meglévő tervezési és gyártási rendszerekkel való kompatibilitás is befolyásolhatja. A független, felhasználók által közölt adatok feltárhatják a bevezetés e gyakorlati meghatározó tényezőit.

Az additív gyártás, közismert nevén a háromdimenziós (3D) nyomtatás során a tárgy digitális fájlból, az anyag rétegről rétegre történő felépítésével készül. A fogászatban leggyakrabban a kádas fotopolimerizációs eljárásokat, például a sztereolitográfiát és a digitális fényfeldolgozást alkalmazzák, ugyanakkor az olvasztott rétegzéses modellezésnek, a szelektív lézerszinterezésnek és más technikáknak is vannak speciális felhasználási területei. A szubtraktív gyártással összehasonlítva az additív előállítás csökkentheti az anyagveszteséget, lehetővé teheti több tárgy egyidejű gyártását, valamint olyan geometriák kialakítását, amelyek marással nehezen lennének előállíthatók.

A fogászati 3D nyomtatást fogpótlástani és fogszabályozási modellek, sebészi sablonok, okklúziós sínek, ideiglenes és végleges restaurátumok, teljes lemezes fogpótlások, egyéni kanalak, kiégethető minták és egyéb készülékek előállítására használják. Egy rendszer gyakorlati teljesítményét nem kizárólag maga a nyomtató határozza meg. A hardver, a szeletelőszoftver, a validált anyagparaméterek, a gyanta kezelése, a mosás, az utópolimerizáció és a finírozás egymástól függő munkafolyamatot alkot. Bármely szakaszban bekövetkező hiba vagy nem validált módosítás befolyásolhatja a méretpontosságot, a mechanikai tulajdonságokat, a biokompatibilitást és a klinikai kiszámíthatóságot. A biokompatibilis és a nem biokompatibilis anyagokhoz indokolt lehet külön berendezések alkalmazása. Az oldószerek és az egyszer használatos anyagok környezetvédelmi aggályokat is felvetnek. Ebből következően a nyomtatás sebessége önmagában nem jellemzi a teljes gyártási időt, a költségeket vagy a munkafolyamat fenntarthatóságát. A gyártók nélkülözhetetlen műszaki specifikációkat közölnek, ezek az adatok azonban rendszerint standardizált körülmények között keletkeznek, és természetszerűleg a bemutatott rendszerre összpontosítanak. A mindennapi felhasználók ennél szélesebb eredménykört értékelnek: a beszerzés és az üzemeltetés egyszerűségét, a megbízhatóságot, a nyomtatási hibákat, az anyagválasztékot és az anyagárakat, a szoftverkompatibilitást, a szervizt, az oktatást, a karbantartást, az utófeldolgozás terheit és a befektetés megtérülését. A jelen értekezés az IOS- és 3D-nyomtató rendszerek nemzetközi felhasználóinak független tapasztalatait vizsgálta.

## 2. CÉLKITŰZÉSEK

Az értekezés fő célja annak vizsgálata volt, hogy a digitális fogászat két meghatározó technológiáját az intraorális szkennereket és a 3D-nyomtató rendszereket miként alkalmazzák és hogyan ítélik meg a mindennapi fogászati gyakorlatban. A vizsgálatok célja olyan független, gyakorlati tapasztalatokon alapuló információk szolgáltatása volt, amelyek kiegészítik a gyártói specifikációkat és a kontrollált műszaki vizsgálatokat.

1. **hipotézis.** Az IOS- és 3D-nyomtató rendszerek széles körben beépültek a fogászati gyakorlatba, bevezetésüket azonban a hozzáférhetőség, a költségek, az oktatás és a karbantartással kapcsolatos tényezők befolyásolják.
2. **hipotézis.** A felhasználók jelentős klinikai és munkafolyamatbeli előnyökről számolnak be, ugyanakkor műszaki, pénzügyi és szervezeti korlátokat is azonosítanak.
3. **hipotézis.** A felhasználói tapasztalatot nemcsak az eszköz műszaki képességei, hanem a könnyű használhatóság, a megbízhatóság, a szoftverintegráció, a támogatás és az észlelt klinikai hasznosság is meghatározza.

# 3. MÓDSZEREK

## 3.1 Vizsgálati módszertan

Az értekezés két nemzetközi, keresztmetszeti, online kérdőíves vizsgálaton alapult. Az első vizsgálat az IOS-rendszerek klinikai alkalmazását és az észlelt teljesítményét elemezte. A második a 3D nyomtatás elterjedtségét, gyakorlati alkalmazását és felhasználói megítélését értékelte fogászati rendelőkben és laboratóriumokban. Mindkét kutatás megfigyeléses kérdőíves elrendezést alkalmazott annak érdekében, hogy a digitális fogászatban dolgozó szakemberektől független, valós gyakorlati visszajelzéseket gyűjtsön.

## 3.2 Vizsgálati populáció és beválaszthatóság

Az IOS-kérdőív 109 országot képviselő nemzetközi fogászati közösséget célzott meg. Az elemzés 1072 beválasztható válaszadó adatait tartalmazta. Kizárásra kerültek a hiányosan kitöltött kérdőívek, az e-mail-címek alapján azonosított ismételt beküldések, valamint a fogászati szakmai vagy oktatási háttérrel nem rendelkező személyek válaszai. Szintén kizárásra kerültek azok az adminisztratív munkatársak, iparági szakértők és fogászati rendelői dolgozók, akik nem tartoztak a klinikai fogászati közösséghez.

A 3D nyomtatással kapcsolatos felmérés 80 országból toborzott résztvevőket. A beválasztható válaszadók közé fogászati szakemberek, valamint a fogászati oktatásban, klinikai gyakorlatban, fogászati technológiában, laboratóriumi eljárásokban vagy a fogászati iparban tevékenykedő személyek tartoztak. A beérkezett 924 válaszból 499 teljes és érvényes kérdőívet válogattunk be a megadott kritériumok alapján. A hiányos űrlapokat, az ismételt beküldéseket, valamint a fogászati szakmai vagy oktatási háttérrel nem rendelkező személyek válaszait kizártuk.

### 3.3 A kérdőívek kidolgozása

Mindkét kérdőív angol nyelven készült, és számítógépen, tableten, illetve mobiltelefonon történő kitöltésre optimalizáltuk. Az IOS-kérdőív két fő részből állt. Az első demográfiai és szakmai adatokat, korábbi IOS-tapasztalatot, észlelt pontosságot és rendelőn belüli CAD/CAM-használatot mért fel. A második egy kiválasztott szkennerre vonatkozott, és a beszerzést, az oktatást, a hozzáférhetőséget, a használati gyakoriságot, az elégedettséget, a szervizköltségeket és a hátrányokat vizsgálta.

A 3D nyomtatással kapcsolatos kérdőív szintén két részből állt. Az első 38 tétele a szakmai jellemzőket, az eszköztulajdonságokat, a munkaszervezést, a beruházási terveket, a nyomtatási tapasztalatot, a munkafolyamatok validálását, az alkalmazási területeket, az utófeldolgozást és a CAD-szoftvereket vizsgálta. A második rész 28, a kiválasztott nyomtatóra vonatkozó eszközspecifikus kérdést tartalmazott a beszerzésről és oktatásról, a szállításról, az anyagokról, a karbantartásról, a hátrányokról és az elégedettségről. Feleletválasztós kérdéseket, Likert-skálás értékelési rendszert és szabad szöveges mezőket alkalmaztunk.

### 3.4 Toborzás és adatgyűjtés

Az IOS-kérdőívet az új-zélandi Wellingtonban működő Institute of Digital Dentistry kommunikációs csatornáin keresztül terjesztettük. A felmérés hivatkozását az intézet hírlevelében és szakmai közösségimédia-felületein, köztük az Instagramon, a Facebookon és a LinkedInen osztottuk meg. Az adatgyűjtés 2022 októbere és novembere között egy hónapon át zajlott.

A 3D nyomtatással kapcsolatos felmérést az Institute of Digital Dentistry és a Semmelweis Egyetem Fogpótlástani Klinikája közösen végezte. A kérdőív hivatkozását szervezeti hírlevelekben és szakmai közösségimédia-csatornákon terjesztettük. Az adatgyűjtés 2024 augusztusa és októbere között zajlott. A 95%-os konfidenciaszinttel és 7%-os hibahatárral végzett előzetes mintanagyság-számítás legalább 197 teljes választ tett szükségessé; a végleges, 499 fős minta meghaladta ezt a küszöbértéket.

# 4. EREDMÉNYEK

## 4.1 Vizsgálati populációk és a válaszadók jellemzői

Az IOS-felmérésre 1751 válasz érkezett. 679 résztvevő (38,8%) kizárása után 1072 válaszadó (61,2%) maradt az elemzésben. A megtartott minta 109 országot fedett le. A válaszok 17,4%-a (n = 186) Indiából, 11,4%-a (n = 122) az Egyesült Államokból, 4,9%-a (n = 52) Egyiptomból, 4,0%-a (n = 43) Ausztráliából és 3,9%-a (n = 42) Kanadából érkezett. Az általános fogorvosok aránya 75,8% (n = 813), a szakorvosoké 16,2% (n = 174), a fogtechnikusoké 4,7% (n = 50), a hallgatóké 2,3% (n = 25), az asszisztenseké 0,7% (n = 7), a dentálhigiénikusoké pedig 0,3% (n = 3) volt.

A 3D nyomtatással kapcsolatos felmérésre 924 válasz érkezett. A 415 részlegesen kitöltött kérdőív (44,9%) és tíz ismételt beküldés (1,1%) eltávolítása után 80 országból 499 érvényes kérdőív maradt. A válaszok 20,2%-a (n = 101) az Egyesült Államokból, 8,6%-a (n = 43) Ausztráliából, 8,0%-a (n = 40) Indiából, 5,4%-a (n = 27) Kanadából és 3,8%-a (n = 19) Új-Zélandról érkezett. Az átlagéletkor 45 ± 11,8 év, az átlagos szakmai tapasztalat pedig 20 ± 11,8 év volt. Legnagyobb részben a vizsgálatban fogorvosok 57,9% (n = 289), a fogszakorvosok 20,8% (n = 104), és fogtechnikusok 7,4% (n = 37) vettek részt. Foglalkoztatási forma szempontjából a rendelőtulajdonosok alkották a kérdőívben résztvevő legnagyobb csoportot. (61,6%, n = 271).

## 4.2 Az intraorális szkennerek használata, tapasztalata és észlelt pontossága

A válaszadók 78,8%-a (n = 845) rendelkezett a napi munkában szerzett IOS-tapasztalattal, míg 21,2%-uknak (n = 227) nem volt ilyen tapasztalata. A felhasználók 34,3%-a egy-három éve, 25,3%-a egy évnél rövidebb ideje, 17,9%-a több mint öt éve, 12,9%-a három-öt éve, 9,6%-a pedig egy hónapnál rövidebb ideje használt IOS-technológiát. A válaszadók átlagosan 1,5 ± 0,9 szkennerrel rendelkeztek.

Az önértékelt kompetenciaszint a következőképpen oszlott meg: 24,7% (n = 209) tapasztalt, 45,7% (n = 386) középhaladó, 29,6% (n = 250) pedig kezdő felhasználónak tartotta magát. A leggyakoribb indikáció a rögzített fogpótlások készítése volt, amelyet az IOS-felhasználók 85,6%-a (n = 723) jelzett. Harminchat különböző szkennerrendszer szerepelt a mintában, ami a piac jelentős heterogenitását mutatja.

A használati gyakoriság magas volt. A válaszadók csaknem fele, 49,5%-a (n = 554) naponta, 27,1%-a (n = 303) pedig hetente két-három alkalommal használta a kiválasztott szkennert. Heti használatról 9,7% (n = 108), havi két-három alkalomról 4,6% (n = 51), havi használatról 3,6% (n = 40), havinál ritkább használatról pedig 5,6% (n = 63) számolt be.

A résztvevők többsége a jelenlegi digitális munkafolyamatot pontosabbnak tartotta a hagyományos lenyomatvételi módszereknél: 81,9% (n = 878) az IOS-technológiát, 18,1% (n = 194) pedig a hagyományos eljárásokat részesítette előnyben. Mindössze 0,9% (n = 10) vélte úgy, hogy a digitális technológia a jövőben nem válik pontosabbá. Az eredmények a digitális lenyomatok iránti erős bizalmat jelzik, ugyanakkor észlelt, nem pedig műszeresen mért pontosságot tükröznek.

## 4.3 IOS-beszerzés, elégedettség és jelzett korlátok

A válaszadók 68,6%-a (n = 768) saját maga szerezte be a szkennerét és 40,1%-uk (n = 457) pedig a vásárlás előtt képzésen vett részt. A kiválasztott eszköz melletti döntés leggyakoribb oka a kollégák ajánlása volt (26,2%), amelyet a feltételezett pontosság (19,4%), a márka hírneve (16,0%), az ár (15,8%) és a szoftver kialakítása (14,5%) követett.

| Szkenner | n | Összesített | Sebesség | Támogatás | Hozzáférés | Ár |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Medit i700 | 179 | 4,50 | 4,47 | 4,30 | 4,27 | 4,14 |
| 3Shape TRIOS 3 | 162 | 4,19 | 4,22 | 3,70 | 4,02 | 3,26 |
| Dentsply Sirona Primescan | 121 | 4,49 | 4,52 | 3,88 | 4,23 | 3,51 |
| CEREC Omnicam | 106 | 3,68 | 3,46 | 3,50 | 3,89 | 3,10 |
| Medit i500 | 106 | 4,24 | 3,86 | 4,02 | 4,37 | 3,95 |
| 3Shape TRIOS 4 | 60 | 4,35 | 4,38 | 3,72 | 4,09 | 3,55 |
| iTero Element 2 | 42 | 3,76 | 3,62 | 3,95 | 3,86 | 3,24 |
| Medit i600 | 39 | 4,41 | 4,31 | 4,31 | 4,22 | 4,22 |
| Shining 3D Aoralscan 3 | 39 | 4,15 | 4,44 | 4,05 | 4,35 | 4,12 |
| Medit i700 Wireless | 31 | 4,77 | 4,77 | 4,61 | 4,45 | 4,55 |
| iTero Element 5D Plus | 28 | 4,25 | 4,29 | 4,04 | 4,32 | 3,36 |
| 3DISC Heron IOS | 25 | 3,64 | 3,52 | 3,68 | 4,29 | 4,00 |
| Dexis Carestream CS 3600 | 17 | 3,47 | 3,18 | 3,29 | 4,20 | 3,00 |
| iTero Element 5D | 17 | 3,94 | 4,06 | 3,88 | 4,50 | 3,17 |
| Straumann Virtuo Vivo | 16 | 3,86 | 3,56 | 3,94 | 4,44 | 4,44 |
| Planmeca Emerald S | 13 | 4,00 | 3,92 | 4,31 | 4,17 | 3,17 |
| Eighteeth Helios 600 | 12 | 4,25 | 4,25 | 4,00 | 4,38 | 4,13 |
| iTero Element Flex | 11 | 4,27 | 4,36 | 4,27 | 4,60 | 4,00 |
| Panda P2 | 11 | 4,09 | 4,09 | 3,91 | 4,22 | 4,33 |
| Planmeca Emerald | 11 | 3,90 | 3,82 | 4,36 | 4,20 | 3,30 |
| 3Shape TRIOS 5 | 10 | 4,00 | 3,90 | 3,70 | 3,50 | 3,17 |

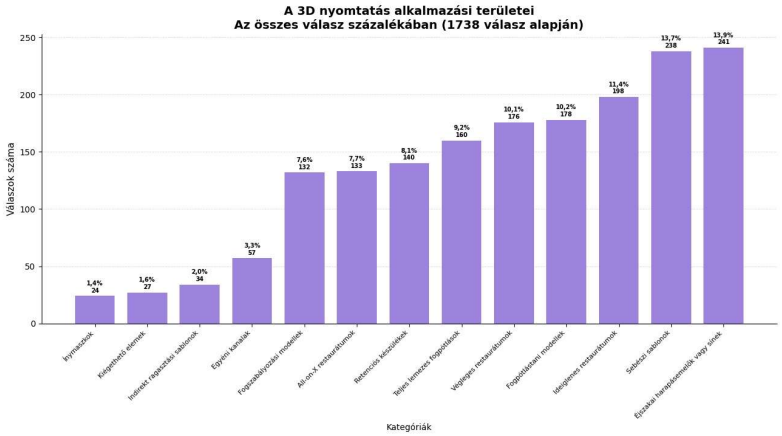
*1. táblázat. Az IOS-rendszerek felhasználói értékelése ötfokú skálákon; a tíznél kevesebb értékeléssel rendelkező modelleket kizártuk (Al-Hassiny és mtsai., 2023).*

A leggyakrabban említett hátrány az ár volt (29,8%, n = 333), ezt követte a szkennelési sebesség (13,9%), a szoftver (10,3%), a támogatás (8,0%) és az oktatás (7,1%); 17,6% nem jelzett jelentős hátrányt. Az éves költségek széles tartományban mozogtak, ugyanakkor 53,1% nem fizetett karbantartási díjat. Az összesített értékelés a Medit i700 Wireless (4,77), a Medit i700 (4,50) és a Dentsply Sirona Primescan (4,49) esetében volt a legmagasabb (1. táblázat).

### 4.4 A 3D nyomtatás elterjedtsége és alkalmazási területei

A válaszadók háromnegyede (75,6%, n = 377) a 3D nyomtatást pontosabbnak ítélte a hagyományos munkafolyamatoknál; 9,8% (n = 49) nem értett egyet ezzel, 14,6% pedig bizonytalan volt ($p < 0,001$). A válaszadók 35,7%-a (n = 178) csak 3D nyomtatóval, 5,6%-a (n = 28) csak marógéppel, 34,9%-a (n = 174) mindkét technológiával rendelkezett, míg 23,8%-uknak (n = 119) egyik eszköz sem állt rendelkezésére. A válaszadók átlagosan 2,9 ± 7,7 nyomtatóról és 2,4 ± 5,2 marógépről számoltak be.

A fogászati 3D nyomtatással kapcsolatos átlagos tapasztalat 3,5 ± 2,9 év volt, és a felhasználók többsége legalább egyéves tapasztalattal rendelkezett. A leggyakrabban jelzett alkalmazások az éjszakai harapásemelők (13,9%, n = 241) és a sebészi sablonok (13,7%, n = 238) voltak. Az ideiglenes restaurátumok aránya 11,4% (n = 198), a fogpótlástani modelleké 10,2% (n = 178), a végleges restaurátumoké pedig 10,1% (n = 176) volt. A teljes lemezes fogpótlások (9,2%), az all-on-X restaurátumok (7,7%) és a fogszabályozási modellek (7,6%) szintén gyakoriak voltak (1. ábra). Egyéni kanalakról, kiégethető komponensekről, ínymaszkokról és ragasztási sablonokról ritkábban számoltak be.




*1. ábra. A fogászati 3D nyomtatás feleletválasztós kérdőívben jelzett alkalmazási területei (Hegedüs és mtsai., 2025).*

A jelzett indikációk széles köre azt mutatja, hogy az additív gyártás nem korlátozódott a modellkészítésre. Diagnosztikai, sebészi és végleges fogpótlástani munkafolyamatokat egyaránt támogatott. Az alkalmazások megoszlása ugyanakkor arra utal, hogy a kiszámítható protokollok és az anyagspecifikus tapasztalatok továbbra is fontosak, ha a nyomtatott fogpótlásokat végleges használatra szánják.

### 4.5 Munkafolyamat-integráció, beruházás és költségek

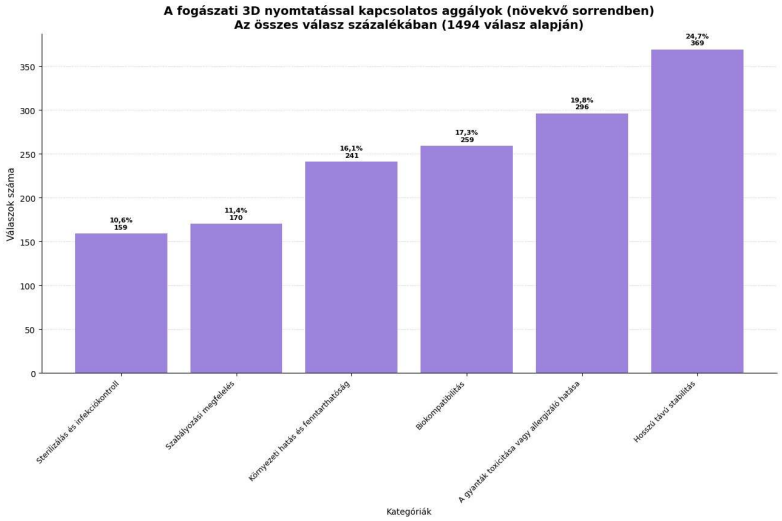
Az IOS-vizsgálatban 38,6% (n = 414) házon belül végzett CAD-eljárásokat, 31,5% (n = 338) pedig saját CAM-berendezéssel rendelkezett. A válaszadók 11,8%-ának marógépe és 3D nyomtatója is volt, 9,8% csak marógéppel, 10,0% pedig csak 3D nyomtatóval rendelkezett. A szoftverköltségek az ingyenes csomagoktól a 20 000 USD-t meghaladó összegekig terjedtek, és a CAD-felhasználók 40,3%-a ingyenes frissítésekről számolt be.

A 3D-nyomtatási vizsgálatban a válaszadók körülbelül kétötöde legalább részben kiszervezte a munkáját. Az eszközzel nem rendelkezők körében az eszközök költsége jelentette a legfőbb akadályt (27,9%, n = 77), ezt a képzett személyzet hiánya (16,7%), az elégtelen oktatás (14,5%), a megbízhatatlan támogatás (11,2%) és a külső laboratóriumokkal való elégedettség (9,4%) követte. Az eredmények arra utalnak, hogy a technológia bevezetése a hardverek hozzáférhetősége mellett a szervezeti kapacitástól is függ.

A beruházási szándék erős volt. Összesen 35,9% (n = 179) kizárólag 3D nyomtatásba, 3,4% (n = 17) kizárólag marásba, 37,9% (n = 189) pedig mindkét technológiába kívánt beruházni. A beruházást fontolgatók 64,2%-a tizenkét hónapon belüli vásárlást tervezett, míg 24,7% bizonytalan volt az időzítésben. A validált munkafolyamatok jelentősen növelhetnék a bizalmat: 46,5% (n = 232) nyilatkozott úgy, hogy magabiztosan beruházna, további 40,3% (n = 201) pedig valószínűleg beruházna, ha validált munkafolyamatok állnának rendelkezésre.

### 4.6 Utófeldolgozás, biztonság és eszközszintű tapasztalat

Az UV-utópolimerizáló egységek (22,9%, n = 323) és a mosóállomások (20,7%, n = 292) voltak a leggyakrabban jelzett utófeldolgozó eszközök. A mindkét berendezéssel rendelkező felhasználók 67,8%-a azonos márkájú mosó- és utópolimerizáló berendezést vásárolt ($p < 0,05$). A többség követte a gyártói utasításokat (89,5%, n = 324), és 97,0% 60 percen belül befejezte az utófeldolgozást. A biokompatibilis anyagokhoz 45,3% (n = 156) használt külön berendezést, míg 32,0% valamennyi gyantához ugyanazt az eszközt alkalmazta. Az izopropil-alkoholt használók mindössze 19,7%-a számolt be annak újrahasznosításáról; 58,7% nem hasznosította újra.




*2.. ábra. A fogászati 3D nyomtatással kapcsolatos legfontosabb aggályok (Hegedüs és mtsai., 2025).*

A legfőbb aggályok a hosszú távú stabilitással (24,7%, n = 369), a gyantákhoz kapcsolódó toxicitással vagy allergiás reakciókkal (19,8%, n = 269), valamint a biokompatibilitással (17,3%, n = 259) függtek össze (2. ábra). A válaszok hangsúlyozzák a validált utófeldolgozás, a munkavédelem és a független, hosszú távú klinikai bizonyítékok jelentőségét.




*3. ábra. A kiválasztott 3D-nyomtató-modellek átlagos elégedettségi értékelése; a sötétebb színek nagyobb elégedettséget jeleznek (Hegedüs és mtsai., 2025).*

Az eszközszintű tapasztalatot bemutató ábra (3. ábra) nyolc kiválasztott 3D-nyomtató-modell felhasználói értékelését hasonlítja össze a használhatóság, a támogatás, az oktatás, a sebesség, a megbízhatóság, az ár, valamint a gyanták minősége és költsége alapján. Az összesített átlagértékelés a Primeprint esetében volt a legmagasabb (4,22), amelyet a Form 4B (4,12) és a Pro 55 S (4,04) követett. Alacsonyabb értékelést kapott a Mighty 8K (3,39), az AccuFab-L4D/L4K (3,32) és a Photon Mono 4K (3,25).

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK

Az értekezés nemzetközi áttekintést nyújt az intraorális szkennerekkel és a 3D-nyomtató rendszerekkel kapcsolatos felhasználói tapasztalatokról. Az IOS-vizsgálat 109 ország 1072 válaszadóját, a 3D-nyomtatási vizsgálat pedig 80 ország 499 válaszadóját foglalta magában, így ezek a saját témájuk eddigi legnagyobb független nemzetközi felmérései.

**1. vizsgálat - Intraorális szkennerek**

Az IOS-technológiát kedvezően ítélték meg, és széles körben alkalmazták a rutin fogászati ellátásban, különösen digitális lenyomatvételre és rögzített fogpótlások készítésére. A válaszadók többsége a digitális módszereket pontosabbnak tartotta a hagyományos alternatíváknál, bár az észlelt pontosság nem azonos a mért helyességgel vagy precizitással.

A szkenner kiválasztását a kollégák ajánlása, a várható pontosság, a márka hírneve, az ár és a szoftver befolyásolta. A sebesség, az oktatás, a karbantartás, a támogatás és a munkafolyamattal való kompatibilitás hatást gyakorolt a hosszú távú elégedettségre, ami kiemeli a szakmai tapasztalatok és az átlátható teljes élettartamra vetített költségek jelentőségét.

**2. vizsgálat - 3D nyomtatás**

A fogászati 3D nyomtatás számos fogpótlástani, sebészi, fogszabályozási és diagnosztikai alkalmazásban nyújt lehetőséget. Az eszközválasztást a könnyű használhatóság és a nyomtatási minőség irányította, miközben a költségek, az elégtelen oktatás, a képzett személyzet hiánya és a megbízhatatlan támogatás továbbra is akadályt jelentett. A validált munkafolyamatok jelentősen növelték a beruházási hajlandóságot.

Az additív gyártást teljes folyamatként kell értékelni, a tervezéstől és az anyagválasztástól a mosáson, az utópolimerizáción át a minőségbiztosításig. A közösen használt utófeldolgozó berendezések és az oldószerek alacsony újrahasznosítási aránya lehetőséget biztosítanak a biztonság és a fenntarthatóság javítására. A hosszú távú stabilitás, a nyomtató anyagok toxicitása és a biokompatibilitás további független klinikai bizonyítékokat igényel.

Összességében a valós gyakorlatból származó felhasználói tapasztalat kiegészíti a laboratóriumi vizsgálatokat és a gyártói adatokat, ezért figyelembe kell venni a kiszámítható, hozzáférhető és standardizált digitális munkafolyamatok fejlesztése során.

## 6. A JELÖLT PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉKE

### Az értekezéshez kapcsolódó közlemények

1. Hegedüs T, Al-Hassiny A, Dickie J, Bencze B, Samaranayake L, Géczi Z, et al. User experience of 3D printing in dentistry: a transnational questionnaire survey. J Dent. 2025;163:106200. doi:10.1016/j.jdent.2025.106200.
2. Al-Hassiny A, Végh D, Bányai D, Végh Á, Géczi Z, Borbély J, et al. User experience of intraoral scanners in dentistry: transnational questionnaire study. Int Dent J. 2023;73(5):754-759. doi:10.1016/j.identj.2023.04.002.

### Egyéb közlemények

3. Róna V, Bencze B, Agócs G, Hegyi P, Kelemen K, Hegedüs T, et al. Antimicrobial efficacy of chitosan vs. sodium hypochlorite against Enterococcus faecalis: a systematic review and meta-analysis. Medicina (Kaunas). 2026;62(8):1491. doi:10.3390/medicina62081491.
4. Bencze B, Sokolowski A, Lee JH, Hermann P, Hegedüs T, Kozuma W, et al. Comparing manual and ChatGPT deep research on systematic search and selection in the PubMed database on the topic of dental implantology. Int J Dent. 2025;2025:2677641. doi:10.1155/ijod/2677641.
5. Haba KS, Bencze B, Kammerhofer G, Ujpál M, Bányai D, Hermann P, et al. Locally delivered 1% metformin gel improves periodontal parameters: a systematic review and meta-analysis. Saudi Dent J. 2025;37(7-9):40. doi:10.1007/s44445-025-00045-8.

6. Lipták L, Lipták K, Hermann P, Rózsa NK, Somogyi KS, Végh Á, et al. Fogászati szűrővizsgálat fontossága a cukorbetegek ellátásában: a Semmelweis Egyetem Diabéteszes Fogászati Munkacsoportjának szerepe. Diabetol Hung. 2025;33(5):369-377. doi:10.24121/dh.2025.28.
7. Róth I, Géczi Z, Végh DC, Hegedüs T, Pál A, Hermann P, et al. The role of artificial intelligence in intraoral scanning for complete-arch digital impressions: an in vitro study. J Dent. 2025;156:105717. doi:10.1016/j.jdent.2025.105717.
8. Kammerhofer G, Végh D, Bányai D, Végh Á, Joób-Fancsaly Á, Hermann P, et al. Association between hyperglycemia and medication-related osteonecrosis of the jaw (MRONJ). J Clin Med. 2023;12(8):2976. doi:10.3390/jcm12082976.
9. Somogyi A, Végh D, Róth I, Hegedüs T, Schmidt P, Hermann P, et al. Therapy for temporomandibular disorders: 3D-printed splints from planning to evaluation. Dent J (Basel). 2023;11(5):126. doi:10.3390/dj11050126.
10. Bányai D, Végh Á, Biczó Z, Barone MTU, Hegedüs T, Végh D. Oral health knowledge and habits of people with type 1 and type 2 diabetes. Int Dent J. 2022;72(3):407-413. doi:10.1016/j.identj.2021.07.003.
11. Hegedüs T, Kreuter P, Kismarczi-Antalffy AA, Demeter T, Bányai D, Végh Á, et al. User experience and sustainability of 3D printing in dentistry. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(4):1921. doi:10.3390/ijerph19041921.

**Összesített IF: 31,1**