

Szegedi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar, Arc-, Állcsont és Szájsebészeti Klinika*,
DicomLab Kft., Szeged **

Navigáció alkalmazása az implantológiában: Összefoglaló áttekintés a pontossági adatok alapján

DR. BARRAK IBRAHIM ÁDÁM*, IFJ. DR. VARGA ENDRE**, DR. PIFFKÓ JÓZSEF*

A vizsgálat célkitűzése a statikus navigációs rendszerek pontosságának elemzése volt a nemzetközi irodalmi adatok alapján. Elektronikus irodalomkutatást végezve 661 publikációt találtunk a témában. A keresési feltételeknek legjobban megfelelő 139 absztrakt áttekintését követően 52 publikáció teljes elemzéséből 24 olyan tanulmányt választottunk ki, amelyek az implantátumok pozíciójának pontosságára vonatkozó adatokat tartalmaztak. A kiválasztott források közül tizennégy klinikai, tíz pedig in vitro (modell, cadaver) vizsgálat volt. Az adatok összehasonlítását varianciaanalízissel (Tukey-féle post-hoc teszt; $p < 0,05$) végeztük. 2819 esetet összesítve a belépési értékek átlaga 0,98 mm volt. Az apikális eltérések tekintetében ez a szám 1,29 mm volt, míg a szögeltéréseket vizsgálva 3,96°-ot kaptunk eredményül. Szignifikáns eltérést sikerült kimutatni az egyes behelyezési (részlegesen, és teljesen sablon által irányított) módszerek között az apikális távolság, belépési eltérés és a szögeltérés alapján. Az egyes paraméterek további vizsgálatára egy, illetve több vizsgálati központban zajló randomizált, kontrollált klinikai kísérletek szükségesek, amelyek megfelelnek az evidencia alapú tudás követelményeinek.

Kulcsszavak: implantológia, számítógépes tervezés, navigáció, implantációs sablon

A dentális implantáció a modern orális rehabilitáció szerves része, és az ennek háttérében álló osseointegrációs folyamatokat már több évtizede eredményesen kutatják [15, 24]. A különféle csontregenerációs technikáknak köszönhetően ma már olyan pácienseknél is sikeres lehet az implantáció, akiknél korábban implantációra alkalmatlannak ítélt anatómiai adottságokkal (jelentős csontpusztulás, nem megfelelő csontállomány) találkozott a kezelőorvos [5, 13]. Ezen technikák, illetve a fogászati és egyéb digitális technológiák fejlődésének köszönhetően a protetikai szempontból is megfelelően pozicionált dentális implantátumok behelyezése technikailag egyre biztosabbá válik. Az optimális implantátumpozíció számos előnnyel rendelkezik. Lehetővé teszi optimális fogpótlás elkészítését azáltal, hogy megteremt a helyes okklúzió és terhelés feltételeit, valamint elősegíti a protetikai és esztétikai helyreállítást. Az optimális helyzetben lévő implantátum túlélésének egyik legfontosabb feltétele, hogy körülötte három dimenzióban megfelelő mennyiségű és minőségű csont helyezkedjen el. Tehát az implantátum pozicionálásának kiemelkedő jelentősége van, emellett hozzájárulhat egy hosszú távon sikeres rehabilitációhoz.

A „cone-beam” komputertomográfia (CBCT) térnyerése az orális implantológiában áttörést eredményezett, hiszen ennek a háromdimenziós képet biztosító eszköznek a használata gazdaságosabb és kisebb sugárterheléssel jár, mint a hagyományos komputertomográf (CT)

berendezéseké [11, 14, 18]. Tervező szoftverrel párosítva, a CBCT képek felhasználása lehetővé teszi, hogy virtuálisan megtervezze a kezelőorvos az implantátum méreteit és helyzetét, különös tekintettel a környező anatómiai struktúrákra és a fogpótlástani elvárásokra [38]. Az említett tervezési folyamat eredményeit többféle módon lehet a digitális környezetből a valós klinikai szituációba átültetni. A tervezett implantátum-pozíciókat implantációs sablonokon, vagy valós idejű navigációs rendszer formájában lehet a klinikai környezetbe átvinni, és ott alkalmazni. Jung és mtsai ezeket a módszereket statikus és dinamikus eljárásoknak nevezték el, melyek azóta bevett nomenklaturaként kerülnek használatra [16]. Statikusak azok a rendszerek, melyek az előre meghatározott implantátum pozícióját implantációs sablonon keresztül valósítják meg. Ezzel szemben a dinamikus rendszerek a tervezett implantátumpozíció, a kézidarab, és a páciens képének egymáshoz viszonyított helyzetét egy számítógép monitorján keresztül közvetítik az operáló személy/személyzet számára. A valós idejű beavatkozást megvalósító rendszerekről jelenleg sokkal kevesebb adat áll rendelkezésre [12]. Ezek a rendszerek ma még rendkívül költségesek, használatuk nehézkes, és nem biztosítanak megfelelő taktilis érzetet az operáló személy számára. Fenti okok miatt, jelen tanulmányban a szerzők a statikus rendszerekre, azaz a sebészeti sablonok használatára koncentrálnak.

A különböző statikus rendszereket az implantációs fúróknak a vezetési tulajdonságai és az implantátum behelyezése alapján különíthetjük el. Ezáltal a statikus navigációnak három formáját különböztetjük meg:

- pilot megvezetés, pilot fúró használata, ami az implantátum fészket legkisebb átmérőben teljes mélységben munkálja meg;
- részleges megvezetés, aminek során a furat legnagyobb dimenziójának kialakítása történik, de az implantátum behelyezése szabad kézzel történik [7, 8, 10];
- teljes megvezetés: mind a furat kialakítása, mind pedig az implantátum behelyezése sablonon keresztül valósul meg [22, 28–30].

Ezenkívül a tervezett, és a ténylegesen behelyezett implantátumok pozícióinak összevetésére különféle pontosság-mérési technikák és módszerek lehettek fel az irodalomban. Némely forrás alapvonalbeli méréseket használ, mint a koronális és apikális pontok közötti méréseket. Mások térbeli, 3 dimenziós méréseket végeztek (x, y, z tengelyek mentén) [31]. A fent említett tulajdonságok összessége az egyes rendszerek közötti összehasonlítást, valamint az egységes áttekintést nehezíti meg.

Tanulmányunk célkitűzése, hogy a rendelkezésre álló irodalmat rendszerezzük a különféle pontossági mérések alapján, és egy összefoglaló áttekintést hozunk létre.

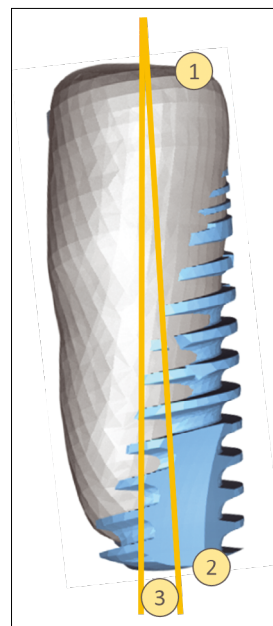
Anya és módszer

Elektronikus irodalomkutatást végeztünk a PubMed adatbázisában. A keresőben általunk használt szavak: dental, implant, implants, guid*, compute* voltak. A keresés az 1966-tól 2015-ig tartó időszakot ölelte fel [12, 16, 31]. A kiválasztás alapjait a 2009. évi és a 2014. évi International Team for Implantology (ITI) általi megegyezésen alapuló irányelvek [16, 31], valamint a 2015. évi European Association for Osseointegration (EAO) útmutatásai [12] képezték.

Ez a tanulmány azokat a statikus rendszerekről szóló forrásokat tartalmazza, melyeknél az összehasonlítást CT/CBCT felvételek alapján valósították meg. Nem vettük figyelembe azokat a publikációkat, melyek járomcsonti, ékcsoni, valamint orthodonciai implantátumokkal foglalkoztak. Azokat az elemzéseket tekintettük át, ahol vizsgálták a tervezett és a behelyezett implantátum-pozíciók közötti távolságbeli és szögeltéréseket. A klinikai vizsgálatoknak legalább 5 pácienszt kellett tartalmazniuk.

További alcsoportokat különböztettünk meg az alábbi feltételek alapján:

- A beavatkozáson átesett állcsontok fogazati státusza: teljes fogatlanság, részleges foghiány;
- Maxilla vagy mandibula;
- Lebonyképzéssel járó vagy transzgingivális műtéti technika;



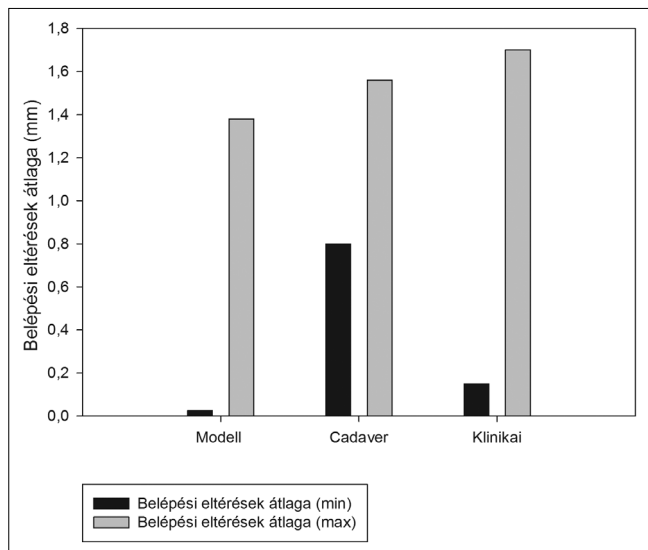
1. ábra: Tervezett és behelyezett implantátumok helyzetének összehasonlítására szolgáló pontok:
1. Belépési pont, 2. Apikális pont, 3. Szögeltérés

- A használt sablon megtámasztása, elhorgonyzása: nyálkahártya, nyálkahártyán rögzítőtűskékkel, csont, fogak, mini-implantátumok;
- Az implantátum behelyezésének módszere alapján: részleges vagy teljes megvezetés (ld. fent);
- A tanulmány kivitelezése alapján: klinikai, cadaver, modell.

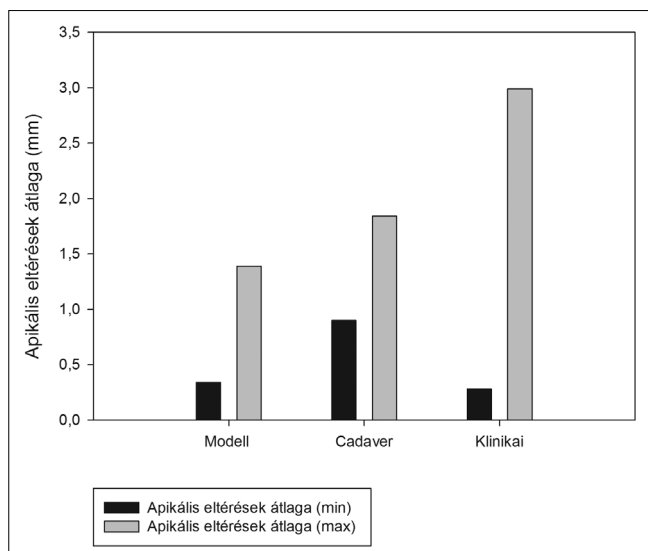
A tervezett és a beültetett implantátum helyzete közötti összehasonlítására, azaz a beavatkozások pontosságának megállapítására a legtöbb tanulmányban a következő mérőpontokat, referenciapontokat használtuk fel:

- A belépési pontnál lévő eltérés, melyet az implantátum koronális végének közepén mértek;
- Az implantátum csúcsánál található differencia, melyet az implantátum apikálisan lévő végének centrumában vizsgáltak;
- Szögbeli eltérés, melyet a tervezett és a megvalósult implantátum tengely-állításának az összehasonlításából lehet mérni (1. ábra).

A különféle publikációkban kapott eredmények egymással történő összevetése csak akkor lehetséges, ha a mérési módok ugyanazon paraméterek mentén történtek. Ennek elérése érdekében a Tahmaseb és mtsai által leírt módszereket használtuk [31]. A koronális és apikális referenciapontoknál történt mérések az esetek többségében hasonló módon lettek kivitelezve. A szögeltéréseket az elemzések fokban adták meg. A tervezett és a már behelyezett implantátumok közötti távolságok 3D-ban láthatók. Bizonyos szerzők különbséget tettek az egyes tengelyek között, ennek megfelelően az x tengely a bukko-lingvális, az y tengely a mezo-disz-



2. ábra: Belépési eltérések átlaga



3. ábra: Apikális eltérések átlaga

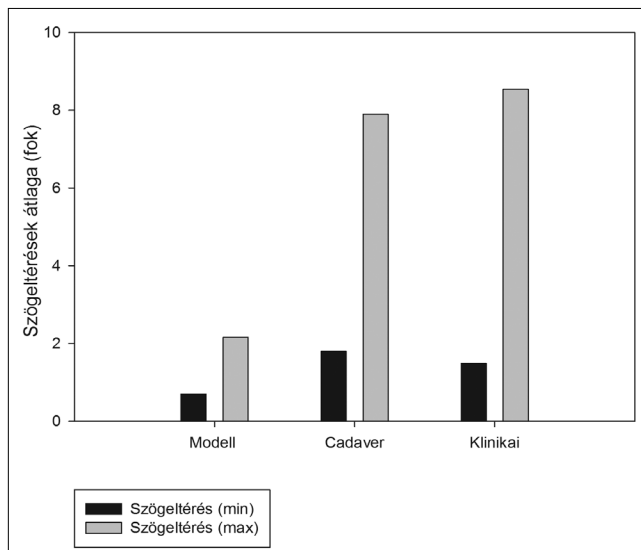
tális, míg a z tengely az apiko-koronális irányú kiterjedéseket jelentették [31].

Statistikai analízis

Az eredmények statisztikai értékelésére a minták nagyobb száma, valamint a különféle kategóriák alapján történő összehasonlítás miatt variancia analízist (ANOVA) végeztünk, post-hoc Tukey tesztet. Az eredményeket $p < 0,05$ esetén szignifikánsnak tekintettük.

Eredmények

A kezdeti keresés alapján 661 találatot kaptunk. Ebből 139 releváns absztraktot választottunk ki, melyek meg-



4. ábra: Szögeltérések átlaga

I. táblázat

24 értekezés részletes elemzése

Rendszer	Publikációk száma
SimPlant	6
Nobel Guide	6
StentCad	4
coDiagnostiX	2
Exe-plan	2
NeoGuide	2
Beyond	1
Implant 3D	1
Implant Viewer	1
Facilitate	1

feleltek a kritériumoknak. Ezt követően a szerzők átbeszélve, ezen publikációk közül 52 tanulmányt választottak ki a teljes körű áttekintésre.

Össességében, fenti kritériumok alkalmazása után 24 értekezés került kiválasztásra a részletes elemzés céljából (I. táblázat).

A források közül tizennégy klinikai, tíz pedig in vitro (modell, cadaver) vizsgálat volt. Az implantátumok száma az egyes vizsgálatokat tekintve 9 és 139 között változott a klinikai értékeléseket tekintve, míg a modell és cadaver elemzéseket tekintve ez a szám 4 és 145 volt. A felhasznált rendszerek számát nézve 9 rendszert különböztettünk meg, ezeket az információkat a II. táblázatban foglaltuk össze.

A tanulmányok kivitelezésének módjait vizsgálva kapott eredményeink a következők voltak:

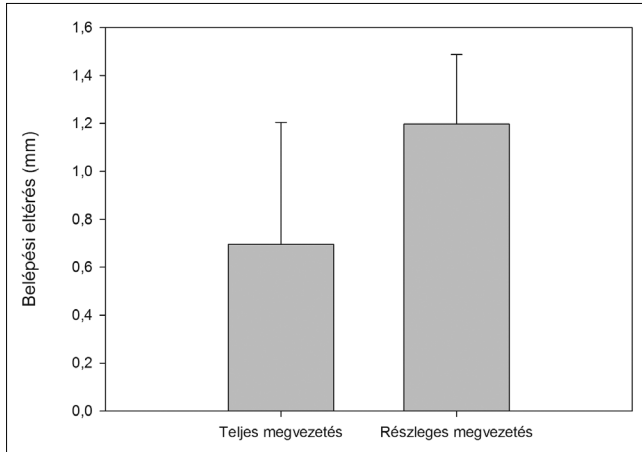
Modell tanulmányok: 74 esetben tapasztaltunk a belépési pontnál mért eltérést. Az itt kapott átlagos eltérések közötti különbség 0,025 és 1,38 mm között volt.

II. táblázat

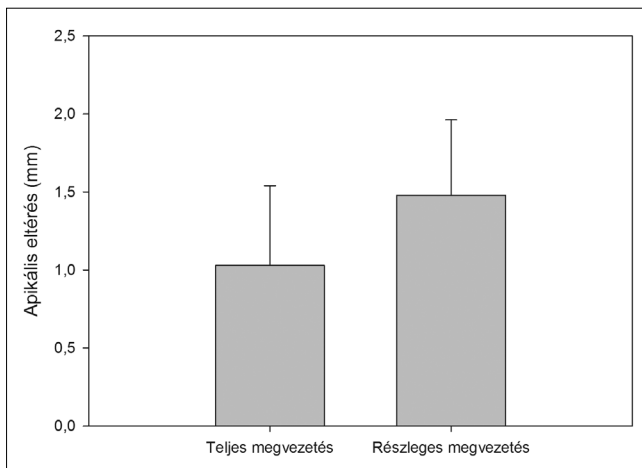
A felhasznált 9 rendszer információinak összefoglalása

Szerzők	Év	Tanulmány kivitelezése	Rendszer	Fogazat állapota	Állcsont	Sablon megtámasztása (csont/fog/nyálkahártya)
van Steenberghe és mtsai. [33]	2002	Cadaver	Nobel Guide	Teljes foghiány	Maxilla	Csont
Di Giacomo és mtsai. [7]	2005	Klinikai	SimPlant	Részleges foghiány	Mindkettő	Csont/Fog
van Assche és mtsai. [32]	2007	Cadaver	Nobel Guide	Részleges foghiány	Mindkettő	Fog+2x rögzítőtüske
Ersoy és mtsai. [10]	2008	Klinikai	StentCad	Mindkettő (részleges és teljes foghiány)	Mindkettő	Kombinált (nyálkahártya/csont/fog)
				Teljes foghiány	Mindkettő	Kombinált (nyálkahártya/csont/fog)
				Részleges foghiány	Mindkettő	Kombinált (nyálkahártya/csont/fog)
				Egy fog hiánya	Mindkettő	Kombinált (nyálkahártya/csont/fog)
				Mindkettő (részleges és teljes foghiány)	Mindkettő	Nyálkahártya
					Mindkettő	Fog
					Maxilla	Kombinált (nyálkahártya/csont/fog)
					Mandibula	Kombinált (nyálkahártya/csont/fog)
					Mindkettő	Csont
					Mindkettő	Kombinált (nyálkahártya/fog)
					Mindkettő	Kombinált (nyálkahártya/csont/fog)
Ruppin és mtsai. [26]	2008	Cadaver	SimPlant	Mindkettő (részleges és teljes foghiány)	Mandibula	Csont
Dreiseidler és mtsai. [9]	2009	Modell	Nobel Guide	Részleges foghiány	Mindkettő	Fog
Ozan és mtsai. [21]	2009	Klinikai	StentCad	Mindkettő (részleges és teljes foghiány)	Mindkettő	Kombinált (nyálkahártya/csont/fog)
					Maxilla	Kombinált (nyálkahártya/csont/fog)
					Mandibula	Kombinált (nyálkahártya/csont/fog)
					Mindkettő	Csont
					Mindkettő	Nyálkahártya
					Mindkettő	Fog
Arisan és mtsai. [1]	2010	Klinikai	SimPlant	Mindkettő (részleges és teljes foghiány)	Mindkettő	Nyálkahártya+rögzítőtüske
						Fog
						Csont
Arisan és mtsai. [1]	2010	Klinikai	StentCad	Mindkettő (részleges és teljes foghiány)	Mindkettő	Nyálkahártya+rögzítőtüske
					Mindkettő	Fog
					Mindkettő	Csont
Nickenig és mtsai. [19]	2010	Klinikai	coDiagnostiX	Részleges foghiány	Mandibula	Fog
				Részleges foghiány	Mandibula	Fog
Pettersson és mtsai. [23]	2012	Klinikai	Nobel Guide	Teljes foghiány	Mindkettő	Nyálkahártya+rögzítőtüske
					Maxilla	
					Mandibula	
Pettersson és mtsai. [22]	2010	Cadaver	Nobel Guide	Teljes foghiány	Mindkettő	Nyálkahártya+rögzítőtüske
					Maxilla	
					Mandibula	
Tahmaseb és mtsai. [30]	2010	Modell	Exe-plan	Teljes foghiány	Mandibula	Mini-implantátum
Viegas és mtsai. [36]	2010	Modell	NeoGuide	Teljes foghiány	Mandibula	Csont
Cassetta és mtsai. [4]	2013	Klinikai	SimPlant	Mindkettő (részleges és teljes foghiány)	Mindkettő	Kombinált (nyálkahártya/csont/fog)
						Kombinált (nyálkahártya/csont)+ rögzítőtüske
						Kombinált (nyálkahártya/csont/fog)
Ozan és mtsai. [20]	2011	Klinikai	StentCad	Mindkettő (részleges és teljes foghiány)	Maxilla	Nyálkahártya
					Mandibula	Nyálkahártya
					Maxilla	Nyálkahártya+rögzítőtüske
					Mandibula	Nyálkahártya+rögzítőtüske
Platzer és mtsai. [25]	2011	Klinikai	SimPlant	Részleges foghiány	Mandibula	Fog
Tahmaseb és mtsai. [29]	2011	Modell	Exe-plan	Részleges foghiány	Maxilla	Mini-implantátum
				Részleges foghiány	Maxilla	Mini-implantátum
Vasak és mtsai.[34]	2011	Klinikai	Nobel Guide	Mindkettő (részleges és teljes foghiány)	Mindkettő	Kombinált (nyálkahártya/fog) +rögzítőtüske
					Mindkettő	Kombinált (nyálkahártya/fog) +rögzítőtüske
Arisan és mtsai. [2]	2012	Klinikai	SimPlant & CBCT	Teljes foghiány	Mindkettő	Nyálkahártya+rögzítőtüske
			SimPlant & CT			
Behneke és mtsai. [3]	2012	Klinikai	Implant 3D	Részleges foghiány	Mindkettő	Fog
D'Haese és mtsai. [6]	2012	Klinikai	Facilitate	Teljes foghiány	Maxilla	Nyálkahártya+rögzítőtüske
Di Giacomo és mtsai. [8]	2012	Klinikai	Implant Viewer	Teljes foghiány	Mindkettő	Nyálkahártya+rögzítőtüske
					Maxilla	
					Mandibula	
Kuhl és mtsai. [17]	2012	Cadaver	coDiagnostiX	Mindkettő (részleges és teljes foghiány)	Mandibula	Kombinált (nyálkahártya/fog)
Soares és mtsai. [27]	2012	Modell	NeoGuide	Teljes foghiány	Mandibula	Nyálkahártya+rögzítőtüske

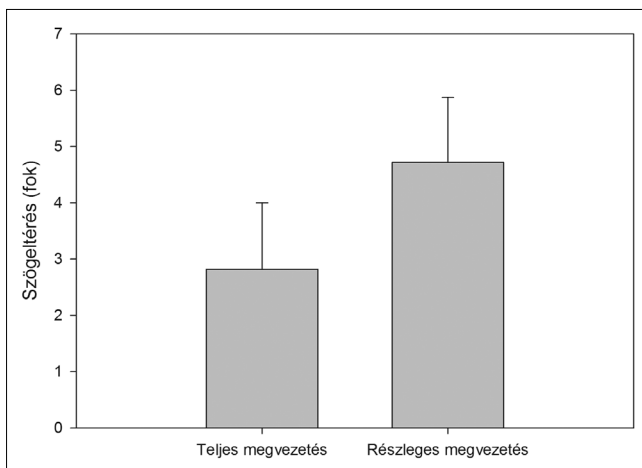
Implantátum elhelyezés (SZK = szabadkéz; S = teljesen sablon által irányított)	Implantátum szám (n)	Lebenyképzés	Belépési eltérés (mm) Átlag	Belépési eltérés (mm) SD	Apikális eltérés (mm) Átlag	Apikális eltérés (mm) SD	Szög eltérés (fokokban) átlag ± Szög eltérés (fokokban) SD
S	10	Igen	0,8	0,3	0,9	0,3	1,8 ± 1
SZK	21	Nem	1,45	1,42	2,99	1,77	7,25 ± 2,67
S	12	Igen	1,1	0,7	1,2	0,7	1,8 ± 0,8
SZK	94	Mix	1,22	0,85	1,51	1	4,9 ± 2,36
SZK	65	Mix	1,28	0,92	1,6	1,08	5,1 ± 2,59
SZK	20	Mix	1,23	0,67	1,59	0,74	4,78 ± 1,86
SZK	9	Mix	0,74	0,4	0,66	0,28	3,71 ± 0,93
SZK	23	Mix	1,1	0,7	1,7	1	4,9 ± 2,2
SZK	26	Mix	1,1	0,6	1,3	0,7	4,4 ± 1,6
SZK	48	Mix	1,04	0,56	1,57	0,97	5,31 ± 0,36
SZK	46	Mix	1,42	1,05	1,44	1,03	4,4 ± 0,31
SZK	45	Nem	1,3	1	1,6	1,5	5,1 ± 2,7
SZK	53	Nem	1,4	1	1,4	1,7	5 ± 2,6
SZK	41	Igen	1,1	0,6	1,4	1	4,7 ± 2
SZK	40	Nem	1,5	0,8			7,9 ± 5
S	24	Nem	0,22	0,099	0,34	0,15	1,09 ± 0,51
SZK	110	Mix	1,11	0,7	1,41	0,9	4,1 ± 2,3
SZK	58	Mix	0,95	0,5	1,41	1	4,85 ± 2,4
SZK	52	Mix	1,28	0,9	1,4	0,9	3,32 ± 1,9
SZK	50	Nem	1,28	0,9	1,57	0,9	4,63 ± 2,6
SZK	30	Igen	1,06	0,6	1,6	1	4,51 ± 2,1
SZK	30	Igen	0,87	0,4	0,96	0,6	2,91 ± 1,3
S	54	Igen	0,7	0,13	0,76	0,15	2,9 ± 0,39
S	50	Igen	0,81	0,33	1,01	0,4	3,39 ± 0,84
SZK	43	Nem	1,56	0,25	1,86	0,4	4,73 ± 1,28
SZK	43	Igen	1,24	0,51	1,4	0,47	4,23 ± 0,72
SZK	45	Igen	1,31	0,59	1,62	0,54	3,5 ± 1,38
SZK	44	Nem	1,7	0,52	1,99	0,64	5 ± 1,66
SZK	23	Igen	0,9	1,06	0,6	0,57	4,2 ± 3,04
SZK	23	Igen	0,9	1,22	0,9	0,94	4,2 ± 3,04
S	139	Igen	0,95	0,55	1,22	0,63	2,76 ± 1,76
	89	Igen	0,95	0,53	1,15	0,51	2,71 ± 1,41
	50	Igen	0,96	0,57	1,35	0,8	2,85 ± 2,27
S	145	Igen	1,06	0,58	1,25	0,68	2,64 ± 1,42
	78	Igen	0,83	0,57	0,96	0,5	2,02 ± 0,66
	67	Igen	1,05	0,47	1,24	0,58	2,46 ± 0,67
S	6	Modell	0,055	0,032			
S	11	Modell	0,37	0,2	0,41	0,22	0,7 ± 0,3
	11	Modell	0,3	0,17	0,36	0,25	1,45 ± 0,89
SZK	116	0,81	1,47	0,68	1,83	1,03	5,09 ± 3,7
S	57	0,84	1,49	0,63	1,9	0,83	3,93 ± 2,34
S	54	0,83	1,55	0,59	2,05	0,89	5,46 ± 3,38
SZK	80	Igen					6,29 ± 2,12
SZK	44	Igen					4,35 ± 1,8
S	49	Igen					3,91 ± 1,21
S	43	Igen					3,55 ± 1,08
S	15	Igen	0,27	0,19			
S	15	Igen	0,15	0,13			
S	4	Modell	0,027	0,015			
S	4	Modell	0,025	0,022			
S	86	Igen	0,46	0,35	0,7	0,49	3,53 ±
S	86	Igen	0,43	0,32	0,59	0,44	
S	52	Igen	0,81	0,32	0,81	0,32	3,47 ±
	50	Igen	0,75	0,32	0,8	0,35	3,3 ±
S	24	Mix	0,21	0,19	0,28	0,2	1,49 ±
SZK	86	Mix	0,3	0,21	0,47	0,27	2,06 ±
S	78	Igen	0,91	0,44	1,13	0,52	2,6 ±
SZK	60	Igen	1,35	0,65	1,79	1,01	6,53 ±
	22	Igen	1,51	0,62	1,86	1,07	8,54 ±
	38	Igen	1,26	0,66	1,75	0,99	5,37 ±
SZK	19	Igen	1,56	0,53	1,84	0,41	4,3 ±
S	19	Igen	1,52	0,81	1,55	0,68	3,6 ±
S	18	Igen	1,38	0,42	1,39	0,4	2,16 ±



5. ábra: Belépési eltérés



6. ábra: Apikális eltérés



7. ábra: Szögeltérés

Apikális eltérésekről szintén 74 esetben számoltak be. Az átlagok értékei 0,34 és 1,39 mm közé estek. A szögek összehasonlításából kapott értékek átlagai 0,7° és 2,16° között voltak.

Cadaver vizsgálatok: 390 implantátumot vizsgálva a legalacsonyabb átlageltérés 0,8, míg a legmagasabb 1,56 mm volt a belépési mérőpont eltéréseinek tekintetében. Az apikális mérőpontok vonatkozásában a minimum 0,9, a maximum 1,84 mm volt. A szögek közötti átlagos eltérésekről elmondható, hogy a legkisebb 1,8°, a legmagasabb 7,9° volt.

Klinikai elemzések: Az általunk elemzett irodalomban összesen 2355 behelyezett implantátumra vonatkozólag van klinikai adatunk. Ezen eredmények közül az implantátumok belépési értékeinek átlagai 0,15, és 1,7 mm között helyezkedtek el. Az apikális eltérések átlagai 0,28 és 2,99 mm között változtak.

A szögeltérések tartománya 1,49° és 8,54° közé esett. Kapott eredményeinket a 2, 3, 4. ábrákon foglaltuk össze.

Az összes tanulmány együttes elemzése során kapott eredményeink alapján elmondhatjuk:

2819 esetet összesítve a belépési értékek átlaga 0,98 mm volt. Az apikális eltéréseket figyelembe véve ez a szám 1,29 mm volt, míg a szögeltéréseket vizsgálva 3,96°-ot kaptunk eredményül.

További statisztikai elemzéseink során a következő eredmények születtek: a transzgingivális és a lebenyképzéssel járó műtéti feltárás során a korábban már említett három mérőszám (belépési pont, apikális pont, szögeltérés) esetében nem volt szignifikáns különbség. Az állcsontok, a sablonok megtámasztása, és a foghiányok összehasonlítása folyamán szignifikáns eltérés szintén nem volt tapasztalható. A teljes és a részleges megvezetés összehasonlítása alapján mindhárom mérőszám szignifikánsan pontosabb eredményeket mutatott, a sablon által végig kontrollált implantátum behelyezés esetében (5–7. ábra).

Megbeszélés

Áttekintő irodalmi tanulmányunk során elsődlegesen a pontossági értékek összehasonlító elemzését végeztük el. A számítógépes tervezés által irányított implantációs beavatkozások lehetőséget adnak a lebenyképzési eljárások nélküli alkalmazásra is. Olyan esetekre gondolunk itt, amikor a rendelkezésre álló csont mennyisége és minősége korlátokat szab és/vagy valamilyen elkerülendő anatómiai struktúra található a műtéti terület közelében (ld. nervus alveolaris inferior, sinus maxillaris). Fenti okokból kifolyólag kiemelt jelentőséggel bír, hogy az egyes rendszerek használata közben milyen eltérések adódnak a tervezett, és a megvalósult pozíciók között. Di Giacomo és mtsai szerint az implantáció során bekövetkező sebészi sablon mozgása elsődlegesen felelős az észlelt maximális eltérésekért [7]. Ezen elmozdulások kiküszöbölése érdekében a lebeny nélküli műtét helyett, egyoldali csont-megtámasztású sablonok készítését javasolták. Egy másik

lehetőség a teljes fogatlan állcsonton alkalmazott sebészeti sablonok pontosságának növelésére a mini implantátumok átmeneti alkalmazása. A sablonok megtámasztása egyértelmű hatással van a pontosságra. Tahmaseb és mtsai kimutatták, hogy a mini implantátumok által megtámasztott sablonok a legpontosabbak [31]. A 2014. évi ITI elemzésből is látszik, hogy a csonton elhorgonyzott sablonok pontatlanabbak voltak, mint a mini implantátumon megtámasztottak. Ugyanezen vizsgálat eredménye, hogy a lebenyképzéssel járó beavatkozások kisebb pontosságot eredményeztek úgy, hogy ott a legtöbb esetben csak csonton támaszkodó sablonokat használtak [31].

Ozan és mtsai szignifikáns eltérést tapasztaltak a két állcsont között. Az alsó állcsont tekintetében az eredmények pontosabbak voltak [20]. Pettersson és mtsai [22] ennek éppen ellenkezőjét írták le, azaz a mandibulában jelentősen magasabb devianciákról számoltak be. Saját analízisünk során az egyes állcsontok tekintetében nagy eltérés nem volt tapasztalható.

Szignifikáns eltérést sikerült azonban kimutatni az egyes behelyezési (részlegesen, és teljesen sablon által irányított) módszerek között mind a három mérőszám esetében (apikális távolság, belépési eltérés, szögeltérés), ami egyezik az irodalomban található adatokkal [36]. Ezek alapján elmondható, hogy a módszer precizitás-növelésének egyik módja biztosan a teljes sablon által irányított rendszerek használata. Továbbá az irodalmi adatok tükrében elmondható, hogy a rendszerek jelenleg 1,5 mm-es pontatlansággal rendelkeznek, ami egyértelműen kevesebb, mint a hagyományos sebészeti eljárások keretein belül tapasztalt differencia [35].

A jövő kutatási területeinek a sablon által történő implantációs folyamatok egyszerűsítésére, fokozott pontosságára és biztonságára kell irányulnia. Ezenkívül az implantációval kapcsolatban alkalmazott képképző eljárások hatékonyságát (pontosabb képfelbontás, csökkentett sugárterhelés) is növelni kell. Az egyes paraméterek további vizsgálatára egy, illetve több vizsgálati központban zajló randomizált, kontrollált klinikai kutatásra van szükség, amely megfelel az evidencia alapú tudás követelményeinek. Kutatócsoportunk a jövőben tervezi a sablon által irányított implantációs sebészeti eljárások további klinikai aspektusainak vizsgálatát is.

Irodalom

- ARISAN V, KARABUDA ZC, OZDEMIR T: Accuracy of two stereolithographic guide systems for computer-aided implant placement: a computed tomography-based clinical comparative study. *J Periodontol.* 2010; 81: 43–51.
- ARISAN V, KARABUDA ZC, PISKIN B, OZDEMIR T: Conventional multislice computed tomography (CT) and cone-beam CT (CBCT) for computer-aided implant placement. Part II: reliability of mucosa-supported stereolithographic guides. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013; 15: 907–917.
- BEHNEKE A, BURWINKEL M, BEHNEKE N: Factors influencing transfer accuracy of cone beam CT-derived template-based implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2012; 23: 416–423.
- CASSETTA M, STEFANELLI LV, GIANSANTI M, DI MAMBRO A, CALASSO S: Accuracy of a computer-aided implant surgical technique. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2013; 33: 317–325.
- CHIAPASCO M, ZANIBONI M, BOISCO M: Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clin Oral Implants Res.* 2006; 17 Suppl 2: 136–159.
- D'HAESE J, VAN DE VELDE T, ELAUT L, DE BRUYN H: A prospective study on the accuracy of mucosally supported stereolithographic surgical guides in fully edentulous maxillae. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012; 14: 293–303.
- DI GIACOMO GA, CURY PR, DE ARAUJO NS, SENDYK WR, SENDYK CL: Clinical application of stereolithographic surgical guides for implant placement: preliminary results. *J Periodontol.* 2005; 76: 503–507.
- DI GIACOMO GA, DA SILVA JV, DA SILVA AM, PASCHOAL GH, CURY PR, SZARF G: Accuracy and complications of computer-designed selective laser sintering surgical guides for flapless dental implant placement and immediate definitive prosthesis installation. *J Periodontol.* 2012; 83: 410–419.
- DREISEIDLER T, NEUGEBAUER J, RITTER L, LINGOHR T, ROTHAMEL D, MISCHKOWSKI RA, et al.: Accuracy of a newly developed integrated system for dental implant planning. *Clin Oral Implants Res.* 2009; 20: 1191–1199.
- ERSOY AE, TURKYILMAZ I, OZAN O, MCGLUMPHY EA: Reliability of implant placement with stereolithographic surgical guides generated from computed tomography: clinical data from 94 implants. *J Periodontol.* 2008; 79: 1339–1345.
- GUERRERO ME, JACOBS R, LOUBELE M, SCHUTYSER F, SUETENS P, VAN STEENBERGHE D: State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. *Clin Oral Investig.* 2006; 10: 1–7.
- HAMMERLE CH, CORDARO L, VAN ASSCHE N, BENIC GI, BORNSTEIN M, GAMPER F, et al.: Digital technologies to support planning, treatment, and fabrication processes and outcome assessments in implant dentistry. Summary and consensus statements. The 4th EAO consensus conference 2015. *Clin Oral Implants Res.* 2015; 26 Suppl 11: 97–101.
- HAMMERLE CH, JUNG RE, FELOUTZIS A: A systematic review of the survival of implants in bone sites augmented with barrier membranes (guided bone regeneration) in partially edentulous patients. *J Clin Periodontol.* 2002; 29 Suppl 3: 226–31; discussion 32–33.
- HARRIS D, HORNER K, GRONDAHL K, JACOBS R, HELMROT E, BENIC GI, et al.: E.A.O. guidelines for the use of diagnostic imaging in implant dentistry 2011. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration at the Medical University of Warsaw. *Clin Oral Implants Res.* 2012; 23: 1243–1253.
- JUNG RE, PJETURSSON BE, GLAUSER R, ZEMBIK A, ZWAHLEN M, LANG NP: A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. *Clin Oral Implants Res.* 2008; 19: 119–130.
- JUNG RE, SCHNEIDER D, GANELES J, WISMEIJER D, ZWAHLEN M, HAMMERLE CH, et al.: Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009; 24 Suppl: 92–109.
- KUHL S, ZURCHER S, MAHID T, MULLER-GERBL M, FILIPPI A, CATTIN P: Accuracy of full guided vs. half-guided implant surgery. *Clin Oral Implants Res.* 2013; 24: 763–769.
- LOUBELE M, BOGAERTS R, VAN DIJK E, PAUWELS R, VANHEUSDEN S, SUETENS P, et al.: Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. *Eur J Radiol.* 2009; 71: 461–468.
- NICKENIG HJ, WICHMANN M, HAMEL J, SCHLEGEL KA, EITNER S: Evaluation of the difference in accuracy between implant placement by virtual planning data and surgical guide templates versus the conventional free-hand method – a combined in vivo – in vitro technique using cone-beam CT (Part II). *J Craniomaxillofac Surg.* 2010; 38: 488–493.
- OZAN O, ORHAN K, TURKYILMAZ I: Correlation between bone density

- and angular deviation of implants placed using CT-generated surgical guides. *J Craniofac Surg.* 2011; 22: 1755–1761.
21. OZAN O, TURKYILMAZ I, ERSOY AE, McGLUMPHY EA, ROSENSTIEL SF: Clinical accuracy of 3 different types of computed tomography-derived stereolithographic surgical guides in implant placement. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 67: 394–401.
 22. PETERSSON A, KERO T, GILLOT L, CANNAS B, FALDT J, SODERBERG R, et al.: Accuracy of CAD/CAM-guided surgical template implant surgery on human cadavers: Part I. *J Prosthet Dent.* 2010; 103: 334–342.
 23. PETERSSON A, KOMIYAMA A, HULTIN M, NASSTROM K, KLINGE B: Accuracy of virtually planned and template guided implant surgery on edentate patients. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012; 14: 527–537.
 24. PJETURSSON BE, TAN K, LANG NP, BRAGGER U, EGGER M, ZWAHLEN M: A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res.* 2004; 15: 667–676.
 25. PLATZER S, BERTHA G, HESCHL A, WEGSCHEIDER WA, LORENZONI M: Three-dimensional accuracy of guided implant placement: indirect assessment of clinical outcomes. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013; 15: 724–734.
 26. RUPPIN J, POPOVIC A, STRAUSS M, SPUNTRUP E, STEINER A, STOLL C: Evaluation of the accuracy of three different computer-aided surgery systems in dental implantology: optical tracking vs. stereolithographic splint systems. *Clin Oral Implants Res.* 2008; 19: 709–716.
 27. SOARES MM, HARARI ND, CARDOSO ES, MANSO MC, CONZ MB, VIDIGAL GM, JR.: An in vitro model to evaluate the accuracy of guided surgery systems. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012; 27: 824–831.
 28. TAHMASEB A, DE CLERCK R, AARTMAN I, WISMEIJER D: Digital protocol for reference-based guided surgery and immediate loading: a prospective clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012; 27: 1258–1270.
 29. TAHMASEB A, DE CLERCK R, ECKERT S, WISMEIJER D: Reference-based digital concept to restore partially edentulous patients following an immediate loading protocol: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011; 26: 707–717.
 30. TAHMASEB A, VAN DE WEIJDEN JJ, MERCELIS P, DE CLERCK R, WISMEIJER D: Parameters of passive fit using a new technique to mill implant-supported superstructures: an in vitro study of a novel three-dimensional force measurement-misfit method. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010; 25: 247–257.
 31. TAHMASEB A, WISMEIJER D, COUCKE W, DERKSEN W: Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014; 29 Suppl: 25–42.
 32. VAN ASSCHE N, VAN STEENBERGHE D, GUERRERO ME, HIRSCH E, SCHUTYSER F, QUIRYNEN M, et al.: Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study. *J Clin Periodontol.* 2007; 34: 816–821.
 33. VAN STEENBERGHE D, NAERT I, ANDERSSON M, BRAJNOVIC I, VAN CLEYNENBREUGEL J, SUETENS P: A custom template and definitive prosthesis allowing immediate implant loading in the maxilla: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2002; 17: 663–670.
 34. VASAK C, WATZAK G, GAHLEITNER A, STRBAC G, SCHEMPER M, ZECHNER W: Computed tomography-based evaluation of template (NobelGuide)-guided implant positions: a prospective radiological study. *Clin Oral Implants Res.* 2011; 22: 1157–1163.
 35. VERCRUYSSSEN M, DE LAAT A, COUCKE W, QUIRYNEN M: An RCT comparing patient-centred outcome variables of guided surgery (bone or mucosa supported) with conventional implant placement. *J Clin Periodontol.* 2014; 41: 724–732.
 36. VERCRUYSSSEN M, LALEMAN I, JACOBS R, QUIRYNEN M: Computer-supported implant planning and guided surgery: a narrative review. *Clin Oral Implants Res.* 2015; 26 Suppl 11: 69–76.
 37. VIEGAS VN, DUTRA V, PAGNONCELLI RM, DE OLIVEIRA MG: Transference of virtual planning and planning over biomedical prototypes for dental implant placement using guided surgery. *Clin Oral Implants Res.* 2010; 21: 290–295.
 38. WIDMANN G, STOFFNER R, SCHULLIAN P, WIDMANN R, KEILER M, ZANGERL A, et al.: Comparison of the accuracy of invasive and non-invasive registration methods for image-guided oral implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010; 25: 491–498.

BARRAK I, VARGA E JR, PIFFKÓ J

Navigation in implantology: Accuracy assessment regarding the literature

Our objective was to assess the literature regarding the accuracy of the different static guided systems. After applying electronic literature search we found 661 articles. After reviewing 139 articles, the authors chose 52 articles for full-text evaluation. 24 studies involved accuracy measurements. Fourteen of our selected references were clinical and ten of them were in vitro (modell or cadaver). Variance-analysis (Tukey's post-hoc test; $p < 0,05$) was conducted to summarize the selected publications. Regarding 2819 results the average mean error at the entry point was 0,98 mm. At the level of the apex the average deviation was 1,29 mm while the mean of the angular deviation was 3,96°. Significant difference could be observed between the two methods of implant placement (partially and fully guided sequence) in terms of deviation at the entry point, apex and angular deviation. Different levels of quality and quantity of evidence were available for assessing the accuracy of the different computer-assisted implant placement. The rapidly evolving field of digital dentistry and the new developments will further improve the accuracy of guided implant placement. In the interest of being able to draw dependable conclusions and for the further evaluation of the parameters used for accuracy measurements, randomized, controlled single or multi-centered clinical trials are necessary.

Keywords: computer planning, dental implants, guided surgery, surgical guide