

A fogászati kerámiaanyagok fejlődésének történeti áttekintése

Historical evolution of ceramic materials in dentistry

Dr. Saláta József klinikai orvos, doktorandusz

Semmelweis Egyetem, Fogorvostudományi Kar, Fogpótlástani Klinika

dr.salatajosef@gmail.com

Initially submitted Febr 15, 2021; accepted for publication March.28, 2021

Abstract

Initially, ceramics - mostly burnt clay - were used to manufacture container pottery. The first porcelain objects reached Europe out of China in the Medieval Ages. The technique of their manufacturing was a mystery for many hundred years, yet Germans succeeded first to produce fine European porcelain at the beginning of the 18th century. Its elegance and hardness woke the dentists' interest too thus Frenchmen created the first porcelain dentures in the second half of the 18th century. Since then, there has been an increasing demand for esthetic fixed implant dentures instead of removable ones. The development of ceramic materials resulted in better mechanical and optical properties, thus the first fixed porcelain inlays and jacket crowns were introduced already in 1889. The addition of leucite filler crystals to porcelain in the 20th century increased the thermal expansion of the ceramic. It could be fired on common dental casting alloys, so the first porcelain-fused-to-metal (PFM) crown was created in 1962. Several new techniques were developed from the middle of the 1980s to the end of the 1990s to deal with initial shrinkage and achieve better properties. Beyond casting, pressing, and CAD/CAM technology, additive manufacturing opened new perspectives in dentistry several years ago in processing dental ceramics.

Kulcsszavak: fogászati kerámiák, porcelán, CAD/CAM-technológia, fogászat-történet

Keywords: dental ceramics, porcelain, CAD/CAM technology, history of dentistry

Bevezetés

A különböző kerámiák alkalmazása az emberiség történetében évezredekre nyúlik vissza, mi több a legelső olyan szervetlen anyagok közé tartoznak, melyeket szerkezeti módosításoknak vetett alá az ember ellenállóságuk javításának érdekében. Eleinte tárolóedények készítésére használták, a szó etimológiáját tekintve az ógörög „keramosz” szóból ered, melynek jelentése „égetett agyag, cserépedény” (Pathrabe és mtsai. 2016; 154-158.). Ezen kerámiák alapanyaga sokáig az agyag volt, amely egy agyagásványokat (kaolinit, halloysit stb.), kvarcot és különféle fémszennyeződésekkel tartalmazó finomszemcsés üledék. A 7. századi Kínában, a Tang-dinasztia (618–907) idején találták fel, majd a középkorban a keresztes lovagok közvetítésével jutott el Európába a porcelán (1. ábra).



1. ábra 7. századi kínai porcelánkancsó a Tang-dinasztia idejéből.

A porcelán a legnemesebb kerámiaanyag: fehér, tömör, nem porózus, kagylós törésű, fő összetevői a kaolin (kb. 50%), a földpát (kb. 25%) és a kvarc (kb. 25%) (Megyeri 1942; 153-158.). A porcelángyártás technológiája évszázadokig rejtély volt az európai fazekasok, üvegművesek számára, majd 1707-ben a német matematikus-fizikusnak, E. W. von Tschirnhausnak (1651-1708) és alkimistának, J. F. Böttgernek (1682-1719) sikerült előállítani az első valódi európai porcelánt. 1710-ben a németországi Meissen városában megalapították az első európai porcelánmanufaktúrát, majd a fejlődés olyannyira felgyorsult, hogy a gyártás néhány évtized elteltével már ipari méreteket öltött (Kóbor 2015; 108-109.).

A porcelán megjelenése a fogorvoslásban

A hiányzó fogak pótlásának esztétikus és biokompatibilis megoldása évezredek óta foglalkoztatja a fogorvosokat. A legkorábbi fogpótlástani leletek a I.e. 7. századi etruszk civilizációból maradtak fent. Ekkor elsősorban a megmaradt fogakhoz fémpánttal erősített saját fogakkal vagy elefántcsontól, állati fogakból, fából készített műfogakkal pótolták a hiányzó fogakat (Pathrabe és mtsai. 2016; 154-158.). Az első „nem romlandó”, azaz nem csontból vagy fából készült, porcelánalapú műfogakat A. Duchâteau (1714-1792) francia patikus készítette 1774-ben Saint-Germain-en-Laye városában. Az 1780-as években a porcelánmassza fejlesztése révén N. D. de Chémant (1753-1824) párizsi fogorvos jelentősen csökkentette a fogpótlás égetés közbeni zsugorodását. Ekkoriban a műfogsor egy darabban, porcelán műínnel készült, illeszkedése, stabilitása és esztétikája nem volt kielégítő, de így is jelentősen javította a személyes higiéniét (Forrai 2005, 112-113.) (2. ábra).



2. ábra T. Rowlandson 1811-ben készült karikatúrája a büszke de Chémant-t és az új porcelán műfogsorától boldog páciensét ábrázolja.

1808-ban G. Fonzi (1768-1840) olasz származású párizsi fogorvos megalkotta az első különálló porcelán műfogakat, melyek apró platinaszegecsekkel rögzültek a fogpótlás alaplemezében. Fonzi felismerte a porcelán alaplemez hátrányait (instabilitás, visszatérő decubitus), és megalkotta az első fém alaplemezt aranyból, majd később platinából. Ehhez viasz segítségével kezdetleges lenyomatot vett a fogatlan állcsontról, gipszből mintát készített, majd ezt a mestermintát agyag segítségével dublázta, végül a munkamintát bronzból öntötte meg. A bronz munkamintára készítette el a nemesfém alaplemezt, melyhez forrasztással rögzítette a műfogak szegecseit. A porcelánmasszához különböző, ma is használatos fémoxidokat adott, így 26-féle színárnyalatot hozott létre, de a kívántos transzlucenciát még nem sikerült elérni (Kurdyk 1999; 79-82.). Az új módszer hatalmas lépést jelentett a fogászati technológiában, hiszen ezáltal lehetővé vált a részleges fogpótlások készítése, valamint a sérült műfogak cseréje is (Kelly és Benetti 2011; 84-96.).

Az első esztétikus koronák

E. Wildman (1811-1876) 1838-ban a fogászati kerámia összetételének megváltoztatásával, többek között a földpáttartalom arányának növelésével és a kaolintartalom csökkentésével élethűbb, transzlucens műfogakat alkotott (Southan 1970, 103-107.). Bár ezt a szilikátkerámia-típust sokan nem is tekintik valódi porcelánnak, hiszen az opacitásért felelős kaolint szinte teljesen nélkülözi, mégis a mai napig elterjedten használják a fogorvosi szaknyelvben (Tölgyesi és mtsai. 2012, 107-116.). A kivehető, kerámia fogpótlásokon túl egyre inkább nőtt a társadalmi igény az esztétikus rögzített fogpótlások iránt is. A kerámia borítókoronák és betétek megjelenésére egészen 1889-ig kellett várni, amikor C. H. Land (1847-1922) kifejlesztette a porcelán jacket koronák készítésének technológiáját (Al-Wahadni 1999, 43-44.). Az eljárás során a mintacsonkra platinafóliából hordozósapkát készítettek, erre égették rá a felhordott, megformázott porcelánmasszát. Végül a kész koronából ellenőrzés után eltávolították a platinafóliát. Ezek a koronák az esztétikai követelményeknek tökéletesen megfeleltek, szín- és formartartók, kopásállóságuk magas volt. Nagy hátrányuk volt azonban, hogy igen rigidek voltak, hajlítási szilárdságuk alacsony volt, könnyen törtek és javítani sem lehetett őket. A korona anyagában bekövetkező feszültséget az egyenletes koronafalvastagság és a körkörös kialakított, széles, derékszögű váll csökkentette, aminek kialakítása azonban

sok foganyag feláldozásával járt. A valódi népszerűséget a jacket koronák számára a fogászati kerámiák alumínium-oxid-erősítésével elért fokozott ellenálló képesség hozta meg (Fábián 2001, 142-143.; 223-225.; Kelly és mtsai. 1996, 18-32.). 1925-re a porcelán fogászati felhasználása nagyon jól megalapozottá vált, az anyagok és gyártási módszerek fejlődésével az esztétikai eredmény még kiválóbb lett. A holland J. Adriaansen ez idő tájt vezette be a porcelánmassza ecsettel való felhordásának technikáját, ezáltal teret engedve az individuális fogpótlások művészi szintű elkészítésének (Al-Wahadni 1999, 43-44.).

A fémkerámia fogpótlások

Az 20. század közepéig a fémötvözetekből készült rögzített fogpótlások porcelánnal való leplezése megoldhatatlannak bizonyult, mivel a fémváz és a porcelán hőtágulási együtthatója között olyan nagy eltérés mutatkozott, hogy a kerámiaréteg égetése után, hűlés közben a porcelán megrepedt, lepattogzott a fémvázról (Kelly és mtsai. 1996, 18-32.). Az 1950-es években a fogászati porcelán összetevői között azonban megjelent a leucit is. A leucit kálium- és alumínium-tektoszilikátból álló, ún. földpátpótló ásványi anyag, mely kálidús magmákból nagyobb hőmérsékleten képződik, főként Közép-Olaszország vulkanikus vidékeinek jellemző kőzete (Sztrókay 1966, 790-793.). Leucit hozzáadásával a fogászati porcelán hőtágulási együtthatóját annyira meg tudták emelni, hogy bizonyos aranyötvözetekből készült vázakra leplezőkerámiaként ráégethető lett (Kelly és mtsai. 1996, 18-32.). Ezt kihasználva 1962-ben Weinstein és mtsai. megalkották az első fémkerámia koronát, melyben a fémváz és a kerámialeplezés közti kémiai kötés létrejötté jelentősen csökkentette a porcelánban kialakuló repedések esélyét (Weinstein és mtsai. 1962) (3. ábra).



3. ábra Felső frontfogakra készülő fémkerámia koronák

A viaszvesztéses eljárással, precíziós fogászati öntéssel készülő fémváz széli záródása ráadásul jóval pontosabb, mint a 20. század elején készült, hagyományos porcelán jacket koronáké (Asgar 1988, 33-43.). Az aranyötvözetek magas ára olyan kerámiával leplezhető nem nemesfémötvözetek (pl. nikkel-króm ötvözet) kidolgozásához vezetett, melyek szintén megfeleltek a biokompatibilitási elvárásoknak. Idővel azonban vizsgálatok kimutatták, hogy a nikkel-króm ötvözet nem bioinert, a populáció kb. 10%-a allergiás a nikkelle, így napjainkra a legelterjedtebb fémkerámiai ötvözet a kobalt-króm-molibdén ötvözet vált

(Linninger 2015, 96-102.). A fémkerámia fogpótlások ötvözik a fémváz kiváló mechanikai, és a leplezőkerámia esztétikai tulajdonságait, így napjainkban is az egyik legnépszerűbb fogpótlástípus. Hátránya azonban, hogy a fémvázat fedő opak kerámiaréteg a beeső fényt visszaveri, így jelentősen eltér a translucens tulajdonságú természetes fogaktól (Raptis és mtsai. 2006, 31-41.). A leucit a későbbiekben is jó választásnak bizonyult a fogászati porcelán töltőanyagaként, mert a fénytörési mutatója a földpátüvegéhez hasonló, tehát a mechanikai tulajdonságok javítása nem járt az anyag translucenciájának jelentős csökkenésével. Ennek köszönhetően a magas leucittartalmú földpátporcelán még napjainkban is az egyik legesztétikusabb és legnépszerűbb kerámiaanyag a teljeskerámia-fogpótlásokat tekintve (Kelly és Benetti 2011; 84-96.).

A modern kerámiaanyagok megjelenése a 20. század végén

A hagyományos por-folyadék összetételű fogászati porcelánból készült fogpótlások előállítására szintereléssel történik. Szinterelésnek nevezzük azt az eljárást, amikor az elkészített finom kerámiaport először tömörítik, formázzák, végül magas, de olvadáspont alatti hőmérsékleten kiegészítik (Tölgyesi és mtsai. 2012, 107-116.). A magas hőmérséklet hatására a porszemcsék gyakorlatilag „összenőnek”, az anyag kezdeti 30%-os porozitása közel 0%-ra csökken, ez természetesen jelentős zsugorodással is jár. Bár klinikailag elfogadható koronák készíthetők a zsugorodás ellenére is, mégis okozhatja a széli záródás pontatlanságát vagy akár a kerámiakorona ellenálló képességének csökkenését is. Az 1980-as évek közepétől az 1990-es évek végéig számos eljárást dolgoztak ki a zsugorodás kiküszöbölésére, valamint a mechanikai tulajdonságok javítására, mely új kerámiaanyagokat és feldolgozási technológiákat eredményezett (Kelly és Benetti 2011; 84-96.). A nagy ellenálló képességű kerámiák megjelenésekor a teljeskerámia-rendszerek két részből álltak: egy kevésbé esztétikus, de szívós maganyagból, és egy gyengébb mechanikai tulajdonságokkal rendelkező, de magas esztétikájú leplezőkerámiából. A további fejlesztések célja olyan kerámiaanyag létrehozása volt, mely ötvözi a kielégítő fizikai és optikai tulajdonságokat, tehát a restaurátum egésze elkészíthető belőle (Pathrabe és mtsai. 2016; 154-158.). A különböző kerámiatípusok vezető képviselőit megjelenésük sorrendjében tárgyaljuk:

1983: Cerestore (Johnson & Johnson): A Cerestore rendszer lényege, hogy a viaszvesztéses eljárással készített öntőformába préselt, alumínium-oxiddal erősített kerámiaporban az égetés hatására kristályosodás és tárgulás megy végbe, amely ellensúlyozza a szinterelési zsugorodást, így pontosan kitölti az öntőformát (Sozio és Riley 1983, 182-187.).

1984: Dicor (Dentsply International): A Dicor 45%-ban üveget és 55%-ban kristályos csillámot tartalmazó önthető üvegkerámia, melynek feldolgozása ötvözi a hagyományos viaszvesztéses eljárást és az üvegöntés technológiáját. Öntés után az anyagot hőkezelésnek vetik alá az irányított kristályosodás érdekében. Az esztétikai eredmény fokozására a Dicor koronák vestibularis felszínét fazettásan mintázzák meg (cutback), és hagyományos földpátkerámiával leplezik. A széli zárás pontossága 30-60 µm, ami megfelel a fémkerámia koronáénak (Adair 1984; Kelly és mtsai. 1996, 18-32.).

1986: CEREC (Sirona): A CEREC volt az első olyan rendszer, mely az iparban régóta alkalmazott CNC-szerszámgépekhez hasonlóan a számítógép által támogatott tervezés – számítógép által támogatott előállítás (Computer Aided Design – Computer Aided Manufacturing, CAD/CAM) elvén működött. Az előkészített csontonról és a szájképletekről 3D-s digitális információt nyerve számítógépes szoftverek segítségével megtervezhető a készülő fogpótlás. Értelemszerűen minden apró módosítás sokkalta egyszerűbb így, mint hagyományos mintázatkészítés esetén. A restauráció tervezése után a számítógép mintegy lefordítja a digitális információt a marógépséget irányító instrukciókra, és a speciális kerámiatömbből elkészülhet a fogpótlás (Pathrabe és mtsai. 2016; 154-158.). A CEREC-rendszerhez Vitablocs Mark II (VITA Zahnfabrik) frézeltető, leuciterősítésű földpátüveg blokkok használhatók.

1988: In-Ceram (VITA Zahnfabrik): Az In-Ceram Alumina oxidkerámiát két összekapcsolódó, egymást átszövő fázis alkotja: alumínium-oxid és üveg. Első lépésként egy kerámiásapkát - mint egyfajta vázat - készítenek a korona alapja gyanánt. Az alumínium-oxidot felhordják a mintacsonkra, majd részleges szinterelés után a még porózus állományt alacsony viszkozitású üveggel infiltrálják, így egy ellenálló, tömör kerámiásapka jön létre, melyet földpátkerámiával lepleznek (Kelly és Benetti 2011; 84-96.). Az így elkészített infiltrált váz 3-4-szer ellenállóbb a korábbi alumínium-oxid vázagnál (Pathrabe és mtsai. 2016; 154-158.). Az alumínium-oxid magnézium-alumínium-oxiddal (spinell) való helyettesítése (In-Ceram Spinell) tovább növelte az anyag transztlucenciáját, azonban mechanikai tulajdonságai kedvezőtlenebbek, elsődleges indikációja a frontfogak helyreállítása (Seghi és Sorensen 1995, 239-246.). Az alumínium-oxid váz cirkónium-dioxiddal való erősítése (In-Ceram Zirconia) jelentősen növelte az anyag ellenálló képességét, ezáltal lehetővé vált a posterior régiókban való alkalmazása is. A széli zárás pontossága megegyezik a fémkerámia koronakéval (Sorensen és mtsai. 1990, 279.), töréssel szembeni ellenálló képessége szignifikánsan jobb, mint a hagyományos jacket koronaké (Grey és mtsai. 1993, 47-51.).

1991: IPS Empress (Ivoclar Vivadent): Az IPS Empress kerámiából készülő fogpótlások esetén a leucittal erősített üvegkerámia ingotokat magas hőmérsékleten a viaszvesztéses eljárással elkészített öntőformába préselik. Előnye, hogy az anyag mechanikai és esztétikai tulajdonságai is kielégítőek, azaz nincs feltétlenül szükség szubstruktúra elkészítésére, majd annak leplezésére, hanem akár a fogpótlás végleges morfológiája is kialakítható a préselés során (McLean 2001, 61-66.). Vizsgálatok szerint hőkezelési eljárással a préselt restauráció hajlítoszilárdsága tovább növelhető, mert az a feldolgozás első fázisában csak kristálymentes üvegfázisból áll, másodlagos hőkezelés (keramizáció) hatására jön létre benne a kristályfázis (Dong és mtsai. 1992, 9-16.).

1998: IPS Empress II (Ivoclar Vivadent): Az IPS Empress továbbfejlesztésével megalkották a préskerámiák második generációjához tartozó IPS Empress II lítium-diszilikát üvegkerámiát, mely ma IPS e.max Press néven van forgalomban. A szubstruktúrát a préselés után fluoroapatit üvegkerámiával leplezik, de az üvegkerámia kitűnő optikai tulajdonságai miatt nem feltétel szubstruktúra készítése, a végleges kontúrok egyből préselhetők (Borbély és mtsai. 2015, 107-140.). Az anyag hajlítoszilárdsága az IPS Empresshez képest háromszorosára nőtt (Höland és mtsai. 2000, 297-303.) (4. ábra).

Évszám	Esemény	Ország
7. század	A porcelán feltalálása.	Kína
1707	E. W. von Tschirnhaus és J. F. Böttger megalkotja az első európai porcelánt.	Németország
1710	Meißen városában megalapítják az első európai porcelánmanufaktúrát.	Németország
1774	A. Duchâteau elkészíti az első porcelánalapú műfogsort.	Franciaország
1788	N. D. de Chémant a porcelánmassza fejlesztésével javít a fogpótlás esztétikáján és csökkenti annak zsugorodását.	Franciaország
1808	G. Fonzi megalkotja az első különálló, platinaszegesekkel rögzülő porcelán műfogakat.	Franciaország
1838	E. Wildman a fogászati porcelán összetevőinek arányát megváltoztatva transzlucens, élethű anyagot hoz létre.	Amerikai Egyesült Államok
1889	C. H. Land feltalálja a porcelán jacket koronát.	Amerikai Egyesült Államok
1950-es évek	A leucittartalmú fogászati kerámia megjelenése.	-
1962	A. Weinstein és mtsai. megalkotják az első fémkerámia fogpótlást.	Amerikai Egyesült Államok
1983	A Cerestore préskerámia megjelenése.	Amerikai Egyesült Államok
1984	A Dicor önthető üvegkerámia megjelenése.	Amerikai Egyesült Államok
1986	A CEREC-rendszer megszületése.	Svájc
1988	Az In-Ceram infiltrált kerámiarendszer megjelenése.	Németország
1991	Az IPS Empress préselhető üvegkerámia megjelenése.	Liechtenstein
1998	Az IPS Empress II préselhető lítium-diszilikát üvegkerámia megjelenése.	Liechtenstein

4. ábra A fogászati kerámiaanyagok fejlődésének főbb állomásai a 20. század végéig (a szerző saját ábrája)

A 21. század vívmányai

A digitális fogászat, az intraoralis szkennerek, a CAD/CAM-technológia és a modern anyagok fejlődése meghatározza napjaink fogorvoslását. Évről évre új kerámiaanyagok jelennek meg a piacon, melyek rengeteg lehetőséget rejtenek magukban. Elsősorban a fent említett kerámiarendszerek fejlesztése és optimalizálása zajlott a 2000-es évek elején. Megjelentek a CAD/CAM-technológiával feldolgozható, leucittal (pl. IPS Empress CAD, Ivoclar Vivadent), cirkónium-dioxiddal (pl. VITA Suprinity PC, VITA Zahnfabrik) és lítium-diszilikáttal (pl. IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent) erősített üvegkerámiák, melyek utólagos leplezés nélkül is kitűnő optikai és mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek, és napjainkban is a legnépszerűbb anyagok közé tartoznak (Fu és mtsai. 2020, 1049.) (5. ábra).



5. ábra Lítium-diszilikát üvegkerámia tömb a marógységbe helyezve (a szerző saját ábrája)

A nagy keménységű oxidkerámiák, mint például az alumínium-oxid vagy a cirkónium-dioxid marással történő megmunkálása jóval nehezebb, idő- és eszközigényes feladat, mely nagyobb mértékű szerszámkopással is jár. Ennek kiküszöbölésére fejlesztették ki azt a módszert, hogy először a végleges, kívánt restaurátum méreténél arányosan nagyobb munkadarabot marnak ki az előszinterelt, nyers kerámiatömbből, melynek keménysége jóval alacsonyabb a végleges anyagénál, és csak ezután szinterelik készre a restaurátumot, mely az így bekövetkező zsugorodást elszenvedve épp megfelelő méretű lesz a folyamat végére. Ezt a folyamatot nyers („zöld”) megmunkálásnak nevezik. Az elmúlt évtizedben a fémoxidokkal (ittrium-oxid, cérium-oxid, magnézium-oxid, kalcium-oxid) stabilizált cirkónium-dioxid fogászati felhasználása az anyag kiváló mechanikai, és évről évre javuló optikai tulajdonságainak köszönhetően rendkívül felgyorsult. Ezáltal a kerámia fejlődése lehetővé tette a monolitikus (full-contour) restaurátumok előállítását is, melyek esetében nem kell a leplezőkerámia sérülésétől tartani (Borbély és mtsai. 2015, 107-140.; Ábrám és mtsai. 2020, 261-266.).

Kihasználva a kompozitanyagok dentinéhez hasonló, ideális rugalmassági modulusát és a kerámiák kiváló optikai tulajdonságait, a 2010-es évek elején megalkották az első hibrid kerámiákat. Az elérhető rezin nanokerámiák (pl. Lava Ultimate, 3M ESPE) és polimerinfiltrált kerámiák (pl. VITA Enamic, VITA Zahnfabrik) megmunkálása CAD/CAM-technológiával történik, marásuk gyorsabb, a szerszámokat kevésbé koptatja. Ezek az anyagok nem igényelnek további égetést, szinterelést, a frézélést csak polírozás követi, ezért kifejezetten alkalmasak a fogorvosi rendelőben (chair-side) készülő restaurátumokhoz (Ruse és Sadoun 2014, 1232-1234.).

Az informatika és az ipar további fejlődése megteremtette a lehetőséget az ún. additív technológiák (pl. 3D-nyomtatás) fogászati alkalmazására, ezáltal elkerülhető a szubtraktív CAD/CAM-eljárás során keletkező óriási anyagvesztés, mely a marási folyamatok velejárója. Ígéretesnek tűnik a CAD/CAM-technológia és a 3D-nyomtatás kombinációja, mely ötvözi a két eljárás előnyeit. Első lépésben 3D-nyomtatással előállítható egy nyers, hozzávetőleges restaurátum, majd a nagy precizitású marással véglegesíthető a morfológia (Fu és mtsai. 2020, 1049.).

<http://www.kaleidoscopehistory.hu>

dr. Saláta József

Összegzés

A kerámiaanyagok kitűnő esztétikai és bioinert tulajdonságaiknak köszönhetően a modern fogpótlástan nélkülözhetetlen elemei, optikai sajátosságaik tökéletesen alkalmassá teszik őket a természetes fogszövetek utánzására. Előállításuk technológiája teret enged a restaurátumok individualizációjának, így a lehető legélethűbb fogpótlások készítésének. Az évszázadokon keresztül tökéletesített kerámiaanyagok a kezdetleges de Chéman-féle porcelán műfogaktól kezdve az első jacket koronákon keresztül a legmodernebb CAD/CAM-anyagokig a fogorvostudomány történetének meghatározó fejezetei voltak. Ismerve rohamosan fejlődő világunkat, izgalommal tölt el minden érdeklődőt, hogy vajon mit hoz a holnap?

Irodalom

- ÁBRÁM, E., GAJDÁTSY, G., FEHÉR, D., SALÁTA, J., BELEZNAL, SZ., HERMANN, P., BORBÉLY, J., SHEN, ZJ. (2020): Spectrophotometric examination of the optical effects of monolithic multilayered zirconia with different substrates. *Advances in Applied Ceramics* 2020;119(5-6):261-266. <https://doi.org/10.1080/17436753.2019.1707412>
- ADAIR, PJ. (1984): Dental products and process involving mica compositions. US patent no. 4 431 420. 1984.
- AL-WAHADNI, A. (1999): The Roots of Dental Porcelain: A Brief Historical Perspective. *Dental News* 1999;6(2):43-44.
- ASGAR, K. (1988): Casting metals in dentistry: past-present-future. *Adv Dent Res* 1988;2(1):33-43. <https://doi.org/10.1177/08959374880020011701>
- BORBÉLY, J., HAJDU, Z., WHITEMAN, YY., GERLÓCZY, P., MCLAREN, EA. (2015): Kerámia. In: Kóbor, A., Kivovics, P., Hermann, P. (szerk.): Fogpótlástani anyagtan és odontotechnológia. Budapest, 107-140.
- DONG, JK., LUTHY, H., WOHLWEND, A., SCHÄRER, P. (1992): Heat-pressed ceramics: technology and strength. *Int J Prosthodont* 1992;5(1):9-16.
- FÁBIÁN, T. (2001): A részleges foghiányok pótlása. In: Fábíán, T. (szerk.): A fogpótlástan alapjai. Budapest, 142-143.; 223-225.
- FORRAI, J. (2005): Az újkori fogászat kezdete a 18. században. In: Forrai, J. (szerk.): Fejezetek a fogorvoslás és eszközeinek történetéből. Budapest, 112-113.
- FU, L., ENGQVIST, H., XIA, W. (2020): Glass-Ceramics in Dentistry: A Review. *Materials (Basel)* 2020;13(5):1049. <https://doi.org/10.3390/ma13051049>
- GREY, NJ., PIDDOCK, V., WILSON, MA. (1993): In vitro comparison of conventional crowns and a new all-ceramic system. *J Dent* 1993;21(1):47-51. [https://doi.org/10.1016/0300-5712\(93\)90051-Q](https://doi.org/10.1016/0300-5712(93)90051-Q)
- HÖLAND, W., SCHWEIGER, M., FRANK, M., RHEINBERGER, V. (2000): A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. *J Biomed Mater Res* 2000;53(4):297-303. [https://doi.org/10.1002/1097-4636\(2000\)53:4%3C297::AID-JBM3%3E3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/1097-4636(2000)53:4%3C297::AID-JBM3%3E3.0.CO;2-G)
- KELLY, JR., BENETTI, P. (2011): Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Australian Dental Journal* 2011;56(1):84-96. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01299.x>
- KELLY, JR., NISHIMURA, I., CAMPBELL, SD. (1996): Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *J Prosthet Dent* 1996;75(1):18-32. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(96\)90413-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(96)90413-8)
- KÓBOR, A. (2015): A porcelán és a fogászati kerámia története. In: Kóbor, A., Kivovics, P., Hermann, P. (szerk.): Fogpótlástani anyagtan és odontotechnológia. Budapest, 108-109.
- KURDYK, B. (1999): Giuseppangelo Fonzi: Industrial Fabrication Promoter of Porcelain Prosthetics. *J Hist Dent* 1999;47(2):79-82.
- LINNINGER, M. (2015): Fogászati fémötvözetek. In: Kóbor, A., Kivovics, P., Hermann, P. (szerk.): Fogpótlástani anyagtan és odontotechnológia. Budapest, 96-102.
- MCLEAN, JW. (2001): Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *J Prosthet Dent* 2001;85(1):61-66. <https://doi.org/10.1067/mpr.2001.112545>
- MEGYERI, J. (1942): Az agyag, a kaolin és belőlük készülő cikkek gyártása. *A Cselekvés Iskolája* 1942;10:153-158.
- PATHRABE, A., LAHOTI, K., GADE, JR. (2016): Metal Free Ceramics in Dentistry: A Review. *Int J Oral Health Med Res* 2016;2(5):154-158.

- RAPTIS, NV., MICHALAKIS, KX., HIRAYAMA, H. (2006): Optical behavior of current ceramic systems. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26(1):31-41.
- RUSE, ND., SADOWN, MJ. (2014): Resin-composite Blocks for Dental CAD/CAM Applications. *J Dent Res* 2014;93(12):1232-1234. <https://doi.org/10.1177/0022034514553976>
- SEGHI, RR., SORENSEN, JA. (1995): Relative flexural strength of six new ceramic materials. *Int J Prosthodont* 1995;8(3):239-246.
- SOERSEN, JA., TORRES, TJ., KANG, SK., AVERA, SP. (1990): Marginal fidelity of ceramic crowns with different margin designs. *J Dent Res* 1990;69:279.
- SOUTHAN, DE. (1970): The development and characteristics of dental porcelain. *Australian Dental Journal* 1970;15(2):103-107. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.1970.tb00931.x>
- SOZIO, RB., RILEY, EJ. (1983): The shrink-free ceramic crown. *J Prosthet Dent* 1983;49(2):182-187. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(83\)90497-3](https://doi.org/10.1016/0022-3913(83)90497-3)
- SZTRÓKAY, KI. (1966): Szilikátok. In: Koch, S., Sztrókay, KI. (szerk.): Ásványtan II. Budapest, 790-793.
- TÖLGYESI, F., DERKA, I., MÓDOS, K. (2012): Kerámiák szerkezete. In: Tölgyesi, F., Derka, I., Módos, K. (szerk.): Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai. Budapest, 107-116.
- WEINSTEIN, M., WEINSTEIN, LK., KATZ, S., WEINSTEIN, A. (1962): Fused Porcelain-to-Metal Teeth. US Patent no. 3 052 982. 1962.

Ábrajegyzék

1. ábra: 7. századi kínai porcelánkancsó a Tang-dinasztia idejéből.
<https://images.metmuseum.org/CRDImages/as/original/DP222014.jpg>
2. ábra: T. Rowlandson 1811-ben készült karikatúrája a büszke de Chémant-t és az új porcelán műfogsorától boldog páciensét ábrázolja.
https://de.wikipedia.org/wiki/Nicolas_Dubois_de_Ch%C3%A9mant#/media/Datei:N._Dubois_de_Ch%C3%A9mant_demonstrating_his_own_and_a_grotesque_Wellcome_V0012069.jpg
3. ábra: Felső frontfogakra készülő fémkerámia koronák.
https://bellavisomedicalcenter.ae/wp-content/uploads/2020/12/artboard_2_copy_77_4_Zjvgf.jpg
4. ábra: A fogászati kerámiaanyagok fejlődésének főbb állomásai a 20. század végéig.
A szerző saját ábrája.
5. ábra: Lítium-diszilikát üvegkerámia tömb a maróegységbe helyezve.
A szerző saját ábrája.