A fogszín meghatározás alapjai

Prof. Dr. Hegedűs Csaba, Dr. Jenei Attila,
Dr. Bistey Tamás

Készült: 2015.05.31.

A tananyag elkészítését "Az élettudományi- klinikai felsőoktatás gyakorlatorientált és hallgatóbarát korszerűsítése a vidéki képzőhelyek nemzetközi versenyképességének erősítésére" TÁMOP 4.1.1.C-13/1/KONV-2014-0001 *számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.*

TARTALOMJEGYZÉK

12. A FOGSZÍN MEGHATÁROZÁS ALAPJAI 3
12.1 A színérzet sajátosságai 4
12.2 A színkeverés 9
12.3 A fogszín meghatározás lehetőségei 10
12.4 Gyakorlati tanácsok a feladat eredményesebb végrehajtásához: 15
12.5 A fogfehérítés 17
12.5.1 Történeti áttekintés 17
12.5.2 A fogelszíneződések kémiája 18
12.5.3 A fogfehérítés kémiája 19
12.5.4 A fogfehérítők összetétele 22
12.5.5 Mellékhatások 23
FELADATOK ..... **Hiba! A könyvjelző nem létezik.**
Felhasznált szakirodalom 24

12. A FOGSZÍN MEGHATÁROZÁS ALAPJAI

Az elektromágneses spektrum un látható tartománya az a kb. 380-780 nm közötti hullámhossz tartomány, melyet az emberi szem érzékelni képes. Ennek a tartománynak közvetlen szomszédságában található –a növekvő hullámhosszak irányában- az un infravörös és a –csökkenő irányban pedig- az ultraibolya tartomány. Optikai sugárzásokon a 1000 és 100 nm közötti hullámhossztartományban lévő elektromágneses sugárzásokat értjük. Ezek a tartományok optikai tulajdonságaikat nézve nagyon hasonlóan viselkednek pld. ezeket a hullámhosszakhoz rendelkezünk lencsékkel és felhasználjuk őket képalkotásra. Az emberi szem különbséget tud tenni a látható tartományban eső fénysugarak között azok színe, azaz hullámhossza alapján. Eltérő hullámhosszúságú fényt eltérő színűnek érzékelünk. A színlátást nemcsak a fény fizikai tulajdonsága határozza meg, hiszen a spektrum minden hullámhosszához hozzárendelhetünk egy színt, de nem minden színhez rendelhető egyértelműen egy hullámhossz. Mindezek mellett voltaképpen a színlátás az emberi szem látható tartományba eső elektromágneses hullámok által kiváltott érzet, amely a különböző megvilágító és a környezetben jelen levő elektromágneses hullámok spektrális eloszlásán (fizikai tulajdonságain) kívül döntő mértékben függ a szem és az agy működésétől, sőt, pszichológiai jelenségektől is. A színek érzékelése tehát személyes élmény, nem mérhető objektivitás, vizsgálata emiatt a fizikától a biológián és a pszichológián át egészen a képzőművészetekig vezet.

Az esztétikai igények mind tökéletesebb kielégítése érdekében a helyes színmeghatározás fontos lépés a fogpótlások készítése során. A fogszín szubjektív érzet, amelyet számos tényező határoz meg. A fogak színeinek természethű visszaadását nem lehet leegyszerűsíteni a leggyakrabban

alkalmazott un. fogszínkulcsban található néhány variációra. A fogszín-meghatározás ennél sokkal komplexebb dolog, és a helyes színválasztáshoz elengedhetetlenül szükséges a színtanbeli jártasság.

A minket körülvevő dolgokat színekben látjuk. A látásunk alapján képesek vagyunk tárgyakat azonosítani, elkülöníteni és a minőségüket megítélni, amelyekre rátekintünk.
A szín illetve a színérzékelés a látómező két a szem számára struktúramentesnek látszó helyének az a tulajdonsága hogy azok mozdulatlan szemmel nézve egymástól különböznek
A színlátás alapján az észlelő a sugárzó energiaeloszlásból adódó érzetkülönbségeket állapít meg

12.1 A színérzet sajátosságai

A színérzet háromdimenziós mennyiség:

Színezet (Hue)

Kromatikus

Akromatikus

Világosság (Brightness)

Viszonyított világosság

Telítettség (Saturation)

Azonos világosságú színezetnek az akromatikus szín és az azonos színezettségű spektrumszín közötti elhelyezkedés

A színek lehetnek:

- A semleges színek a fény teljes elnyeléséből (fekete), illetve teljes visszaverésével (fehér) keletkeznek
- A szürke szín a ráeső fény színeit csak részben, de egyenlő mértékben veri vissza
- A tarka színek a ráeső fényből valamely színű összetevőt visszaverik, a többit elnyelik

A színlátás elmélete szerint valamely szín alkalmasan megválasztott három alapszín (vörös, kék, zöld) keverésével előállítható

Ahhoz, hogy egy színt meghatározzunk, először is le kell írnunk, hogy ténylegesen mit látunk. Egy normál látású személy körülbelül 10 millió színárnyalatot képes látni. A szín pontos leírása

rendkívül bonyolult matematikai feladat, ezért a gyakorlatban egyszerűbb modelleket alkalmaznak, pl. a Munsell-, CIE- rendszer.

Bár korábban többféle színlátás-elmélet volt érvényben, ma már majdnem kizárólag az úgynevezett trikromatikus (háromszínű) elmélet az általánosan elfogadott. Az elmélet szerint a retinában háromféle csapsejt van, amelyek a bennük lévő különböző abszorpciós spektrummal rendelkező rodopszin molekula festékanyagoktól függően a látható fény hosszú (piros), közepes (zöld) vagy rövid (kék) hullámhosszúságú tartományába eső fényre érzékenyek. Az ingerlés hatására ezeknek a sejteknek az együttes jele határozza meg azt a színt, amit végül érzékelünk. Ez az un Young-Helmholtz elmélet, felhasználva Newton korábbi kísérleti eredményeit, mely során a fehér fényt prizma segítségével komponensekre bontotta a törésmutató hullámhossz függősége miatt.

Az így kapott tiszta spektrumszíneket már nem sikerült tovább bontani, a spektrumban minden színnek egy adott hullámhosszúságú elektromágneses hullám felelt meg. Newton később azt is megfigyelte, hogy az emberi szem olykor nem képes különbséget tenni az egymástól távoli színek kombinációjaként előálló színek között. Ha például vörös és zöld fénysugarakat egyesített, a kapott fény egy harmadik tiszta szín, a sárga által keltett érzettel megegyező, attól megkülönböztethetetlen érzetet keltett. A két azonos színű fény fizikailag természetesen lényegesen különböző, az összetett fénysugarat nem lehet egyetlen frekvenciával jellemezni, bennünk mégis ugyanazt az érzetet keltik.

A színkeverési kísérletek során azt tapasztalták, hogy a fény¬keverék színét az összetevők színe szabja meg, azok un. spektrális összetételétől teljesen függetlenül. Így például az előbb ismertetett kísérletben adódó sárga szín nem függ attól, hogy a vörös és zöld komponensek monokromatikusak-e, vagy már maguk is keverékszínek.

A legtöbb szín három alapszín segítségével kikeverhető. A trikromatikus elmélet alapvető színhármasának a legtöbb tanulmány a vörös-zöld-kék színhármast választja, mert ezek segítségével lehet a legtöbb színt kikeverni, hogy a kombinációban a legkevesebb negatív összetevő szerepel.

A színkeverési kísérletek eredményeit standardizált színdiagramok foglalják össze. Néhány színt (például a barnát stb.) még ez a diagram sem tartalmaz, aminek az az oka, hogy ezek a színek önmagukban nem léteznek.

A színek érzékelése során a csapokból érkező jeleket az agyunk bonyolult idegi folyamatok során értelmezi. A tárgyak észlelt színei nem kizárólag a tárgyakról érkező fénytől függenek, hanem a tárgyról és a környezetéről érkező fények spektrális és intenzitás viszonyain alapulnak.

A színhőmérséklet a látható fény jellegzetessége. A látható tartományban kisugárzott energia hullámhossz szerinti eloszlására jellemző szám a színhőmérséklet. Egysége: Kelvin, K (a színhőmérséklet jele 1972 előtt kelvin fok (°K) volt).

A színek megítéléséhez – a mi szakmánkban a fogszínekhez- a megvilágítás hőfokának a nappali fényéhez kell alkalmazkodnia, ami kb. 6500 K-nek felel meg. Ezt az értéket nemzetközi standardként rögzítették, és D65-nek jelölik

Metamériának nevezzük azt a jelenséget, hogy az ember eltérő színspektrumokat azonos színként (benyomásként) érzékelhet. Az ember tehát nem tudja érzékelni a fény összetételét, s így azt részeire, színelemeire bontani se képes. Vannak olyan színingerek, melyek fizikailag különbözőek, de vizuális észleléssel nem megkülönböztethetőek. A gyakorlatban ez azt jelenti számunkra, hogy a fogszíneket a környezet eltérő megvilágítottságának tükrében másként látjuk.

Ahhoz, hogy egy anyag látható legyen, ill. színe érzékelhetővé váljon, az objektumnak kapcsolatba kell lépnie a fénnyel. A fény először a test határfelületére vetődik, itt keletkezik az első kölcsönhatás. A megfigyelő ezt a felületi reflexiót, mint csillogást észleli. A felületről nem visszavert fény a test belsejébe jut, s ott – az anyagtól függően – különbözőmértékben abszorbeálódik, ill. szóródik, mielőtt újra kilép a testből, s a megfigyelő szemébe jutva új ingereket kelt.

Az átlátszatlan tárgyak színe attól függ, hogy a rájuk eső fényből milyen színeket és milyen arányban vernek vissza, ill. nyelnek el. A tárgy színét a visszavert színek keveréke adja. A levelek zöld színét például az okozza, hogy a bennük található klorofill a Nap színképéből a vörös színt nyeli el, a többi fény eredőjeként pedig a kiegészítő zöldet kapjuk. Ősszel, amikor a klorofill elbomlik, a levélben található többi színanyag "érvényesül", így a levél az általuk meghatározott színeket veheti fel. A klorofillnál bonyolultabb összetételű festékek több

különböző hullámhosszú fényt is elnyelhetnek, így a visszavert fény is más hullámhosszú összetevőkből áll. Ebből következik, hogy a tárgyak színének legjobb közelítéséhez nagyon fontos a megvilágító fény összetétele. Ha a megvilágító szín csak olyan komponenseket tartalmaz, amelyeket a tárgy egyébként elnyelne, akkor a tárgy „igazi” színét csak nehézkesen tudjuk megállapítani.

A folyamat egyik jellemzője, az úgynevezett színállandóság. Nappal a természetes megvilágítás a szabadban a Rayleigh szórásnak és más légköri jelenségeknek köszönhetően nem állandó, a komponensek erőssége és színképe és intenzitásuk összetétele is változik napkeltétől délig és szürkületig. Hajnalban a fény rózsaszín, délelőtt a leginkább természetesen „fehér” délután határozottan sárga, egy lombos fa alatt a szórt fény zöld. Ezeket a napszakra jellemző különbségeket az elmúlt század filmmel dolgozó fotográfusai előszeretettel használták a téma hangulatának bemutatására. Az igazi természetes színeket pld. a délelőtti órákban sikerült megörökíteni. Ennek ellenére a tárgyak színét minden változó természetes megvilágítás mellett, ahol a spektrum szinte mindegyik komponense valamilyen intenzitással jelen van, szinte teljes bizonyossággal meg tudjuk állapítani, egy fehér papírlapot például fehérnek mondunk bármelyik napszakban, függetlenül attól, hogy milyen fény verődik vissza róla. Ez az állandóság érzés olyan erős, hogy az ember valakinek az arcszínét rutinszerűen összehasonlítja az egy órával, nappal, héttel ezelőtti, más fényben látott arcszínével. Ilyenformán észlelni tudja a pirulás, elsápadás vagy betegségek okozta színváltozásokat, holott ezek a változások sokkal kisebbek, mint a nappali megvilágításban bekövetkező színváltozások. Ebbe a kategóriába tartozik a fogak színének észlelése, a többivel történő összehasonlítása. Ez olyan, mintha „levonnánk a megvilágító fény komponenseit”, amikor valaminek a színét látjuk. Napjainkban a korszerű digitális képrögzítő eszközök rendelkeznek egy un. fehéregyensúly algoritmussal, és a felvételek készítésekor képesek korrigálni a megvilágító fény színhőmérséklete függvényében. A szín és háttér viszonyából adódó „színváltozás” nagyon jól bemutatható a számítógép színkombinációi segítségével. Egy középzöld szín például világosszürke alap előtt sötétzöld, kék háttér előtt sárgászöld árnyalatot kap. A számítógép színkészlete alkalmas a barna szín létrejöttének bemutatására is. Ugyanaz a barna szín fekete alappal okkersárgának, fehér alappal sötétbarnának látszik.

A piros, zöld, kék színek felismerése a szemünkben lévő 5-7 millió csap, a világosságfokozatok érzékelése a kb. 120 millió akromatikus pálcika feladata. Az emberi szemben háromféle

színérzékelő receptor sejt van, ezek a csapok. A különböző hullámhosszú fény ezeket más és más mértékben stimulálja. A sárgászöld az L és M csapokat egyformán erősen, de az S csapokat kevéssé aktiválja. A vörös fény az L csapokat sokkal inkább, mint az M csapokat, és az S csapokat nehezen; a kék-zöld az M csapokat erősebben, mint az L csapokat, és az S csapokat egy kicsit erősebben, és a pálcikáknak is ez a fő stimulálója; az ibolyára majdnem kizárólag az S csapok válaszolnak. Az agy ezekből az információkból alkotja meg a különböző színeket a különböző hullámhosszakhoz. Az L és M csapok pigmentjeinek génjei az X kromoszómán öröklődnek. Ezek mutációja vezethet a színtévesztés gyakoribb típusaihoz. Színérzékelési hiányosságok főként akkor fordulnak elő, ha egy személy egy vagy több szín látására képes csapsejtje hiányzik vagy kevéssé érzékeny.

Ha az alany kevesebb színt lát, akkor színtévesztő, ha pedig csak a szürke árnyalatait érzékeli a fehértől a feketéig, akkor színvak. Agyi sérülések is okozhatnak színlátási zavarokat, ha a vizuális rendszer sérül. Veleszületett színlátás zavarok a férfiak 8 %-nál és a nők 0,4 %-nál figyelhető meg.

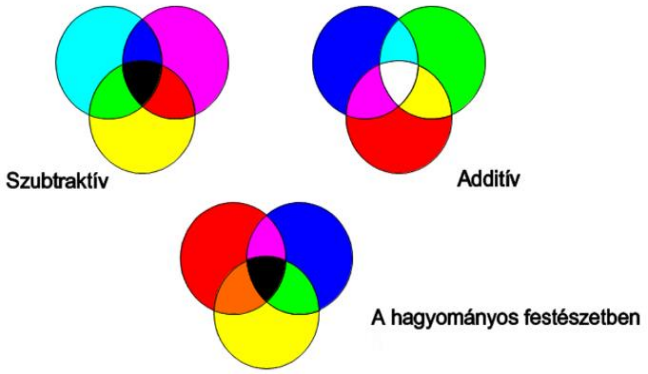
A szín észlelésében szerepet játszik a szemben levő csapok tehetetlensége miatt kialakuló ún. pozitív utókép is. Pozitív utóképet látunk például, amikor egy sötét szobában a gyorsan mozgatott zseblámpa, vagy lézersugár nyalábja görbéket rajzol ki, mely „tehetetlenség” valójában a mozivetítés, mint mozgókép észlelés mechanizmusának alapja is.

Negatív utókép akkor jön létre, amikor egy erős színű fényforrást vagy tárgyat sokáig nézünk, és az hirtelen eltűnik, vagy tekintetünket egy másik objektumra irányítjuk. Ilyenkor az előzőleg nézett szín kiegészítő un komplementer színében néhány tíz másodpercre megjelenik a tárgy negatív képe. Nap felé tekintve például, ha behunyt szemmel arcunkat a Nap felé fordítjuk, a vérerekkel behálózott szemhéjunkon át hosszabb ideig csak vörös színű fényt látunk. Ha ezután (szemünket eltakarva) kinyitjuk a szemünket, hosszú másodpercekig zöldes fényben látunk mindent. Ennek valószínűleg a szemben 64%-ban jelen levő vörös csapsejtek kifáradása az oka, azok regenerálódásáig a másik két (32% zöld és 2% kék), eddig nem ingerelt csapsejt együttes működése állítja elő a képet.

12.2 A színkeverés

A különböző színek színkeveréssel állíthatók elő. A színkeverés lehet additív, szubtraktív és komplex additív szubtraktív, mint pl. a festészetben és a fogászatban használt pigmentek keverése. Az additív színkeverés a fényforrások színének kialakulására jellemző. Ha monokromatikus fénysugarakat összekeverünk, az eredmény egy kevert színű fénynyaláb lesz, amelyben az emberi érzékelés számára az egyes komponensek nem választhatók szét. Az ilyen típusú színkeverést additív színkeverésnek nevezik. Rendszeresen találkozunk vele televízió nézéskor, vagy bármiféle színes kijelzős elektronikai készülékek használatakor. Az összeadó színkeverés alapszínei a vörös, a zöld és a kék, ezeket különböző arányban keverve minden színt megkaphatunk. Az un RGB arányok/koordináták segítségével a feketétől a fehérig lehet kódolni a színeket. Ezeket egy kocka belső koordinátáinak is értelmezhetjük, ahol a kocka fekete és fehér csúcsait összekötő (szürke színt tartalmazó) térátlótól távolodva növekszik a színek telítettsége.

Az additív mellett un. szubtraktív kombinációt is ismerünk (például egy színes átlátszó üvegen csak azok a komponensek haladnak át, melyeket az üvegben található festékanyag nem nyel el, az elnyelt komponensek kivonódnak/hiányoznak az áthaladó fény spektrumából). A szubtraktív színkeverés a nem önálló fényforrások színének kialakulásáért felelős. A nem önálló fényforrásokat azért látjuk, mert a megvilágító fényforrások fényének egy részét visszaverik, illetve átengedik, így az eljut a szemünkbe. Felületen való visszaverődéskor, szóródáskor a felület a fénynyaláb bizonyos hullámhosszúságú összetevőit elnyelheti, kivonhatja, ezért látjuk a fehér fénnyel megvilágított tárgyakat színesnek. Azt a fajta színkeverést, amikor nem színek összeadásával, hanem színösszetevők kivonásával kapunk új színt, kivonó színkeverésnek nevezzük. Legkézenfekvőbb példája a festészet, amikor különböző színű festékek keverésével érjük el a kívánt színhatást, de a színes fényképezés, nyomtatás is ezen az elven alapul. Ilyenkor a színes felület színének azt látjuk, ami a megvilágító fehér fény spektrumából megmarad, a többi elnyelődik. A kivonó színkeverés ideális alapszínei a magenta (bíbor), sárga és a cián, de a színes nyomtatás fekete festéket is használ, a festészet pedig még többféle színt. Fehér = mindent visszaver (semmit sem nyel el) fekete = mindent elnyel (semmit nem ver vissza) Szürke = mindenből kb. azonos mennyiségűt ver vissza.



1. ábra: A különböző színkeverési típusok összehasonlítása

A fogszínérzetet meghatározó fontosabb optikai tényezők a világosság, telítettség, színezet (value, chroma, hue), az opaleszcencia és a fluoreszcencia.

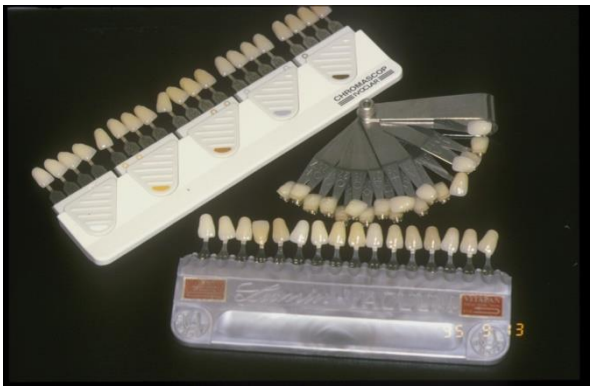
A fogszínt az optikai jellemzőkön kívül meghatározó opacitás, transzparencia és transzlucencia a visszavert fény hullámhosszával nem magyarázható értékek. Az opacitás fényelnyelést, a transzparencia áttetszőséget, a transzlucencia némi fény átengedését jelenti. Ehhez jönnek még a felszíni jellegzetességek és a fénylés (luszter), valamint az agy kognitív funkciója, amely a formát és a méretet is figyelembe veszi az összbenyomás kialakításához. A természetes fogszínt csak akkor tudjuk visszaadni, ha valamennyi befolyásoló tényezőt együttesen vesszük figyelembe.

12.3 A fogszín meghatározás lehetőségei

- Fogszínkulcsokkal történő összehasonlítás
- Színes dia készítése, színtérképek rajzolása
- digitális fogszín meghatározás, colorimetria,

Fogszínkulcsok

-Vita: Színtani alapokat figyelembe véve hozták létre a fogszínkulcsot. Csak telítettség és színezet szerint kínál választási lehetőséget.



2. ábra: Fogszínkulcsok

3. ábra: Fogszínmeghatározás

4. ábra: Fogszínmeghatározás szürke háttérrel

-Vitapan 3-D Master: A Vitapan 3D-Master fogszínkulcsban lévő színek a természetes fogak színterét egyenletesen fedi.

-Digitális fogszín-meghatározás

A digitális fogszín-meghatározások célja a fog világosságának, telítettségének, színezetének, transzlucenciájának precíz, objektív számszerűsített meghatározása és annak kiértékelhető, a fogtechnikus számára átadható információkká alakítása.

5. ábra: Esztétikailag kifogásolható fogszín választás

6. ábra: Esztétikailag nem megfelelő fogszín és felületi textúra kialakítás

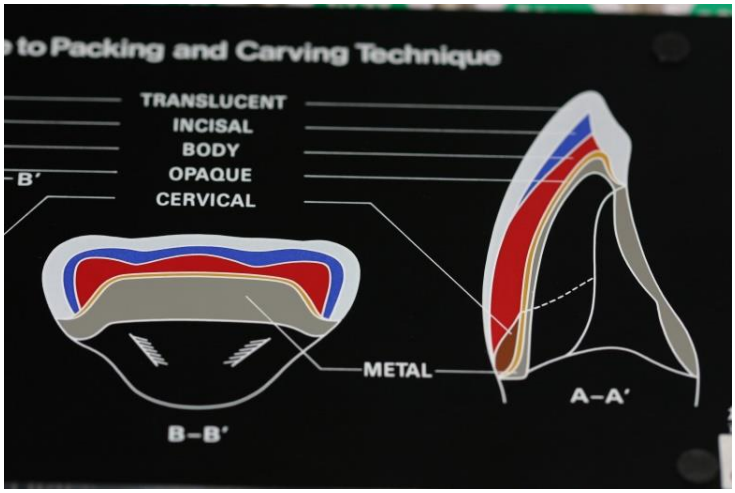
7. ábra: Esztétikailag megfelelő fogszín struktúra kialakítása

Fogszínválasztást befolyásoló tényezők

A színre és színválasztásra nagy hatással van a környezet. A megvilágítás a rendelőben, a laborban, a falak színe, a dekorációk, a napfény mennyisége, a beteg élénk színű ruhája és arcfestéke, a megfigyelés iránya egyaránt befolyásoló tényező.

8. ábra: Üvegkerámia készlet

9. ábra: Üvegkerámia készlet színeinek bemutatása



10. ábra: Üvegkerámia rétegek felrakásának bemutatása

A megvilágító eszköztől függően eltérő az adott fény domináns hullámhossza a kibocsátott spektrumban. A fluoreszcens fény kék árnyalata, az izzólámpánál a sárgás-vörös tartomány hangsúlyozott. A metaméria (fizikailag teljesen eltérő, tehát különféle spektrális összetételű fények a szem számára ugyanolyan minőségű színingereket jelenthetnek, és azonos színérzetet kelthetnek) csökkentésének érdekében a színmeghatározást azonos körülmények mellett kell

végezni a rendelőben és a laborban egyaránt. A standardizálás érdekében színkorrigált fehér fényt kellene alkalmaznunk. Ennek a világításnak a színvisszaadó indexe 90 vagy ennél nagyobb, a színhőmérséklete 5500 K. (A színvisszaadási index –a megvilágítási energia adott felületre beesési szöge és az azonos szögben visszaverődő sugárzási energia hányadosa- a reflexió (visszavert sugárzás) mértékét adja meg.)

A megfelelő színű leplezés kialakítása nehéz feladat elé állítja a gyakorló fogtechnikust is a megfelelő színinformáció reprodukálásában és a megfelelő leplezőanyag kiválasztásában és feldolgozásánál egyaránt.

12.4 Gyakorlati tanácsok a feladat eredményesebb végrehajtásához:

1. A labor és a rendelő azonos színhőmérsékletű helyi megvilágítás mellett határozza meg, ill. ellenőrizze a színeket.

2. A neutrális színkörnyezet biztosítása érdekében kerüljük az élénk színű falakat, dekorációkat, függönyöket.

3. A pontos fogszín információ kialakításához használhatunk a fogorvossal/fogtechnikussal egyeztetve színtérképet, ill. ha van lehetőség, a kiválasztott fogszínkulccsal együtt készített fényképet.

4. A rendelő megvilágításánál megfelelő teljesítményű háttérvilágításra van szükség. A szájreflektor fényteljesítménye átlagosan 20.000-30.000 lux. Háttérvilágításként átlagosan 2.000-2.500 lux teljesítményre van szükség. 5.500 K színhőmérsékletű fénnyel.

5. A neutrális színkörnyezet biztosítása érdekében a beteg világos arcfestékét és szájrúzsát eltávolítjuk és egy semleges (szürke ill. kék) nyálkendővel a beteg élénk színű ruháját letakarjuk. A kék háttér használata azért előnyös, mert a kék szín érzékelő csapok fáradása fokozza a fogak domináns árnyalatának érzékenységét.

6. A beteg szájának az orvos szemével egy magasságban kell lennie.

7. A színválasztást a kezelés megkezdése előtt, végezzük a szem kifáradásának elkerülése miatt.

8. Gyors szín-összehasonlítást végezzünk (5mp), így elkerülhetjük a csapok kifáradását a retinában. Az elnyújtott vizsgálat megterheli a csapokat és csökken a kromaticitás érzékelése.

9. A világosság megítélésére félig behunyjuk szemünket (hunyorítunk) így csökken a szembe jutó fény mennyisége ami a csapok inaktiválódásához vezet. Ez teszi lehetővé, hogy a retina perifériáján elhelyezkedő pálcikák segítségével jobban megkülönböztethessük a világosságot és a sötétséget.

10. A színkulcs nyakát takarjuk le, mert az erős külső festés zavarhatja a meghatározást.

11. Nézzük át gyorsan a színkulcsot és válasszuk ki a megközelítőleg hasonló árnyalatokat.

12. Hasonlítsuk össze a választott színeket különböző feltételek mellett (pl. vizesen és szárazon, ajak mellett és eltartott ajakán, különböző irányú megvilágítás mellett)

13. A metameria miatt hasonlítsuk össze a választott színt eltérő megvilágosításnál (pl. színkorrigált, izzólámpa, fluorescens és nappali fény).

14. Használjuk a szemfogat a színválasztás referenciájaként, mivel itt magasabb a domináns árnyalat kromaticitása.

11. ábra: Nem megfelelő színű és formájú fogak korrekciója fémmentes kerámiapótlással

12. ábra: A egyénileg égetett kerámia fogpótlások a beteg által kifogásolt esztétikai hibák megszűntetésére

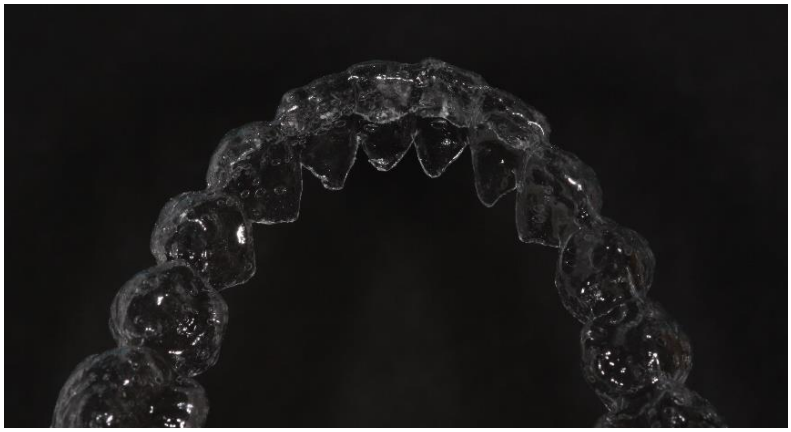
12.5 A fogfehérítés

Napjainkban az esztétikai fogászat szerves részét képezi a fogfehérítés. Ennek az eljárásnak a segítségével számos olyan kedvezőtlen esztétikai eltérés korrigálható, amely nem igényli a fog kemény szöveteinek a preparálással történő elvételét. Ennek igen nagy jelentősége van, hiszen a fog kemény szöveteinek eltávolítása mindig irreverzibilis folyamat.

12.5.1 Történeti áttekintés

Már az időszámítás előttről ránk maradt ismeretek is beszámolnak különböző olyan eljárásokról, melyekkel a fogakat fehéríteni, világosítani próbálták. Tudományosan megalapozott módszerek kidolgozására csak a kémia és a fizika fejlődése után kerülhetett sor. 1989-ben *VB Haywood* és *HO Heymann* [4] egy olyan technikát írtak le, melynek során a páciens a fogfehérítést a rendelőn kívül végezhette. Az ezt megelőző időszakban a felmerülő magas költségek jelentősen korlátozták a fogfehérítés széles körben való alkalmazást, de *Haywood* és *Heymann* módszerével nagy populációk számára vált elérhetővé a fogfehérítési eljárás (7-8 ábra).

13. ábra: Otthoni fogfehérítő készítmény

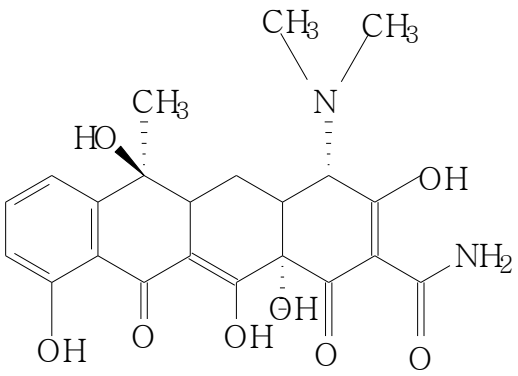


14. ábra: Az otthoni fogfehérítéshez használt sín

12.5.2 A fogelszíneződések kémiája

Ahhoz, hogy megértsük a fogfehérítők hatását, ismernünk kell a fogelszíneződések kémiái sajátságait. A fogelszíneződések etiológiáját tekintve megállapítható, hogy élelmiszerek, gyógyszerek, trauma, és szisztémás megbetegedések is előidézhetnek elszíneződéseket. A kialakulásukat tekintve az elszíneződések a fogfejlődés pre- és poszteruptív szakaszaiban is manifesztálódhatnak. Mivel elszíneződéseket igen nagyszámú kémiai molekula képes létrehozni, az elszíneződéseket sokan, sokféle szempont szerint osztályozták már. Az osztályozások szempontjai különbözőek lehetnek: elszíneződés helye, a kiváltó ágensek, az elszíneződés kialakulásának ideje stb. A különböző osztályozási módok közül az egyik leggyakrabban használt a *Salim A Nathoo* [5] által leírt beosztás, amely a fogszíneződéseket két nagy csoportba osztotta: külső és belső elszíneződések. Nathoo osztályozásának lényege, az elszíneződés folyamatának kémiai sajátosságai. A külső elszíneződések közül három típust különböztet meg. Ezeket N1, N2 illetve N3 névvel látta el. Az N1 és N2 un. direkt elszíneződés, mivel az

elszíneződést kiváltó molekula, a kromogén, önmagában is színes. Az N3 elszíneződés viszont un. indirekt elszíneződés, mert egy színtelen kromogén hoz létre elszíneződést a fog felszínén. Az N1 típusú elszíneződésekben a kromogén, és maga az elszíneződés azonos színű, míg az N2 típus esetében a kromogén molekula színes, de a foghoz való kötődés után a színe megváltozik. A harmadik típus (N3) jellemzője, hogy a színtelen kromogén színessé válik a fog felszínén. A kromogén molekulák a legtöbb esetben ciklikus gyűrűket vagy kettős kötéseket tartalmaznak, amelyek a szín kialakulásában játszanak szerepet (9. ábra).



15. ábra: Tetraciklin molekula

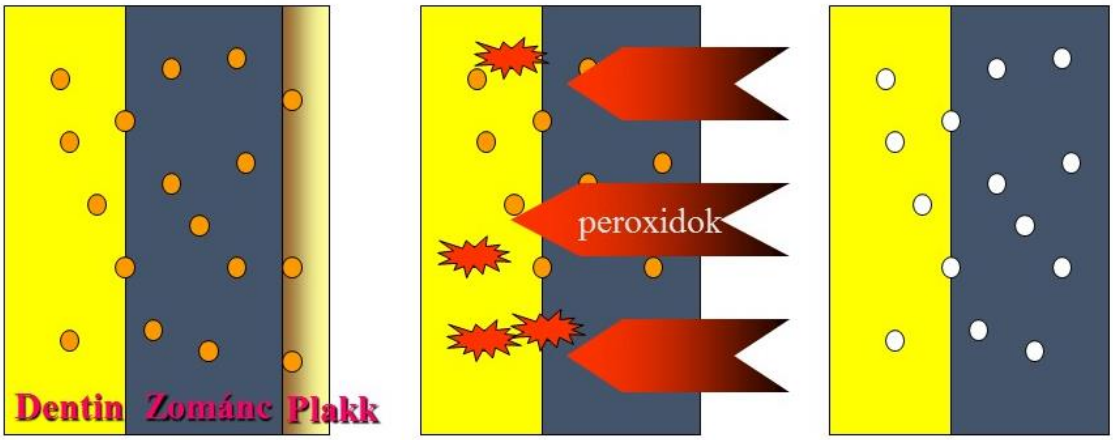
Nathoo felosztásának hátránya, hogy nem foglalkozik a belső elszíneződésekkel. A belső elszíneződések pontos mechanizmusa sok esetben nem ismert, és a kialakulásukról, kémiájukról is keveset tudunk. Jelentőségük viszont nagy, mivel kezelésük sok nehézséget okoz a klinikai gyakorlatban, és az esetek többségében ilyen elváltozásokkal találkozunk.

12.5.3 A fogfehérítés kémiája

A fogfehérítés hatásmechanizmusában egy „nem-szelektív” oxidáció megy végbe a fog felszínén, és a kemény szövetek belső struktúráiban. A hidrogén-peroxid egy igen reaktív vegyület, mely nyállal, vérrel, fehérjével illetve más organikus elemekkel érintkezve, azonnal bomlásnak indul. Ennek eredményeként szabadgyökök szabadulnak fel, melyek aztán spontán vízzé és oxigénné alakulnak.

$$2\ H_2O_2 = 2\ H_2O + O_2$$

A víz és oxigén keletkezését szabadgyök képződés előzi meg. Ezen a szabad gyökök közül a hidroxil gyök (•OH) a leginkább reaktív, míg a szuperoxid ($O_2•^-$) és a perhidroxi ($HO•_2$) gyökök kevésbé reakcióképesek. A hidroxil gyök mindennel gyorsan reagál, citotoxikus, erős oxidáló hatású, és lácnreakciót is képes elindítani. A hidrogén-peroxid valamint szabadgyök bomlástermékeik az élő szövetekben is jelen vannak, ahol azonban peroxidázok révén, enzimatikus úton, rövid időn belül inaktiválódnak. Ez a folyamat része a mindennapi sejtfolyamatoknak, melyek azonban a fog felszínén és a fog kemény szöveteiben egyáltalán vagy csak nagyon korlátozott mértékben (nyál peroxidáz) vannak jelen, így a fogfehérítés során keletkező szabad gyökök hosszabb ideig aktívak maradhatnak. A hidrogén-peroxid és belőle felszabaduló szabadgyökök egyik legfontosabb tulajdonsága, hogy kis molekulasúlyuk miatt képesek a zománcba illetve a dentinbe penetrálni és a szövetekben található organikus anyagokat oxidálni. Mivel a fogban vagy a felületén található elszíneződést okozó anyagok általában organikus eredetűek, ez az oxidatív kezelési módszer meglehetősen hatékony tud lenni a legtöbb elszíneződés esetén. Az oxidáció során a kromogének kémiai struktúrája megváltozik és elvesztik színüket. Ez a kémia átalakulás és az ezzel járó színváltozás feltehetően a kettős kötések átalakulásával van összefüggésben. Sajnos ezekről a kémiai átalakulásokról keveset tudunk. Fontos azonban látnunk, hogy a színtelenné vált kromogén molekula nem távozik el a fog szöveteiből, csak kémiailag átalakul az oxidáció során (10. ábra).



16. ábra: A fogfehérítő anyagok hatásmechanizmusa

A folyamat során nem lehet megakadályozni azt, hogy a szabad gyökök a zománcban, a dentinben és nem utolsó sorban a pulpában lévő molekulákat is oxidálják. A folyamat ilyen formában tehát nem-szelektív, az elszíneződéseket kiváltó kromogénekre vonatkoztatva. A fent említett penetráció nagy jelentőségű a fogfehérítés folyamatában, hiszen ahhoz hogy színváltozást, világosodást érhessünk el, a peroxidoknak a belső szövetrétegekre is hatással kell lenniük, melyek a fog színének kialakításában nagy szerepet játszanak. A fogszín kialakításában a dentinnek és a zománcnak egyaránt jelentős szerepe van. A dentin a fog alapszínét határozza meg, a zománc viszont önmagában, a fog optikai szempontjából színtelennek mondható. A zománc jelenléte azonban alapvetően fontos a fog színének kialakításában, mert olyan optikai tulajdonságokat kölcsönöz a fognak, mint az opaleszcencia és a fluoreszcencia. A fentiekből következik, hogy a fogszín igen összetett módon alakul ki, és amikor meg szeretnénk változtatni a fog színét, ismernünk kell annak jellemzőit, illetve a szövetek tulajdonságait is. Az elszíneződések a zománcban és a dentinben egyaránt jelen vannak, ami szükségessé teszi a peroxidok és a szabadgyökök penetrációját. Ennek mértéke optimálisan a dentin-pulpa határig tartana, aminek megvalósítás azonban nem lehetséges, még empirikus úton nyert adatok segítségével sem, hiszen nem lehet meghatározni a dentin vastagságát illetve a kemény szövetek peroxidra vonatkoztatott permeabilitását, egyénre vonatkozóan, és még további faktorokat sem. Mivel a peroxidok és a szabad gyökök a pulpát is elérik, a gyakorlatban számolni kell pulpális mellékhatásokkal, melyek szöveti szinten is kimutathatóak [6]. Az eukarióta sejtek oxidatív stressz hatásra (beleértve a H_2O_2-t is) a hem-oxigenáz-1 enzimszint növekedésével reagálnak. Emellett in vitro vizsgálatokban megnövekedett peroxid penetrációt mutattak ki, ahol a penetráció mértéke arányos volt a hidrogén-peroxid koncentrációval [7]. A pulpában végbemenő változások az irreverzibilis szintet is elérhetik, mint azt *Seal és Wilson* eredményei is mutatják [8]. Annak érdekében, hogy a fog színét megváltoztathassuk, a dentin színét kell világosabbá tenni, a peroxidok penetrációja révén. *McCaslin* és munkatársai [9] kimutatták, hogy a 10 %-os karbamid-peroxiddal végzett kezelések után a dentin vált világosabbá. A dentin világosodása egységes volt a vizsgált dentin minták teljes vastagságában, ami azt jelenti, hogy peroxidok a teljes dentin rétegen képesek átjutni. Ennek a jelentősége a klinikai gyakorlatban van, hiszen a fogfehérítési kezelés során, vagy az utána jelentkező mellékhatásoknak ez áll, vagy állhat a hátterében.

12.5.4 A fogfehérítők összetétele

A fogfehérítő készítmények gél formátumban kerülnek forgalomba. A készítmény összetételét annak megfelelően alakítják, hogy optimális legyen a felhasználása és a használat utáni lemosása is. Annak érdekében, hogy a gél optimális adhézióval rendelkezzen a fog szöveteihez, és eközben elkerüljük az anyagnak a spatulára vagy a fehérítő sínre való tapadását megfelelően kell adagolni az egyes komponenseket.

A készítmény oldószerként 60-90 tömeg% polihidroxil alkoholt (glicerin, propilén glikol) tartalmaz, a megfelelő konzisztencia kialakításához 05-15 tömeg% metil-vinil-éter maleinsav anhidrid kopolimert, és Carbopolt (karboxi-polimetilén), valamint aktív hatóanyagként 1-25 tömeg% karbamid-peroxidot. A metil-vinil-éter maleinsav anhidrid kopolimert pH értékét 5-7 közé állítják be, és 1,9 dekadiénnek keresztkötéseket alakítanak ki a láncok között. Ezzel a keresztkötéssel a kopolimer mennyiségét 20 tömeg% felé is növelhetjük. Ezen kívül még íz anyagok, nátrium-fluorid és kálium-nitrát utóbbiak a dentin és a zománc védelmében találhatók a fogfehérítő készítményekben.

Rendelői fogfehérítés során (11. ábra) alkalmazott készítményekben a hidrogén-peroxid mennyisége 35-38% is lehet. Ezeket a készítményeket a legtöbb esetben LED vagy lézer fényforrással megvilágítva alkalmazzák a gyors eredmények elérése érdekében. A készítménybe fém ligand komplexeket, benzofenon és benzotriazol derivátumokat alkalmaznak fotoinciátorként, mely 350-700 nm közötti fény abszorbciójára képesek.

17. ábra: Rendelői fogfehérítés

12.5.5 Mellékhatások

Bármennyire is vagyunk körültekintőek, a fogfehérítés során mellékhatások jelentkezhetnek. Ezek a mellékhatások függenek magától a készítménytől, a kezelés idejétől és még számos egyéb tényezőtől, többek között a pácienstől is. A mellékhatásokat két nagy csoportra oszthatjuk. Beszélhetünk szubjektív és objektív mellékhatásokról.

A szubjektív mellékhatások közé azok a páciensek által elmondott, érzett tünetek tartoznak, melyek mértéke egyénileg változik, és nem tudjuk egy adott paraméterrel jellemezni.

Az objektív mellékhatások (12. ábra) esetében *in vivo* vagy *in vitro* kísérletek eredményeképpen kapott paraméterekkel tudjuk jellemezni a végbemenő változást.

Az objektív melléhatásokat laboratóriumi körülmények között vagy módszerekkel lehet kimutatni, melyek közé a fokozott higany kioldódás az amalgámtömésekből, a kompozitok, illetve fogszabályozó zárak ragasztási erősségének csökkenése illetve a fogpótlások és tömések anyagaira gyakorolt hatás tartozik. A szabad gyökök penetrációja révén a peroxidok hatással lehetnek a pulpára is, és említést kell még tenni a fog kemény szöveteiben jelentkező mellékhatásokról.

18. ábra: Fogfehérítés után létrejött nyálkahártya lézió a 22, 23 fogak között

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

[1] HARLAN AW.: *Hydrogen dioxide (in the treatment of alveolar abscess, pyorrhea and the bleaching of teeth.* Dent Cosmos 1882: 515–23.

[2] JANOFF LE: *Origin and development of hydrogen peroxide disinfection systems.* CLAO Journal, 1990; 6: 1.

[3] NUTTING EB, POE GS.: *Chemical bleaching of discolored endodontically treated teeth.* Dent Clin North Am. 1967 Nov: 655-62.

[4] HAYWOOD VB, HEYMANN HO.: *Nightguard vital bleaching.* Quint Int 1989; 20: 173-176.

[5] NATHOO SA.: *The chemistry and mechanism of extrinsic and intrinsic discoloration*. J Am Dent Assoc 1997; 128: 6S-10S.

[6] ANDERSON DG, DANIEL J. CHIEGO DJ JR., GLICKMAN GB, MCCAULEY LK.: *A clinical assessment of the effects of 10 % carbamide peroxide gel on human pulp tissue.* J Endodont 1999; 25: 247-250.

[7] GÖKAY O, MÜJDECI A, ALGIN E.: *Peroxide penetration into the pulp from whitening strips*. J Endodont 2004; 30: 887-889.

[8] SEAL NS, WILSON CFG.: *Pulpal response to bleaching of teeth in dogs.* Pediatr Dent 1985; 7: 209-214.

[9] MCCASLIN AJ, HAYWOOD VB, POTTER BJ, DICKINSON GL, RUSSELL CM.: *Assessing dentin color changes from nightguard vital bleaching.* J Am Dent Assoc 1999; 130: 1485-90.

[10] HEIN DK, PLOEGER BJ, HARTUP JK, WAGSTAFF RS, PALMER TM, HANSEN LD.: *In-office vital tooth bleaching—what do lights add?* Compend Contin Educ Dent. 2003;24(4A):340-52.

[11] AL-SALEHI SK, HATTON PV, MCLEOD CW, COX AG.: *The effect of hydrogen peroxide concentration on metal ion release from dental amalgam.* J Dent 2007; 35: 172-176.

[12] ROTSTEIN I, DOGAN H, AVRON Y, SHEMESH H, STEINBERG D. MERCURY: *Release from dental amalgam after treatment with 10 % carbamide peroxide in vitro.:* Oral Surg Oral Med Oral Patho 2000; 89: 216-9.

[13] SWIFT EJ JR.: *Restorative considerations with vital tooth bleaching.* J Am Dent Assoc 1997; 128: 60S-64S.

[14] AL-SALEHI SK, HATTON PV, JOHNSON A, COX AG, MCLEOD C.: *The effect of hydrogen peroxide concentration on metal ion release from dental casting alloys.* J Oral Rehabil 2008; 35: 276-82.

[15] POLYDOROU O, MONTING JS, HELLWIG E, AUSCHILL TM.: *Effect of in-office tooth bleaching on the microhardness of six dental esthetic restorative materials.* Dent Mater 2007; 23: 153-8.

[16] ERNST CP, MARROQUIN BB, WILLERSHAUSEN-ZÖNNCHEN B.: *Effects of hydrogen peroxide-containing bleaching agents on the morphology of human enamel.* Quint Int 1996; 27: 53-56.

[17] MURCHISON DF, CHARLTON DG, MOORE BK.: *Carbamide peroxide bleaching: Effects on enamel surface hardness and bonding.* Oper Dent 1992; 17: 181-185.

[18] TONG LSM, PANG MKM, MOK NYC, KING NM, WEI SHY. *The effects of etching, micro-abrasion, and bleaching on surface enamel.* J Dent Res 1993; 72: 67-71.

[19] ROTSTEIN I, DANKER E, GOLDMAN A, HELING I, STABHOLZ A, ZALKIND M.: *Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching.* J Endod 1996; 22: 23-26.

[20] MCCRACKEN MS, HAYWOOD VB.: *Demineralization effects of 10 percent carbamide peroxide*. J Dent 1996; 24: 395-398.

[21] ARWILL T, MYRBERG N, SÖREMARK R.: *Penetration of radioactive isotopes through enamel and dentine II. Transfer of 22Na in fresh and chemically treated dental tissues.* Odont Revy 1969; 20: 47-54.

[22] CARRASCO LD, GUERISOLI DMZ, PÉCORA JD, FRÖNER IC.: *Evaluation of dentin permeability after light activated internal dental bleaching.* Dental Traumatol 2007; 23: 30–34.

[23] ATTIN T, KIELBASSA AM, SCHWANENBERG M, HELLWIG E. *Effect of fluoride treatment on remineralization of bleached enamel.* J Oral Rehabil 1997; 24: 282-286.

[24] ZANTNER C, BEHEIM-SCHWARZBACH N, NEUMANN K, KIELBASSA AM.: *Surface microhardness of enamel after different home bleaching procedures.* Dent Mater 2007; 23: 243-250.

[25] BASTING RT, RODRIGUES AL JR., CAMPOS SERRA M. *The effects of seven carbamide peroxide bleaching agents on enamel microhardness over time.* J Am Dent Assoc 2003; 134: 1335-1342.

[26] MAIA E, BARATIERI LN, DE ANDRADA CMA, SYLVIO MONTEIRO JR, VIEIRA LCC. *The influence of two home-applied bleaching agents on enamel microhardness: An in situ study.* J Dent 2008;36: 2-7.

[27] BITTER NC.: *A scanning electron microscope study of the long-term effect of bleaching agents on the enamel surface in vivo.* Gen Dent 1998; 46: 84-88.

[28] HEGEDŰS CS., KALAS A.: *Színtani alapismeretek a fogászatban* Magyar Fogtech 3, 27-30, 1995

[29] CS. HEGEDŰS, E. FLÓRA-NAGY, T. BISTEY, A. JENEI: *An atomic force microscopy study on effects of bleaching agents on enemel surface.* J Dent 27, 509-515, 1999

[30] T. BISTEY, I.P. NAGY, A. SIMO, CS. HEGEDŰS: *In vitro FT-IR study of the effects of hydrogen peroxide on superficial tooth enamel* J Dent 35, 325-330, 2007