

1	INDICE	
2		
3	1. Introduzione	2
4		
5	2. Sbiancamento Dentale	5
6		
7	2.1.Meccanismo di azione	5
8		
9	2.2.Composizione	9
10		
11	2.3.Classificazione	12
12		
13	2.4.Sbiancamento attivato con luce	18
14		
15	3. Il colore in Odontoiatria	21
16		
17	3.1 Il colore	21
18		
19	3.2 Interazione tra luce ed elemento dentale	21
20		
21	3.3 Rilevazione del colore in odontoiatria	26
22		
23	4. Nano-idrossiapatite	34
24		
25		
26	PROTOCOLLO SPERIMENTALE	37
27		
28	5. Obiettivo	38
29		
30	6. Materiale e Metodi	39
31		
32	6.1 Preparazione dei campioni	39
33		
34	6.2 Trattamento sbiancante.	41
35		
36	6.3 Analisi del colore.	42
37		
38	6.4 Analisi statistica	43
39		
40	7. Risultati	44
41		
42	8. Discussione	46
43		
44	9. Conclusione.	50
45		
46	BIBLIOGRAFIA	51
47		
48	Materiale supplementare	66
49		
50		
51		

52

53

1. INTRODUZIONE

54

55

56 L'odontoiatria estetica si è evoluta notevolmente negli ultimi decenni. L'esigenza dei pazienti di
57 migliorare il proprio sorriso implica al clinico una maggiore ricerca ed abilità per ricreare la struttura
58 e la forma naturale del dente. Il sorriso è diventato un simbolo di bellezza e salute ed un indicatore
59 della propria autostima. La letteratura e la clinica evidenziano come il colore dei denti anteriori
60 rappresenti uno dei fattori più importanti per determinare il successo estetico del sorriso. Di
61 conseguenza, lo sbiancamento dentale è diventato sempre più popolare, grazie alla sua efficienza,
62 semplicità, sicurezza, basso costo e approccio conservativo per il trattamento dei denti. Il colore dei
63 denti è influenzato da una combinazione del loro colore intrinseco e dalla presenza di eventuali
64 discromie estrinseche. Le discromie intrinseche sono causate, dall'incorporazione di cromofori
65 (pigmenti), nella dentina e nello smalto durante l'odontogenesi o dopo l'eruzione, oppure da disturbi
66 ereditari, farmaci (tetracicline), assorbimento eccessivo di fluoro o febbre alta associata a malattie
67 della prima infanzia (Dabanoglu et al., 2009). Invece, le discromie estrinseche sono il risultato
68 dell'adesione sulla superficie del dente di cromofori, contenuti, ad esempio, nel caffè, nel tè, nel vino
69 rosso, nelle carote, nelle arance o nel tabacco. Dal 1864, per evitare questo inconveniente, sono state
70 sviluppate ed introdotte nella clinica odontoiatrica diverse formulazioni di sbiancamento. Infatti,
71 mentre la maggior parte delle macchie esterne può essere rimossa con un'accurata igiene dentale, per
72 correggere o almeno ridurre la discromia intrinseca e/o quella resistente all'igiene dentale, è
73 maggiormente indicata l'applicazione di agenti ossidanti, che rompono direttamente i doppi legami
74 dei cromofori (Watts & Addy, 2001; Dahl & Pallesen, 2003; Jin et al., 2013). Questa procedura,
75 denominata sbiancamento, produce molecole più piccole che assorbono la luce con una lunghezza
76 d'onda più corta della luce visibile (come la luce ultravioletta), e quindi i denti non sembrano più
77 essere "macchiati" (Dadoun & Bartlett, 2003; Dabanoglu et al., 2009).

78 Le tecniche principali per lo sbiancamento sono tre: sbiancamento domiciliare, sbiancamento
79 professionale, e sbiancamento mediante prodotti da banco. Inoltre, vengono utilizzati altri metodi

80 descritti in letteratura per lo sbiancamento, ad esempio, metodi che impiegano diversi agenti
81 sbiancanti, concentrazioni, tempi di applicazione, formato del prodotto, modalità di applicazione e
82 attivazione della luce. Acido ossalico, soluzione clorica, biossido di idrogeno, cianuro di potassio
83 sono solo alcuni degli agenti precedentemente utilizzati. Al giorno d'oggi, il perossido è diventato
84 l'agente più popolare, comunemente utilizzato in diverse concentrazioni che variano dal 5 al 40% di
85 perossido di idrogeno o di carbamide (Grazioli et al., 2018). Sebbene in condizioni cliniche
86 controllate, lo sbiancamento dentale sia sicuro per l'integrità dello smalto, non si può dire lo stesso
87 per gli sbiancanti da banco (Joiner et al., 2008; Demarco, Meireles & Masotti, 2009; Ashcroft &
88 Joiner, 2010). Infatti esistono gravi effetti collaterali associati all'uso di ossidanti chimici, come
89 irritazione gengivale, modifiche morfologiche della superficie e ipersensibilità dentale (Pintado-
90 Palomino et al., 2015; Rodríguez-Martínez, Valiente & Sánchez-Martín, 2019). Infatti, alcuni
91 ricercatori hanno analizzato gli effetti di trattamenti sbiancanti aggressivi sulla struttura del dente,
92 osservando variazioni nell'integrità della superficie e sulla microstruttura dei cristalli dello smalto,
93 con una maggiore suscettibilità alla demineralizzazione (Cavalli et al., 2004). Il perossido di idrogeno
94 penetra nello smalto e nella dentina e, a causa della sua instabilità chimica, ossida promuovendo
95 cambiamenti morfologici dello smalto. D'altra parte, il perossido di carbammide si dissocia in
96 perossido di idrogeno (circa un terzo) e urea, che si scompone ulteriormente in acqua e ammoniaca
97 (Soares et al., 2012; Marques et al., 2012). La letteratura sottolinea che il rischio di effetti avversi
98 aumenta con la concentrazione di perossido (Perdigão, Baratieri & Arcari, 2004). Infatti, diversi studi
99 sulle diverse procedure di sbiancamento concludono che possono verificarsi cambiamenti nella
100 struttura della superficie del dente e una maggiore sensibilità dei denti, specialmente se vengono
101 applicate soluzioni di perossido di idrogeno e carbammide altamente concentrate (Fearon, 2007).

102 Una delle ultime frontiere per contrastare la demineralizzazione è rappresentata dall'applicazione
103 clinica della nano-idrossiapatite (n-HA). L'idrossiapatite rappresenta il composto più stabile di fosfato
104 di calcio ed è considerato un materiale rivoluzionario per i suoi notevoli effetti remineralizzanti sulle
105 lesioni iniziali dello smalto. Inoltre, svolge un'azione protettiva contro la carie e l'erosione dentale

106 (Huang, Gao & Yu, 2009). La nano-idrossiapatite presenta una forte affinità con le superfici
107 demineralizzate grazie alla sua capacità di legarsi alle porosità dello smalto create dagli acidi. Infatti,
108 dopo l'adesione, n-HA si moltiplica e si organizza in microcluster per formare uno strato di apatite
109 uniforme che può sovrapporsi completamente allo smalto prismatico e interprismatico (Swarup &
110 Rao, 2012). Secondo questi risultati, al fine di prevenire l'ipersensibilità dopo lo sbiancamento, che
111 può verificarsi in un 70% dei pazienti, alcuni gel sbiancanti prevedono l'aggiunta di n-HA (Kutuk et
112 al., 2018).

113 Nonostante molti studi clinici su vari prodotti a base di perossido di idrogeno con n-HA abbiano
114 rivelato buoni risultati per risolvere l'ipersensibilità dentale; sono necessari ulteriori indagini sul reale
115 effetto sbiancante dei denti.

116 L'obiettivo di questa Tesi di Laurea Sperimentale è valutare due diversi agenti sbiancanti, alla stessa
117 concentrazione di perossido di idrogeno, uno contenente nano-idrossiapatite e l'altro senza,
118 analizzando il viraggio di colore mediante l'utilizzo di uno spettrofotometro.

119 Per comprendere lo stato attuale dello sbiancamento dentale e come introduzione alla parte
120 sperimentale, saranno enunciate le caratteristiche principali dei diversi materiali sbiancanti,
121 analizzando le varie procedure di applicazione e descrivendo gli aspetti chiave della scienza del colore
122 e le modalità di misurazione del colore dentale.

123

2. LO SBIANCAMENTO DENTALE

2.1 MECCANISMO DI AZIONE

Esistono diversi metodi per sbiancare i denti, ciascuno con il proprio meccanismo d'azione. L'efficacia di questi diversi metodi dipende dalla particolare discromia del dente che viene trattata. Le cause dello scolorimento dei denti infatti, possono essere classificate in due gruppi principali: colorazione intrinseca ed estrinseca (Fig.1). La colorazione intrinseca, a volte chiamata colorazione endogena, può essere attribuita a fattori genetici, all'età (l'usura dello smalto nel tempo che espone la dentina più gialla), all'uso di antibiotici, ad alti livelli di fluoro e disturbi dello sviluppo e può iniziare prima che il dente sia eretto. La colorazione estrinseca, o colorazione esogena, colpisce principalmente il dente dopo la sua eruzione ed è in gran parte dovuta a fattori ambientali tra cui fumo, pigmenti in bevande e alimenti o metalli come ferro o rame. I composti colorati da queste fonti vengono assorbiti nella pellicola dentale acquisita o direttamente sulla superficie del dente provocando la comparsa della macchia (Carey, 2014).

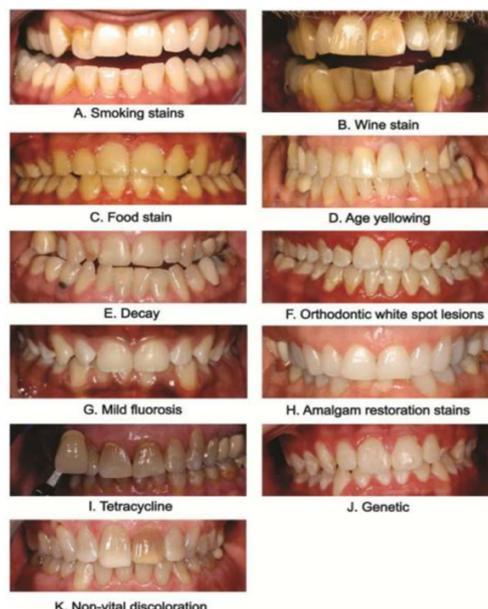


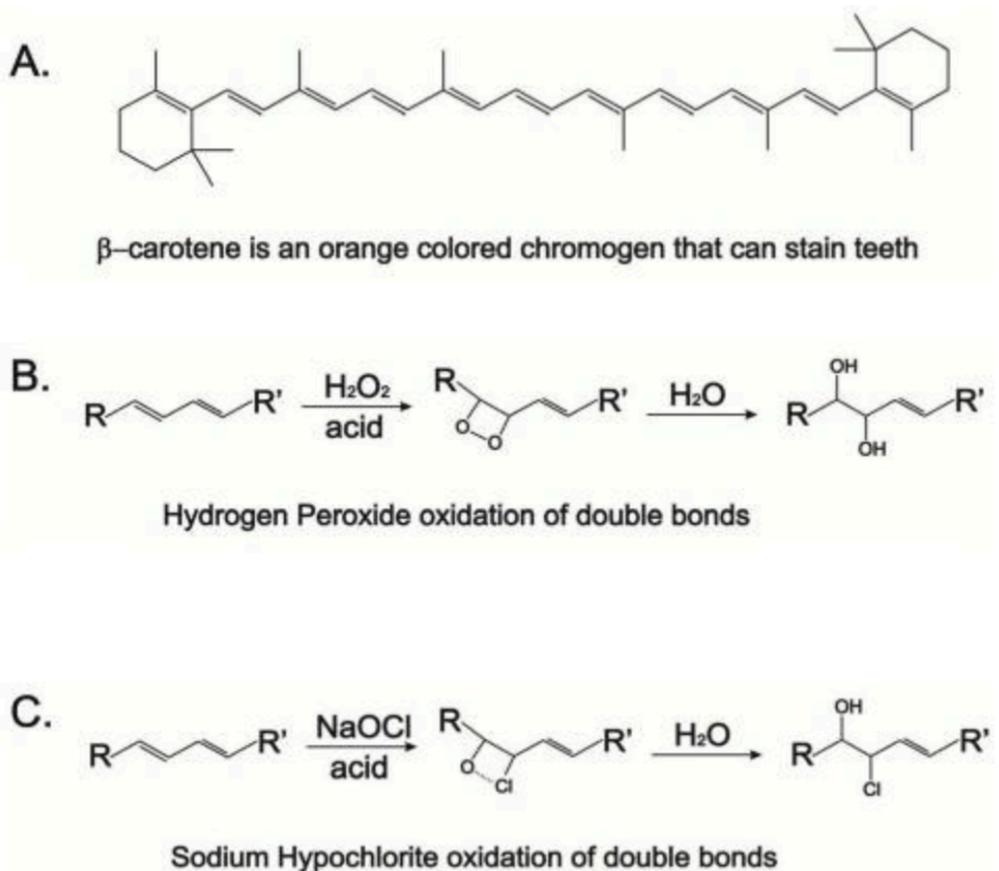
Figura 1: Esempi di macchie sui denti. Esempi di colorazione estrinseca: A. Fumo; B. Macchia di vino; e C. Macchia alimentare. Esempi di colorazione intrinseca: D. Ingiallimento da età; E. Decadimento; F. Lesione del punto bianco ortodontico; G. Fluorosi lieve; H. Restauro dell'amalgama; I. Colorazione con tetraciclina; J. Genetic (amelogenesi imperfetta); K. e coloranti non vitali (Carey, 2014).

145

146 Lo sbiancamento può essere ottenuto mediante la rimozione fisica della macchia o una reazione
147 chimica che modifica il colore dei denti. Lo sbiancamento è definito come la degradazione chimica
148 dei cromogeni. I cromogeni si dividono in due categorie: grandi composti organici che hanno doppi
149 legami coniugati nella loro struttura chimica (Fig.2A) e composti contenenti metalli. Lo
150 sbiancamento dei composti organici mediante perossido di idrogeno comporta una reazione di
151 ossidazione dei doppi legami (Fig.2B). Questo fa sì che il cromogeno diventi un composto di colore
152 più chiaro. Lo sbiancamento dei composti metallici è molto più difficile; opzioni estetiche migliori
153 possono essere faccette, incollaggi o corone. Ci sono alcuni prodotti professionali che contengono
154 ipoclorito di sodio (NaOCl) che reagisce con i doppi legami del cromogeno in modo molto simile al
155 perossido di idrogeno (Fig. 2C).

156

157



158

159

160 Figura 2: Chimica dello sbiancamento cromogeno. A. Il β -carotene è un esempio di un cromogeno organico con molti
161 doppi legami coniugati; B. Reazione chimica del perossido di idrogeno con un doppio legame cromogeno; e C. Reazione
162 chimica dell'ipoclorito di sodio con un doppio legame cromogeno (Carey, 2014).

163
164
165 Il principio attivo presente nella maggior parte dei prodotti sbiancanti commercializzati è il perossido
166 di idrogeno (H_2O_2) che viene fornito come perossido di idrogeno o perossido di
167 carbammide. Poiché il perossido di carbamide è un complesso stabile che si scompone a contatto con
168 l'acqua per rilasciare il perossido di idrogeno, la chimica della maggior parte dello sbiancamento dei
169 denti è quella del perossido di idrogeno.

170 Le grandi categorie includono prodotti da banco per pigmentazioni lievi, come i dentifrici per
171 fumatori che contengono quantità maggiori di abrasivi per aiutare la rimozione dei cromogeni dalle
172 superfici dei denti, o prodotti professionali, sia domiciliari che ambulatoriali per la rimozione delle
173 macchie più gravi o complesse. Il tempo di trattamento necessario per raggiungere il punto finale
174 dello sbiancamento dei denti dipende dal tempo di esposizione e dalla concentrazione del composto
175 sbiancante (Carey, 2014).

176 Gli eventi avversi comunemente riportati con lo sbiancamento dei denti includono una maggiore
177 sensibilità dei denti e una lieve irritazione gengivale. Il grado di questi effetti collaterali è direttamente
178 correlato alla concentrazione del componente sbiancante, alla durata del trattamento e alla
179 composizione del prodotto utilizzato. La sensibilità dei denti di solito si manifesta al momento del
180 trattamento e può durare diversi giorni; l'irritazione gengivale inizia entro un giorno dal trattamento
181 e può anch'essa durare giorni. Esistono rischi aggiuntivi segnalati da studi *in vitro* che includono
182 erosione dentale, degradazione minerale dei denti, maggiore suscettibilità alla demineralizzazione e
183 danno pulpare (Goldberg, Grootveld & Lynch, 2010).

184 Occasionalmente, alcuni pazienti manifestano anche degli effetti sistemici, come irritazione della
185 mucosa gastrointestinale (Howard, 1992; Pohjola et al., 2002).

186 Una delle domande più comuni poste dai pazienti è "Quanto durerà il trattamento?" È difficile
187 prevedere la durata del risultato ottenuto poiché dipende dalle abitudini del paziente, può infatti
188 esporre regolarmente la propria dentatura a cibi o bevande noti per macchiare i denti, i quali
189 subirebbero una nuova discolorazione entro un mese. Tuttavia, se i denti non sono esposti a

190 cromogeni come caffè, vino rosso, fumo di sigaretta, sarebbe ragionevole presumere che i denti
191 sbiancati possano persistere o fino a un anno.

192 I denti hanno un limite (di bianchezza) che possono raggiungere: i pazienti devono continuare a
193 sbiancare fino a quando non raggiungono la tonalità desiderata o i denti smettono di cambiare tonalità,
194 a seconda dell'evento che si verifica per primo. Se il paziente non ha raggiunto la tonalità desiderata
195 e i denti non continuano a diventare più bianchi dopo un trattamento continuo, è molto probabile che
196 abbiano raggiunto questo limite. Dopo che il trattamento di sbiancamento attivo è stato completato,
197 il paziente deve aspettarsi una leggera riduzione del risultato raggiunto. Molti clinici preferiscono
198 applicare lo sbiancamento in una sola arcata alla volta, in modo che il paziente sia in grado di vedere
199 il graduale cambiamento di colore del dente rispetto all'arcata non sbiancata. Sebbene il risultato sia
200 antiestetico, questa strategia può aiutare il dentista e il paziente a determinare il raggiungimento del
201 risultato finale desiderato per un'arcata specifica. (Haywood & Sword, 2017).

202 Lo sbiancamento, d'altro canto, può interessare anche i denti devitalizzati, esistono infatti numerose
203 tecniche di sbiancamento ad esempio, “walking bleach” e “walking bleach modificata”, sbiancamento
204 non vitale e sbiancamento interno / esterno. La tecnica del walking bleach prevede l’inserimento di
205 una miscela di perborato di sodio con acqua nella camera pulpare del dente interessato, che viene poi
206 sigillata per evitare comunicazione con l’esterno. Questa procedura può essere ripetuta ad intervalli
207 fino ad ottenere il risultato di sbiancamento desiderato. Questa tecnica viene modificata con una
208 combinazione di perossido di idrogeno al 30% e perborato di sodio sigillato nella camera pulpare per
209 una settimana; questo è noto come “walking bleach” modificata. Nello sbiancamento interno non
210 vitale, il gel di perossido di idrogeno (30-35%) viene posto nella camera pulpare e attivato dalla luce
211 o dal calore, la temperatura è solitamente compresa tra 50 e 60 ° C e mantenuta per cinque minuti,
212 dopodichè il dente si lascia raffreddare per altri 5 min. Poi, il gel viene rimosso, il dente viene
213 asciugato e tra una visita e l'altra viene utilizzata la tecnica della “walking bleach”, fino a quando il
214 dente non viene rivisto due settimane dopo per valutare la necessità di un ulteriore trattamento. Infine,

215 la tecnica di sbiancamento interno / esterno è una combinazione di sbiancamento interno di denti non
216 vitali con la tecnica di sbiancamento domiciliare (Setien, Roshan & Nelson, 2008).

217

218 **2.2 COMPOSIZIONE**

219

220 Il principio attivo nella maggior parte dei prodotti sbiancanti indotti chimicamente è il perossido di
221 idrogeno (H_2O_2) che viene fornito come perossido di idrogeno (HP) o perossido di carbammide (CP)
222 (Eachempati et al., 2018). Il CP è un complesso stabile, che si scompone in HP (3%) e urea (7%) una
223 volta a contatto con l'acqua (Sulieman, 2008). Gli agenti sbiancanti rilasciano specie reattive
224 dell'ossigeno, che rompono le molecole organiche penetrando nello smalto e raggiungendo la dentina,
225 elaborando così composti più chiari (Bordea et al., 2016). Questi perossidi sono simili perché
226 entrambi sbiancano i denti presumibilmente per un processo di ossidazione ed entrambi penetrano
227 nello smalto e nella dentina entro cinque minuti dall'applicazione, cambiando il colore del dente, della
228 dentina e dello smalto (McCaslin et al., 1999). Il facile passaggio del perossido attraverso lo smalto
229 e la dentina, infatti, è anche la causa della sensibilità dei denti durante lo sbiancamento; maggiore è
230 la concentrazione di perossido, maggiore sarà la sensibilità (Matis, 2003). I prodotti al perossido di
231 idrogeno sono attivi solo per 30-60 minuti (progettati per un breve tempo di applicazione) e hanno
232 un pH di 5.0. Un pH inferiore a 5.0 consente l'inizio della carie dello smalto.

233 I prodotti a base di perossido di carbammide, invece, sono attivi fino a dieci ore (progettati per un tempo
234 di applicazione più lungo), con circa il 50% del rilascio di perossido, che si verifica durante le prime
235 due ore, poiché contiene urea, il pH è elevato e preserva il paziente dal rischio carie. (Leonard,
236 Bentley & Haywood, 1994; Leonard et al., 1994). Quando si confrontano concentrazioni equivalenti
237 di perossido di carbammide e perossido di idrogeno, il perossido di carbammide impiega meno giorni
238 con più ore al giorno; il perossido di idrogeno, al contrario, richiede più giorni con meno ore al giorno
239 (Li et al., 2003).

240 L'azione sbiancante di base è comunque dovuta all'HP e può essere descritta in tre fasi (Joshi, 2016):

241 • fase iniziale: diffusione dell'HP attraverso gli spazi interprismatici e circolazione all'interno
242 del dente per 2 settimane.

243 • seconda fase: interazione di HP con cromofori organici che possono essere influenzati da
244 temperatura, pH, luce e cationi metallici (Kwon & Wertz, 2015).

245 • terza fase: cambiamento di colore attraverso una superficie dentale alterata.

246 Per prevenire l'ipersensibilità dopo lo sbiancamento, che può verificarsi in un 70% dei pazienti
247 sbiancati, i gel possono essere arricchiti con agenti remineralizzanti come il fluoruro di calcio e
248 l'idrossiapatite nella sua forma nano (Kutuk et al., 2018). La nano-idrossiapatite è un materiale
249 promettente per vari interventi dentali. In implantologia ha superato gli altri materiali utilizzati come
250 rivestimenti per impianti in titanio e ha mostrato proprietà notevoli come materiale per il rialzo del
251 seno. In quanto materiale di ingegneria tissutale, la nano-idrossiapatite ha migliorato le proprietà di
252 rigenerazione ossea rispetto all'innesto osseo autologo e abbinata a diversi scaffold ha presentato
253 notevoli prestazioni in chirurgia e negli interventi parodontali. Inoltre, è oggetto di studio anche come
254 materiale adiuvante per la terapia sbiancante, principalmente come elemento terapeutico per
255 l'ipersensibilità dentinale e remineralizzante, in quanto può riparare i piccoli difetti nello smalto, come
256 i difetti microscopici della superficie e i pori dello strato interno dello smalto che consentono
257 all'agente sbiancante di penetrare e produrre sensibilità (Orsini et al., 2013; Vano et al., 2015).

258 L'idrossiapatite nella sua nanoforma è un materiale relativamente nuovo e la sua applicazione in
259 odontoiatria dovrebbe essere ulteriormente studiata. Le sue proprietà fisiche, chimiche e meccaniche
260 lo rendono uno dei materiali più promettenti per la moderna medicina dentale (Bordea et al., 2020).

261 Gli attuali agenti sbiancanti contengono inoltre anche principi inattivi che possono includere
262 (Alqahtani, 2014):

- 263 ○ *Agenti addensanti*: il carbopol (carbossilimetilene) è l'agente addensante più comunemente
264 usato nei materiali sbiancanti. La sua concentrazione è generalmente compresa tra lo 0,5% e
265 l'1,5%. Questo polimero di acido poliacrilico ad alto peso molecolare offre due vantaggi
266 principali: aumenta la viscosità dei materiali sbiancanti, il che consente una migliore
267 ritenzione del gel sbiancante nel vassoio e aumenta il tempo di rilascio dell'ossigeno attivo
268 del materiale sbiancante fino a 4 volte (Rodrigues, Oliveira & Amaral, 2007).
- 269 ○ *Vettore*: la glicerina e il glicole propilenico sono i vettori più comunemente usati negli agenti
270 sbiancanti commerciali. Il trasportatore può mantenere l'umidità e aiutare a sciogliere altri
271 ingredienti (Alqahtani, 2014).
- 272 ○ *Disperdenti tensioattivi e pigmenti*: i gel con agenti tensioattivi o disperdenti pigmenti
273 possono essere più efficaci di quelli senza (Feinman, Madray & Yarborough, 1991). Il
274 tensioattivo agisce come un agente bagnante superficiale che consente la diffusione
275 dell'ingrediente sbiancante attivo.
- 276 ○ *Conservante*: il metile, il propilparabene e il benzoato di sodio sono comunemente usati come
277 sostanze conservanti. Hanno la capacità di prevenire la crescita batterica nei materiali
278 sbiancanti e possono accelerare la degradazione del perossido di idrogeno rilasciando metalli
279 di transizione come ferro, rame e magnesio. (Alqahtani, 2014)
- 280 ○ *Aromi*: gli aromi sono sostanze utilizzate per migliorare il gusto e l'accettazione dei prodotti
281 sbiancanti da parte dei consumatori. Gli esempi includono menta piperita, menta verde,
282 wintergreen, sassofrasso, anice e dolcificanti. (Alqahtani, 2014)

283 **2.3 CLASSIFICAZIONE**

284

285 Esistono quattro approcci fondamentali per lo sbiancamento dei denti vitali (Kihn, 2007):

286 1. In - office o power bleaching: utilizzano prodotti a concentrazioni elevate di perossido di
287 idrogeno e carbammide, avvalendosi o meno di fotoattivazione da luce laser.

288 2. Home bleaching: sbiancamento con prodotti a concentrazione più bassa di perossido di
289 idrogeno e carbammide, rispetto al “in -office”, ma sempre supervisionato dal professionista.

290 3. Tecnica combinata: ambulatoriale e domiciliare

291 4. Prodotti acquistati dal consumatore o da banco (OTC) disponibili in farmacie o supermercati
292 senza prescrizione o monitoraggio professionale. Questi agenti sono forniti in diverse
293 concentrazioni, utilizzati con tempi di applicazione e durata del trattamento variabili e forniti
294 in varie forme. (Alqahtani, 2014)

295

296 ➔ **IN-OFFICE BLEACHING**

297 Lo sbiancamento “in ufficio” è la forma più antica di sbiancamento e avviene alla poltrona (Haywood,
298 1992). I denti vengono isolati e i tessuti molli protetti mediante diga di gomma o diga liquida,
299 successivamente viene applicata un’alta concentrazione di perossido di idrogeno (25-40%) per 20–
300 60 minuti. I dettagli della tecnica variano a seconda della concentrazione e dei prodotti dell’azienda.

301 Alcune aziende raccomandano l’uso dell’attivazione del perossido tramite foto-attivazione o laser-
302 attivazione per accelerare l’effetto sbiancante, (Haywood, 2009). Il vantaggio dello sbiancamento in
303 studio, è che il dentista ha il controllo del processo e non è richiesta la compliance del paziente, oltre
304 ad identificare se avverte bruciore o dolore durante la procedura. Il trattamento in studio inoltre può
305 provocare uno sbiancamento significativo dopo un solo trattamento rendendo il paziente

306 generalmente piacevolmente soddisfatto. Gli svantaggi sono riscontrati soprattutto nel costo, nella
307 sicurezza e nell'efficacia. (Haywood, 2009) .



308

309 Figura 3: sbiancamento alla poltrona, diga liquida e prodotto sbiancante ad alta concentrazione di perossido di idrogeno.

310

311 → HOME BLEACHING

312 La prima forma di sbiancamento “domestico” è stata lanciata per la prima volta negli Stati Uniti negli
313 anni ‘90, quando agenti sbiancanti contenenti concentrazioni inferiori di perossido di idrogeno o
314 perossido di carbamide sono iniziati ad essere venduti direttamente ai consumatori. (Greenwall et.al.,
315 2001). Lo sbiancamento notturno a casa o sotto la supervisione di un dentista implica
316 fondamentalmente l’uso di una bassa concentrazione di agente sbiancante (10-20% di perossido di
317 carbammide, che equivale al 3,5-6,5% di perossido di idrogeno) (Alqahtani, 2014).

318 In linea generale, è consigliato l’utilizzo del perossido di carbammide al 10% 8 ore al giorno o al 15-
319 20% 3-4 ore al giorno. L’American Dental Association afferma che il 10% di perossido di
320 carbammide è una dose considerata sia sicura che efficace. Questo trattamento viene eseguito dai
321 pazienti stessi e deve essere supervisionato dai dentisti durante le visite di richiamo.

322 Il gel sbiancante viene applicato sui denti attraverso mascherine in acetato, termostampate su modelli
323 in gesso, ricavate dall'impronta in alginato dell'arcata dentale del paziente e poi indossato di notte
324 per almeno 2 settimane (Fig.4) (Sulieman, 2005).

325 La tecnica a domicilio offre molti vantaggi come l'auto-somministrazione da parte del paziente, il
326 minor tempo alla poltrona, alto grado di sicurezza, meno effetti collaterali e basso costo. Tuttavia,
327 non è affatto priva di svantaggi, poiché la compliance attiva del paziente è obbligatoria e la tecnica
328 soffre di alti tassi di abbandono (Sulieman, 2005). Inoltre, il cambiamento di colore dipende dalla
329 diligenza d'uso e i risultati a volte non sono ideali, poiché alcuni pazienti non si ricordano di indossare
330 i vassoi ogni giorno. Al contrario, è possibile anche un uso eccessivo da parte di pazienti troppo
331 zelanti, che spesso causa un aumento di sensibilità importante (Haywood, 1992).

332



333

334 Figura 4: Mascherine in acetato da impronta. (Haywood & Sword, 2017)

335

336

337 → SBIANCAMENTO DOMICILIARE E AMBULATORIALE COMBINATO

338 Una concentrazione del 35% di perossido di idrogeno è raccomandata da alcuni medici per lo
339 sbiancamento dentale in studio, seguito da uno sbiancamento domiciliare con gel contenenti il 10%,
340 15% o 20% di perossido di carbammide (Langsten et al., 2002). (Bailey & Swift, 1992) hanno
341 dimostrato che gli agenti sbiancanti a concentrazione più elevate possono produrre più radicali di
342 perossido per lo sbiancamento, determinando un processo di sbiancamento più rapido.

343 Tuttavia, questo rapido processo di sbiancamento può aumentare gli effetti collaterali di sensibilità
344 ai denti, irritazione gengivale, irritazione della gola e nausea (Broome, 1998).

345 Un caso in cui potrebbe essere utile questa combinazione è la discromia indotta da tetracicline, che
346 richiedono trattamenti intensivi e prolungati nel tempo; casi di questa entità si prestano molto bene
347 ad una tecnica prima professionale e poi domiciliare.

348 Uno studio clinico randomizzato del 2020 di Kothari ha messo a confronto 3 differenti tecniche di
349 sbiancamento: home bleaching (HB), in office (IOB) e combinato (CB), valutandone l'efficacia e la
350 soddisfazione dei partecipanti.

351

352 - L'HB è stato eseguito utilizzando mascherine personalizzate e perossido di carbamide al 10% per
353 14 giorni

354 - l'IOB è stato eseguito utilizzando perossido di idrogeno al 37,5% applicato in 3 cicli.

355 - Nel trattamento combinato invece è stato eseguito prima il trattamento IOB e poi HB.

356

357 Il cambiamento di colore dei denti è stato valutato visivamente e utilizzando un dispositivo
358 spettrofotometrico digitale. Il trattamento combinato (CB) ha comportato un netto miglioramento del
359 colore rispetto ad entrambe le tecniche utilizzate singolarmente. Tutti i protocolli di sbiancamento
360 hanno comunque comportato un significativo miglioramento della salute orale percepita, una maggior
361 soddisfazione e una percezione di un colore dentale "più bianco". Si può inoltre dedurre da questo
362 studio che uno sbiancamento accelerato può essere ottenuto effettuando un trattamento combinato
363 (CB) in office e home; mentre per i pazienti che accettano uno sbiancamento graduale dei denti
364 possono essere trattati in modo efficace utilizzando un protocollo di "Home Bleaching" o "In Office
365 Bleaching". (Kothari et al., 2020).

366

367

368

369 → PRODOTTI DA BANCO

370 ○ *Strisce sbiancanti*: Queste strisce contengono principalmente perossido di idrogeno come
371 agente attivo in diverse concentrazioni. Si applicano direttamente sulle superfici dei denti e
372 sono sottili strisce flessibili di polietilene rivestite con il gel sbiancante. La ricerca continua
373 ha portato allo sviluppo di sbiancamento a strisce con gel di perossido molto sottili di spessore
374 inferiore a 0,20 mm (Perdigão, Baratieri & Arcari, 2004; Duschner et al., 2006)

375 Gli svantaggi del sistema a strisce sono che può raggiungere solo un numero finito di denti,
376 non può adattarsi bene su denti mal-posizionati, può interferire con i modelli di linguaggio e
377 può interferire con la gengiva. (Eachempati et al., 2018).

378

379 ○ *Gel per pittura*: I gel o le vernici per pittura sono prodotti sbiancanti privi di barriere che
380 presentano idrogeno o perossido di carbammide in una sospensione che viene spazzolata da
381 un applicatore sulla superficie del dente e che aderisce allo smalto. Alcuni gel per pittura
382 hanno il percarbonato di sodio come ingrediente attivo. Il 19% di percarbonato di sodio è stato
383 sviluppato per fornire perossido per un periodo prolungato senza una barriera fissa. Il sistema
384 anidro ha perossido legato in una sospensione di polimero siliconico. Applicata con uno
385 spazzolino sulla superficie secca del dente, la sospensione è progettata per formare una
386 pellicola sostanziale aderente allo smalto che si idrata durante la notte per rilasciare
387 lentamente il perossido nel dente.

388 Questo metodo ha guadagnato popolarità poiché il consumatore deve solo dipingere un sottile
389 strato di gel sbiancante sui denti (simile all'applicazione dello smalto sulle unghie delle
390 dita). Il vantaggio aggiuntivo è che gli utenti possono smerlare il prodotto attorno alla gengiva
391 e applicarlo a un numero illimitato di denti, indipendentemente dalla posizione nell'arcata

392 Uno svantaggio di questo metodo è che un minor tempo di contatto di questi agenti con la
393 superficie del dente può comportare un ridotto sbiancamento dei denti. Inoltre, il pennello
394 applicatore viene riutilizzato e conservato nel prodotto gel che potrebbe portare a

395 contaminazione microbica. Pertanto, alcuni produttori forniscono applicatori di cotton fioc
396 usa e getta per questo scopo (Carey, 2014).

397

398 ○ *Collutori sbiancanti*: I collutori sbiancanti prevengono le macchie e combattono la
399 formazione di placca. In generale, nella formulazione è stata inclusa una bassa concentrazione
400 di perossido di idrogeno (1,5%), esametafosfato di sodio per proteggere la superficie dei denti
401 da nuove macchie (Lima et al., 2012).

402

403 ○ *Dentifrici sbiancanti*: I componenti attivi dei dentifrici sbiancanti includono il perossido di
404 idrogeno o il perossido di carbammide che scompongono le molecole organiche del film
405 biologico (Horn et al., 2014). Inoltre, nella formulazione sono presenti anche abrasivi come
406 allumina, fosfato bicalcico diidrato e silice per favorire la rimozione delle macchie (Demarco,
407 Meireles & Masotti, 2009). La loro capacità di rimozione delle macchie è correlata alla grande
408 quantità di abrasivi nella loro formulazione, che rimuovono le macchie estrinseche
409 superficiali. Tuttavia, l'abrasività del dentifricio deve essere moderata per evitare un'usura
410 eccessiva dello smalto e della dentina sottostanti. I dentifrici contenenti blue covarine, un
411 pigmento che aumenta la percezione del bianco dei denti sono disponibili sul mercato come
412 dentifrici sbiancanti (Dantas et al., 2015). Dentifrici sbiancanti con agenti desensibilizzanti
413 (Po & Wilson, 2014) per ridurre gli eventi avversi di sensibilità o dentifrici con caseina
414 fosfopeptide-calcio fosfato amorfo (CPP - ACP) per remineralizzare lo smalto sono stati
415 utilizzati (de Vasconcelos et al., 2012).

416

417

418

419

420 ○ *Filo interdentale sbiancante*: Il filo interdentale sbiancante è stato introdotto per promuovere
421 la riduzione delle macchie intorno alle aree interprossimali e sottogengivali. Le proprietà di
422 rimozione delle macchie sono associate alla presenza di silice nella composizione, che
423 favorisce un'abrasione superficiale durante l'applicazione nella regione interdentale
424 (Demarco, Meireles & Masotti, 2009).

425

426 **2.4 SBIANCAMENTO ATTIVATO CON LUCE**

427

428 Un argomento comune di studio è valutare l'efficacia della cosiddetta attivazione della luce dello
429 sbiancamento a base di perossido. Ci sono molti prodotti sbiancanti per ufficio sul mercato i cui
430 produttori richiedono la decomposizione catalitica mediante calore o luce (Joiner, 2006; Gurgan,
431 Cakir & Yazici, 2010; de Freitas et al., 2016) come laser diodo ad emissione di luce (LED), lampade
432 ad arco al plasma (PAC) e lampade alogene (Ontiveros, 2011). Il vantaggio teorico di una sorgente
433 luminosa è la sua capacità di riscaldare l'HP, aumentando il tasso di decomposizione nei radicali
434 liberi per l'ossidazione del complesso organico molecolare (Sulieman, 2005; Joiner, 2006; Gurgan,
435 Cakir & Yazici, 2010; Torres et al., 2011).

436 Studi sulla persistenza dei trattamenti sbiancanti hanno rilevato che l'attivazione della luce non ha
437 avuto alcun effetto sullo sbiancamento. L'efficacia dell'attivazione della luce è controversa con
438 numerosi studi che hanno riscontrato miglioramenti sia nello sbiancamento a breve termine che a
439 lungo termine, nonché studi che non hanno riscontrato alcun effetto sullo sbiancamento. La
440 controversia è in gran parte dovuta a modelli di studio e metodologia che sono molto divergenti.

441 Recenti studi clinici randomizzati hanno valutato l'efficacia dell'attivazione della luce o
442 un'autorevole revisione sistematica della letteratura e una meta-analisi dei migliori studi disponibili:

443

444

- 445 ○ Da uno studio clinico randomizzato che ha coinvolto 90 pazienti che utilizzavano un design
446 a bocca divisa, è emerso che il grado di sbiancamento ottenuto con una tecnica di
447 sbiancamento domiciliare utilizzando gel di perossido di carbamide al 10% applicato tramite
448 un vassoio era simile a quello ottenuto con la tecnica in studio con perossido di idrogeno al
449 35%, indipendentemente dall'irradiazione della luce o dalla combinazione di tecniche
450 domestiche / in ufficio (Bernardon et al., 2010). L'uso di una sorgente di luce per lo
451 sbiancamento in ufficio non ha influenzato la velocità di sbiancamento o l'intensità della
452 sensibilità dei denti o la durata dell'effetto sbiancante; pertanto, l'irradiazione della luce non
453 è consigliata. È inoltre stato osservato un aumento della sensibilità dei denti con la tecnica in
454 studio subito dopo il trattamento, indipendentemente dall'irradiazione della luce (Bernardon
455 et al., 2010).
- 456
- 457 ○ Una revisione sistematica e una meta-analisi della letteratura hanno valutato l'influenza della
458 luce sull'efficacia dello sbiancamento e sulla sensibilità dei denti durante lo sbiancamento in
459 studio, rilevando invece che la luce aumenta il rischio di sensibilità dei denti durante lo
460 sbiancamento in studio, luce non migliora l'effetto sbiancante utilizzando alte concentrazioni
461 di perossido di idrogeno (25-35%) (He et al., 2012).
- 462
- 463 ○ In una revisione sistematica e una meta-analisi del 2017 si è osservato che l'associazione della
464 luce con agenti sbiancanti non aumentano l'efficacia dello sbiancamento. Teoricamente, fonti
465 di calore e luce possono accelerare la decomposizione di HP per formare ossigeno e radicali
466 liberi peridrossilici, aumentando l'efficacia di sbiancamento (Kashima-Tanaka et al., 2003;
467 Joiner, 2006). Tuttavia, questo aumento non porta a una maggiore efficacia sbiancante a causa
468 della presenza di passaggi sconosciuti che determinano la velocità nel meccanismo ossidante
469 dello sbiancamento dei denti (Mena-Serrano et al., 2016). Questi risultati sono in linea con

470 quelli di una precedente revisione sistematica (He et al., 2012). In questo studio (He et al.,
471 2012), gli autori hanno rivelato che sia i sistemi attivati dalla luce che quelli non luminosi
472 hanno mostrato effetti sbiancanti immediati e a breve termine.

473
474

475 **3. IL COLORE IN ODONTOIATRIA**

476

477 **3.1 IL COLORE**

478 Il colore è un aspetto che il nostro sistema visivo attribuisce agli oggetti, ogni individuo lo percepisce
479 in maniera differente e può essere influenzato dalle esperienze personali, dall'età, dalle emozioni,
480 dalle condizioni di luce circostanti, dallo stato d'animo e dall'affaticamento dell'occhio stesso (Jarad,
481 Russell & Moss, 2005). Esso rappresenta il risultato dell'interazione tra luce (insieme di onde
482 elettromagnetiche con lunghezza d'onda percepibile dall'occhio umano comprese fra 380 e 760
483 nanometri) e materia; un'interazione che si manifesta attraverso fenomeni di trasmissione, riflessione
484 e assorbimento di determinate onde elettromagnetiche. Quello che viene comunemente definito con
485 il termine colore quindi, non è altro che il risultato del fenomeno di riflessione della luce su di un
486 oggetto, ovvero la somma delle onde riflesse che vanno a determinare il colore percepito, che a sua
487 volta deriva dall'interazione tra osservatore, oggetto osservato e fonte luminosa.

488

489 **3.2 INTERAZIONE TRA LUCE ED ELEMENTO DENTALE**

490

491 In odontoiatria, la percezione del colore è l'espressione dell'interazione tra la fonte di luce e i tessuti
492 duri del dente, rilevata dal nostro apparato visivo ed elaborata dalla nostra mente. La fonte luminosa
493 senza la quale il colore non esisterebbe, può essere inizialmente classificata in naturale ed artificiale
494 e poi catalogata secondo la temperatura di colore espressa in gradi Kelvin (K). Quando si sceglie la
495 sorgente luminosa bisogna tener conto di un possibile fenomeno, il metamerismo, per cui due colori,
496 se pur differenti, risultano uguali sotto determinate fonti luminose. Per risolvere questo problema
497 Dagg H. et al. 2004 (Dagg et al., 2004) hanno affermato che la luce ideale per stabilire il colore di

498 un dente è quella data da una fonte di luce di 5500K, equivalente alla luce del giorno, in cui questo
499 fenomeno si può diminuire o azzerare del tutto.

500 L'osservatore principale è l'occhio umano e quando la fonte luminosa colpisce l'oggetto con il suo
501 fascio di onde, la porzione riflessa verrà captata dalla retina dell'occhio, in cui vi sono dei
502 fotorecettori (i coni e bastoncelli) che riescono poi a trasdurre le radiazioni luminose in impulsi
503 elettrici, inviandoli e facendoli elaborare dal cervello, da cui poi deriva la percezione del colore.

504 Le interazioni tra luce e dente possono essere:

505 - Trasmissione diretta: la luce passa liberamente e non trova alcun ostacolo;

506 - Trasmissione diffusa: la luce prende molte direzioni dopo aver colpito l'oggetto;

507 - Trasmissione selettiva: riescono a passare solo determinate lunghezze d'onda;

508 - Riflessione: la luce viene respinta;

509 - Rifrazione: i raggi di luce, quando cambiano il mezzo di propagazione, subiscono un cambio di
510 velocità e di direzione;

511 - Diffrazione: la luce smette di viaggiare in linee rette creando un'autointerferenza con i fasci che
512 hanno seguito questo tragitto.

513 Non dobbiamo inoltre dimenticare i fenomeni di assorbimento e riflessione della luce i quali si
514 manifestano nel dente sotto forma di traslucenza e opacità.

515 La traslucenza e l'opacità descrivono la tendenza dell'oggetto di lasciarsi o meno attraversare dalla
516 luce:

517 - Un corpo opaco impedisce totalmente il passaggio della luce;

518 - Un corpo traslucido, semitrasparente; consente un passaggio parziale della luce, la quale viene in
519 parte diffusa e in parte riflessa;

520 - Un corpo trasparente, si fa attraversare completamente dalla luce.

521

522 Il dente a sua volta dal punto di vista cromatico è costituito da due strati principali: lo smalto e la
523 dentina.

524 Lo smalto è un materiale composito costituito da una fase organica e una fase inorganica. La fase
525 inorganica (95-96 %in peso – 86% in volume) è composta da sali di fosfato di calcio, che formano
526 larghi cristalli esagonali di idrossiapatite; la traslucenza è la sua caratteristica principale, in quanto la
527 struttura cristallina dei prismi di smalto permette alla luce di passare con scarse restrizioni, mentre la
528 sostanza interprismatica organica mostra alta opacità (Zijp & Bosch, 1993); questo diverso grado di
529 rifrazione conferisce allo smalto delle sfumature blu-grigie e ne fa una sostanza di elevato valore.
530 Senza la componente organica lo smalto sarebbe completamente trasparente e avrebbe un aspetto
531 grigio, questa proprietà è ben evidente nel terzo incisale, dove lo smalto permette alla luce di passare
532 in modo efficiente, dando effetti traslucenti e opalescenti; la trasparenza infatti diminuisce con
533 l'aumentare dello spessore.

534 La traslucenza a sua volta permette l'opalescenza: in cui la luce viene assorbita e ridistribuita
535 all'interno dello smalto.

536 In base al tipo di particelle sulle quali la luce impatta o attraversa, si creano lunghezze d'onda di colore
537 diverso. L'opalescenza si verifica in tutto lo smalto, ma questo fenomeno è più evidente nel terzo
538 incisale dove la luce ne attraversa l'intero spessore senza fenomeni di interferenza da parte della
539 dentina, creando bagliori blu dovuti a minuscoli cristalli di idrossiapatite che lasciano passare lo
540 spettro ad onda lunga (rosso, arancio, ambra) e riflettono le onde con lunghezze d'onda minori (blu,
541 grigio, viola). L'opalescenza, insieme alla fluorescenza conferiscono al dente profondità ottica e
542 vitalità.

543 Bisogna tener conto anche di specifiche condizioni in cui si potrebbe presentare lo smalto che possono
544 influenzare il colore del dente:

- 545 - Disidratazione dello smalto: la perdita di molecole d'acqua riduce l'indice di rifrazione dello
546 smalto, determinando una disparità degli indici della materia organica e inorganica. Questo
547 fenomeno blocca il passaggio della luce, che non viene più trasmessa ma riflessa, aumentando
548 il valore complessivo del dente (Joiner, 2004).

549 La diagnosi del colore quindi deve essere eseguita prima dell'isolamento completo o parziale,
550 ossia quando i denti sono pienamente idratati, altrimenti c'è un alto rischio di scegliere un
551 colore più bianco di quello appropriato.

552

553 - Invecchiamento dello smalto: lo smalto col tempo assorbe ioni dalla saliva, dal cibo e dalle
554 sostanze chimiche nell'ambiente orale e si mineralizza. Inoltre, a causa dell'usura fisiologica
555 del tempo lo strato dello smalto tende ad assottigliarsi.

556

557 Questi due fenomeni rendono lo smalto più traslucido e rivelano il colore dentinale sottostante,
558 facendo risultare il dente più saturo e con un più basso valore (Tanaka et al., 2015).

559 La dentina è un complesso biologico composto per il 70% in peso da materiale inorganico (50% in
560 volume), per il 18% da matrice organica (25% in volume) e per il 12% d'acqua (25% in volume)
561 (Cerutti, Mangani, Putignano ;2007) e conferisce al dente il suo colore base (tinta e croma).

562 In media la dentina è giallo rossastra, ha un'alta cromaticità ed una relativa traslucenza. Inoltre, grazie
563 alla presenza di una proteina, il fotocromo, è un tessuto altamente fluorescente.

564 Il processo di invecchiamento fisiologico causa dei cambiamenti nella dentina, infatti con il passare
565 degli anni lo spessore della dentina aumenta, mentre il diametro dei tubuli, il volume della polpa, la
566 permeabilità e l'opacità della dentina diminuiscono.

567 Possiamo identificare nel dente tre periodi (Joiner, 2004):

568 - nel giovane il dente ha una bassa cromaticità mentre lo smalto un alto valore. Il risultato sarà un
569 dente con bassa influenza del colore da parte della dentina mentre avrà un valore globale del dente
570 aumentato;

571 - nell'adulto la dentina ha una moderata cromaticità. In questo caso lo smalto ne incrementa
572 leggermente il valore;

573 - nell'anziano la dentina ha alta cromaticità, lo smalto si assottiglia e non si avrà lo stesso aumento di
574 valore come nell'adulto e nel giovane.

575 La fluorescenza viene definita come la capacità di un oggetto di assorbire onde di luce UV e
576 rimetterle nello spettro del visibile.

577 Nel dente i responsabili della fluorescenza sono le proteine all'interno dello strato di dentina e quelle
578 presenti nella giunzione amelo-dentinale.

579 Tale fenomeno può essere evidenziato attraverso l'uso della luce fluorescente, ma anche sotto la luce
580 naturale, infatti conferisce l'aspetto vitale del dente naturale attraverso quella che viene chiamata
581 "luminescenza interna"; una mancanza di fluorescenza è associata a denti devitalizzati, a condizioni
582 patologiche o a denti protesici.

583 L'invecchiamento determina una riduzione della fluorescenza della dentina a causa di una perdita di
584 proteine, della mineralizzazione e pigmentazione del tessuto.

585 Le caratteristiche e i fattori sopra elencati sono i principali fenomeni che influiscono e determinano
586 il colore del dente. Non bisogna però dimenticare che attorno al dente ci sono delle strutture anch'esse
587 colorate come le gengive, le labbra, il cavo orale che possono influire sul colore finale che noi
588 percepiamo.

589

590

591

592 **3.3 RILEVAZIONE DEL COLORE IN ODONTOIATRIA**

593

594 Determinare, rilevare e comunicare il colore di un dente in maniera accurata è fonte di grande
595 difficoltà; uno dei primi a tentare di risolvere questa difficoltà fu Albert Henry Munsell che propose
596 nel 1905 e rivisitò definitivamente nel 1943, il “sistema Munsell” (Fig.5) dove il colore veniva
597 posizionato in uno spazio e descritto in base a tre parametri o “dimensioni” (Watted, Abdulgani &
598 Muhamad, 2015):

599

600 - La tinta (hue): il colore proprio del dente; la qualità attraverso la quale noi distinguiamo un colore
601 dall’altro, come il rosso dal giallo. Nello spazio di Munsell le tinte principali sono il rosso, il giallo,
602 il verde, il blu e il porpora e vengono collocate in cerchio ad intervalli regolari intorno ad un asse
603 verticale.

604

605 - Il croma (chroma): il grado di saturazione del colore, la qualità grazie alla quale distinguiamo un
606 colore forte da uno debole; l’allontanamento della sensazione del colore da quella del bianco e del
607 grigio, cioè l’intensità del colore.

608

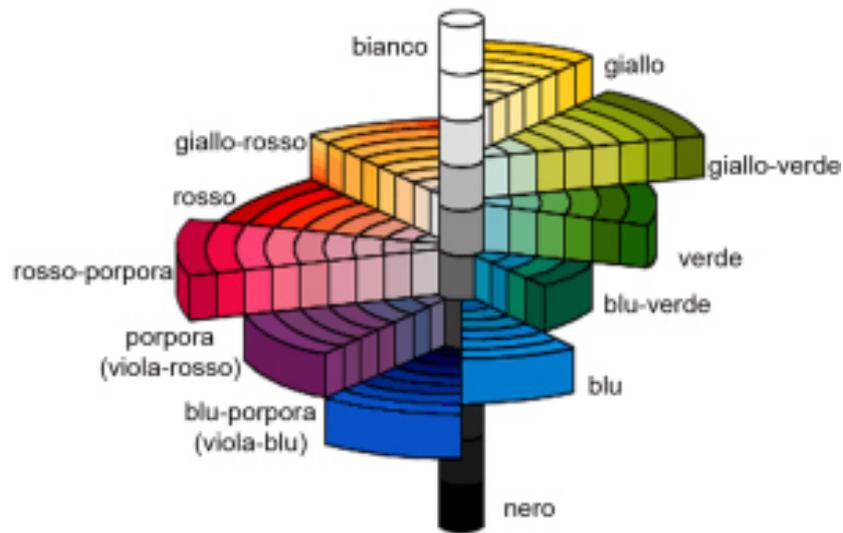
609 - Il valore (value): il valore indica la luminosità di un colore, la quantità di bianco o di grigio; puo’
610 assumere valori che vanno dallo 0 al 10. A 0 si trova il nero assoluto mentre a 10 il bianco puro. Tra
611 questi due estremi si trovano le tonalità del grigio, definiti dallo stesso Munsell colori acromatici.

612

613

614

615



616

617 Figura 5: possiamo notare come i colori acromatici sono disposti lungo l'asse verticale che è al centro dello spazio di
618 Munsell; le varie tinte sono distribuite nei vari angoli dello spazio intorno all'asse centrale mentre il cromatismo è
619 perpendicolare ad esso e va aumentando verso l'esterno; il valore cambia spostandosi verticalmente fra i vari livelli. Ogni
620 colore viene espresso con una combinazione di lettere e numeri (H V/C) così un colore descritto come 2,5R 8/4, avrà in
621 termini di tinta (H) 2,5R, valore (V) 8 e croma (C) 4.

622

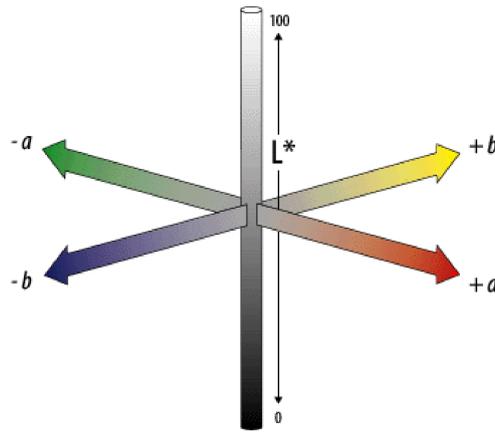
623 Successivamente nel 1976 la CIE (Commission international de l'Eclairage) ha stabilito i criteri per
624 la misurazione e comunicazione dei dati costitutivi del colore; criteri che si basano su una terna di
625 valori matematici (coordinate colorimetriche) che sono il presupposto per la costruzione e
626 identificazione di determinati spazi colorimetrici assoluti definiti spazio CIELAB e spazio CIELCh.
627 Sono spazi colore matematici in grado di descrivere in modo oggettivo tutti i colori visibili dall'
628 occhio umano; spazi dove distanze uguali corrispondono ad una uguale differenza percettiva.

629 Lo spazio colore CIELab è uno spazio uniforme, distribuito su assi cartesiani, dove ogni colore è
630 rappresentato da tre valori ed in cui distanze uguali corrispondono, in ugual misura, alla differenza
631 del colore percepito.

632 Lo spazio CIELab è costruito su tre assi L^* , a^* e b^* (Fig.6):

- 633 - il valore di L^* , è sull'asse z e misura la luminosità, i suoi valori vanno da 0 a 100: lo 0
634 rappresenta il nero assoluto e 100 il bianco puro;

- 635 - Il valore di a^* sull'asse dell'ascissa, può essere positivo o negativo: positivo per misurare la
 636 quantità di rosso, negativo per misurare la quantità del verde;
- 637 - Il valore di b^* sull'asse delle ordinate, può essere positivo o negativo: positivo per misurare
 638 quantità del giallo e negativo per misurare quantità del blu.
- 639 I valori di a^* e b^* tendono a zero per i colori acromatici come il bianco e il grigio, aumentando di
 640 valore per i colori più saturi e intensi.



641
 642 Figura 6: spazio CIELab.

643

644 Il vantaggio nell'uso dello spazio CIELab si basa sul fatto di poter assegnare un valore numerico alla
 645 differenza tra due colori percepiti, quindi confrontabile e con una rilevanza sia visiva che clinica
 646 (O'Brien et al., 1997).

647 Questa differenza tra due colori percepiti si calcola attraverso il dE (ΔE^*_{ab}):

648

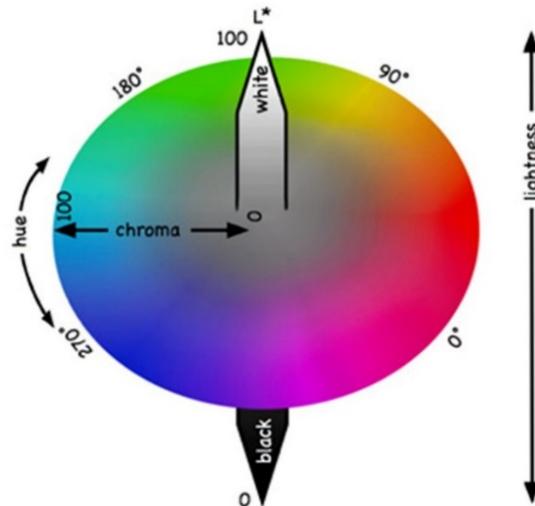
649
$$\Delta E = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

650

651 Il termine deriva dal greco: il simbolo Δ (delta) sta a significare un cambiamento di una variabile, la
 652 E invece viene dal tedesco Empfindungm ovvero "sensazione". Il ΔE indica la distanza tra due punti
 653 all'interno dello spazio colore CIELab.

654 È necessario calcolare il ΔE , per stabilire il grado di concordanza e di accettabilità dei colori. Più è
 655 basso questo valore più i due colori sono simili. La soglia del ΔE , ovvero il valore oltre il quale

656 l'occhio umano riesce a percepire una differenza di colore è ancora argomento di dibattito tra gli
657 autori e non ha un valore preciso; esso oscilla tra un $\Delta E= 3,3$, in cui secondo Douglas (Douglas &
658 Brewer, 1998) si può notare una netta differenza del colore, a un $\Delta E=1$, valore stabilito da Kueni
659 R.G.(Kuehni & Marcus, 1979), in cui è ancora possibile notare una lieve differenza tra i colori.
660 Dallo spazio CIELab, grazie a derivati matematici, si è costituito lo spazio CIELCh. Questo spazio
661 risulta più comprensibile e rispecchia maggiormente la percezione umana. (“Principal component
662 analysis for dental shade color. - Abstract - Europe PMC”)
663 In questo spazio le coordinate non sono rettangolari come nel CIELab ma cilindriche, ovvero
664 costituite da coordinate lineari e angolari, in particolare (Fig.7):
665 - L^* indica la luminosità ed è la stessa L^* dello spazio di colore $L^*a^*b^*$;
666 - C^* indica il croma ed è un valore lineare;
667 - h indica la tinta ed è un valore espresso in gradi.
668



670

671 Figura 7: Spazio CIELCh; il valore del croma C^* è 0 al centro e aumenta spostandosi esternamente. L'angolo della tinta
 672 h^* parte per definizione dall'asse $+a^*$ ed è espressa in gradi; 0° sarà $+a^*$ (rosso), 90° sarà $+b^*$ (giallo), 180° sarà $-a^*$ (verde)
 673 e 270° sarà $-b^*$ (blu).

674

675 Poichè CIELab e CIELCh sono dei derivati matematici possiamo dire che:

676 - $L^*_{CIELab} = L^*_{CIELCh}$

677 - $C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$

678 - $h = \tan^{-1}(a^*/b^*)$

679 - $\Delta E_{CIELab} = \Delta E_{CIELCh}$

680 Da questa corrispondenza diretta si deduce che l'uso o meno di uno dei due spazi porta a risultati
 681 uguali.

682 Il primo tentativo per stabilire il colore del dente è stato quello di utilizzare dei colori campione con
 683 cui paragonare e confrontare l'elemento dentario. Sono nate così le Vitapan Classic e Vitapan 3D
 684 Master; scale colori o scale guida con le quali tramite un metodo visivo soggettivo si riesce a stabilire
 685 il colore del dente. Successivamente arrivarono anche strumenti digitali come il colorimetro e lo
 686 spettrofotometro consentendo all'osservatore una rapida e più corretta individuazione del colore del
 687 dente.

688 Il colorimetro analizza il colore di un oggetto in maniera simile all'occhio umano, filtrando il fascio
689 di onde elettromagnetiche con tre filtri (rosso, verde e blu) lasciando fuori dall'analisi tutte le altre
690 lunghezze d'onda (Chandrasekhar et al., 2011).

691 Gli spettrofotometri sono tra i più accurati, utili e flessibili strumenti per la scelta del colore in
692 generale e in odontoiatria (Paul et al., 2004) e riescono a rilevare il colore sia in coordinate CIELab
693 sia in CIELCh. Nel campo odontoiatrico essi misurano la somma della luce riflessa da un'oggetto
694 colpito con un fascio di onde dello spettro del visibile con passo 1- 25nm (Khurana et al., 2007)
695 (Kielbassa et al., 2009).

696 Uno spettrofotometro è formato da: una fonte di radiazioni ottiche; un mezzo di dispersione della
697 luce; un sistema ottico per la misurazione; un rilevatore; un mezzo di conversione della luce ricevuta
698 in segnale elettrico analizzabile. I dati ottenuti vengono elaborati in modo da renderli accessibili e
699 utili al clinico.

700 Lo strumento in base ai dati acquisiti può valutare il ΔE (Lagouvardos et al., 2009) tra il colore
701 analizzato e i diversi campioni di default nella macchina, appartenenti alle diverse scale colori (come
702 Vitapan Classic o Vitapan 3D Master). I valori di ΔE più piccoli identificano una maggiore
703 concordanza tra campione e colore analizzato.

704 Paul S. et al. nel 2002 (Paul et al., 2002) affermano che le misurazioni effettuate con lo
705 spettrofotometro sono più precise e riproducibili (83%) rispetto a quelle effettuate dall'occhio umano
706 (26,6%).

707 Nell'utilizzare questo strumento è opportuno posizionare correttamente il dispositivo poiché la
708 superficie convessa del dente complica l'acquisizione dell'immagine.

709 Lo strumento utilizzato in questo studio è stato lo spettrofotometro Spectroshade (MHT, Verona,
710 Italia), brevettato che lavora in ambiente Linu "user friendly", perfettamente compatibil e con le
711 piattaforme Microsoft Windows e Macintosh. Lo spettrofotometro è basato su tecnologia a LED, con
712 un design speciale per ciascuna lunghezza d'onda. Premendo il tasto di misurazione la sorgente di
713 luce crea, in istanti differenti, l'intero spettro della luce visibile (Fig. 8)



714

715 Figura 8: spettrofotometro Spectroshade (MHT, Verona, Italia) (“MHT Medical High Technologies”)

716 I colori sono trasportati attraverso speciali cammini ottici, in modo da far convergere
717 simmetricamente la luce nell’area di interesse. L’immagine di quest’area, illuminata con la luce
718 colorata, è quindi riflessa in uno speciale sensore CCD bianco e nero posizionato alla fine del sistema
719 ottico. Questo sensore CCD legge i dati nello spettro visibile tra i 400 nm e i 700 nm (“MHT Medical
720 High Technologies”). Lo strumento è uno spettrofotometro a riflessione, specificatamente studiato
721 per essere utilizzato in campo dentale per la misura assoluta delle sfumature di colore dei denti e delle
722 corone protesiche. In fase di acquisizione, la sorgente LED genera, in istanti successivi, l’intero
723 spettro della luce visibile con il quale viene illuminata l’area di interesse. La luce, proveniente da una
724 sorgente LED, viene convogliata in un prisma ottico, diffratta attraverso uno speciale filtro (Light
725 Shape Diffuser) e divisa in 2 distinti cammini ottici, in vetro, necessari per fornire la doppia
726 illuminazione a 45°. La luce, giunta già separata nella parte superiore dello strumento, viene riflessa,
727 focalizzata, riflessa nuovamente e focalizzata nuovamente nella giusta direzione verso l’area di
728 interesse. Prima di raggiungere il target, la luce passa attraverso una finestra di polarizzazione

729 orizzontale. L'immagine illuminata passa attraverso la finestra di polarizzazione verticale, viene
730 riflessa da uno specchio e transita attraverso il sistema ColorOptic (obiettivo), studiato per
731 minimizzare le distorsioni geometriche e le aberrazioni cromatiche dovute all'utilizzo di diverse
732 lunghezze d'onda della luce incidente. L'immagine viene focalizzata sul CCD, per il successivo
733 trattamento digitale. Le immagini digitalizzate vengono elaborate dal microprocessore per estrarre,
734 tramite algoritmi specifici e tarati su ogni strumento, i dati colorimetrici di ogni piel di cui è
735 composta l'immagine. Questo sistema è così sofisticato che misura dati spettrofotometrici e mostra
736 perfette immagini a colori usando solo un CCD bianco e nero. Una volta acquisita l'immagine di un
737 dente, questa può essere visualizzata sul display a cristalli liquidi ad alta definizione di cui lo
738 strumento è dotato. Inoltre, il display touch screen fornisce tutte le informazioni riguardo al paziente.

739

740

741

742

743

744

745

746

4. NANO - IDROSSIAPATITE

747

748 La nano-idrossiapatite (n-HA) rappresenta una reale innovazione nel campo dell'odontoiatria
749 moderna.

750 La n-HA è un materiale con molteplici usi grazie alla sua biocompatibilità e alla sua somiglianza con
751 la struttura ossea non organica. È utilizzata nelle varie branche odontoiatriche come implantologia,
752 chirurgia, parodontologia, estetica e prevenzione.

753 L'idrossiapatite (HA) è un composto di fosfato di calcio con la formula molecolare $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$
754 e un rapporto calcio-fosforo di 1:67. Esistono diverse forme di fosfato di calcio in natura, ma la HA
755 è la più stabile e la meno solubile di esse. La HA è un materiale con una buona biocompatibilità e
756 bioattività. La biocompatibilità è data dalla risposta appropriata dell'ospite durante l'inserzione di un
757 materiale, mentre la bioattività si riferisce alla capacità del materiale di aderire a un tessuto vivente.
758 Tuttavia, gli svantaggi di questo materiale derivano dalla sua struttura porosa e dalle scarse proprietà
759 meccaniche (Crisan et al., 2015). La nanoscala varia da 1 a 100 nm. Da queste dimensioni deriva una
760 distinta attività delle particelle. La loro ampia superficie di reazione e le ridotte dimensioni esaltano
761 l'idratazione del materiale, acquisendo così migliori caratteristiche fisiche e chimiche.

762 La sintesi della n-HA è problematica dal punto di vista tecnico e richiede vari metodi come: sintesi
763 sol-gel; reazione allo stato solido; co-precipitazione; precipitazione chimica. Utilizzando precipitanti
764 come citrati, amminoacidi acidi o EDTA (acido etilendiamminotraacetico) è possibile ottenere la
765 mediazione e il controllo della nucleazione, crescita e stabilità dei cristalli.

766 A causa della sua composizione che imita la sostanza inorganica dell'osso, l'HA è usato
767 frequentemente in ortopedia, ma il suo uso anche in odontoiatria è in continuo aumento (Uha ni et
768 al., 2018).

769 In implantologia, ad esempio, la n-HA è il materiale più utilizzato per il rivestimento di impianti in
770 titanio e acciaio inossidabile con vantaggi come un migliore legame osseo e una nuova rigenerazione
771 ossea. La risposta dell'ospite è determinata dalla chimica e dalla rugosità superficiale dell'impianto,

772 nonché dalla dimensione delle particelle e dalla morfologia del rivestimento, aspetti cruciali per
773 l'adesione cellulare e la capacità di formazione ossea degli osteoblasti (Besinis et al., 2015) Un altro
774 vantaggio dell'utilizzo del n-HA come materiale di rivestimento per impianti dentali deriva
775 chiaramente dalla sua capacità di inibire la crescita dei batteri; sono inclusi sia i batteri Gram-positivi
776 che quelli negativi (Abdulkareem et al., 2015). Inoltre, gli impianti con un sottile rivestimento di n-
777 HA beneficiano di una ridotta reazione infiammatoria, essendo l'HA il modulatore per monociti e
778 macrofagi, responsabili della risposta infiammatoria precoce (Ryden et al., 2017).
779 La n-HA può anche essere utilizzata per trattare i difetti ossei che derivano da traumi o interventi
780 chirurgici. Sebbene l'HA sia stata ampiamente utilizzata per il trattamento dei difetti ossei come
781 particelle o blocchi in macroscale, le sue particelle in nanoscale sono state introdotte clinicamente
782 solo di recente come forma iniettabile (Ryabenkova et al., 2017). Combinato con cellule staminali o
783 fattori di crescita e incorporato su uno scaffold, la n-HA può essere utilizzata con successo
784 nell'ingegneria dei tessuti e nella rigenerazione di ossa o cemento. Può essere utile negli interventi
785 chirurgici nella sfera orale come la riparazione del labbro leporino e del palato o interventi parodontali
786 (Al-Ahmady et al., 2018).

787 N-HA è stata studiata anche come materiale adiuvante per la terapia sbiancante ma anche come
788 elemento terapeutico per l'ipersensibilità dentinale e remineralizzante, rendendolo adatto alla
789 medicina estetica e di prevenzione.

790 Infatti, grazie alle sue proprietà bioattive e alla sua capacità di indurre il processo di mineralizzazione,
791 la n-HA viene utilizzato per contrastare l'ipersensibilità dentinale. L'ipersensibilità dentinale si
792 definisce quando la circolazione del fluido all'interno dei tubuli produce un'eccitazione delle cellule
793 recettrici nella polpa quando i tubuli dentinali sono esposti. Questo di solito appare a stimoli freddi,
794 caldi, dolci o tattili. La n-HA può facilmente penetrare nei tubuli dentinali e reagire come un agente
795 mineralizzante, occludendo così il tubulo e interrompendo la circolazione del fluido all'interno.
796 Inoltre, mediante reazioni chimiche con la struttura del dente, è assicurato un effetto terapeutico
797 efficace e duraturo con resistenza a fattori meccanici o chimici. La n-HA è più efficace nel contrastare

798 l'ipersensibilità rispetto agli agenti desensibilizzanti in base alla sua proprietà di remineralizzazione
799 superficiale aggiungendo un rivestimento di apatite sulla superficie del dente (Baglar et al., 2018).
800 Può essere considerato un materiale rivoluzionario per i suoi notevoli effetti remineralizzanti sulle
801 lesioni iniziali dello smalto, svolge un'azione protettiva contro la carie e l'erosione dentale. La n-HA
802 presenta una forte affinità con le superfici demineralizzate grazie alla sua capacità di legarsi ai pori
803 creati sullo smalto dagli attacchi degli acidi. Infatti, dopo l'adesione, la n-HA si moltiplica e si
804 organizza in microcluster riparando questi piccoli difetti dello smalto, quindi formando uno strato di
805 apatite uniforme che può sovrapporsi completamente allo smalto prismatico e interprismatico
806 (Swarup & Rao, 2012). Dunque, al fine di prevenire l'ipersensibilità dopo lo sbiancamento, che può
807 verificarsi in un 70% dei pazienti sbiancati, il gel sbiancante è stato arricchito con HA nella sua forma
808 nano (Vano et al., 2015; Kutuk et al., 2018).

809 Un'altra area in cui la nanotecnologia sta guadagnando interesse è la cariologia e la prevenzione, dove
810 la n-HA viene utilizzata per remineralizzare la dentina e lo smalto colpiti da attacchi cariosi. Nella
811 carie allo stadio iniziale il tessuto duro perde ioni minerali per attacco acido proveniente dal
812 metabolismo batterico, ma la rete del collagene rimane inalterata (Besinis, van Noort & Martin,
813 2014).

814 Nella prevenzione della carie la n-HA è incorporata nelle paste dentali per fornire ioni che riducono
815 la demineralizzazione e migliorano la remineralizzazione. Le nanoparticelle possono penetrare nelle
816 porosità dei denti e sono in grado di produrre uno strato protettivo sulla superficie del dente (Bm et
817 al., 2015).

818 La n-HA è stata persino inclusa nelle bevande sportive per ridurre al minimo il suo effetto sui denti.
819 Infatti, le bevande acide esacerbano le erosioni sulla superficie dei denti (Min, Kwon & Kim, 2015).
820 Dunque, le proprietà fisiche, chimiche e meccaniche della n-HA la rendono uno dei materiali più
821 promettenti per la moderna medicina dentale, sebbene la sua applicazione in odontoiatria dovrebbe
822 essere ulteriormente studiata.

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

PROTOCOLLO SPERIMENTALE

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847
848
849

850

5. OBIETTIVO

851 L'obiettivo della parte sperimentale di questa tesi è quello di valutare la capacità di
852 sbiancamento di due gel al 6% di perossido di idrogeno, uno contenente nano-
853 idrossiapatite e uno senza, paragonandoli ad un gruppo di denti non trattati (gruppo
854 controllo), mediante l'analisi spettrofotometrica.

855

856

857

858

859

860

861 **6. MATERIALI E METODI**

862

863 **6.1 PREPARAZIONE DEI CAMPIONI**

864

865 Questo studio in vitro è stato effettuato su quindici denti sani, estratti chirurgicamente per motivi
866 ortodontici o parodontali presso la clinica odontostomatologia del Dipartimento DiSCO
867 dell'Università Politecnica delle Marche. Secondo le linee guida del Comitato Etico Locale e la
868 dichiarazione di Helsinki del 1964, il consenso informato è stato ottenuto dai pazienti, consapevoli
869 che i loro tessuti dentali duri, come scarto delle procedure chirurgiche, sarebbero stati utilizzati per
870 scopi di ricerca. Dopo l'estrazione chirurgica, i denti sono stati lavati con acqua distillata e puliti con
871 ultrasuoni e scailer manuale, al fine di rimuovere tutti i depositi di tartaro e il tessuto connettivo
872 rimanente. Successivamente, sono stati esaminati attentamente per escludere la presenza di lesioni e
873 carie, inclusi difetti ipoplastici e microfratture: il dente che mostrava queste caratteristiche è stato
874 escluso. I denti selezionati sono stati conservati in una soluzione di clorammina allo 0,5% (p/p)
875 (NH₂Cl) a temperatura ambiente, prima delle procedure di sbiancamento.

876 Successivamente sono stati fissati su un supporto in composito e divisi in 3 gruppi con cinque
877 campioni ciascuno:

- 878 - Gruppo CTR: gruppo controllo, i campioni non sono stati trattati.
- 879 - Gruppo NHA: i campioni sono stati trattati con un gel sbiancante a base di perossido di
880 idrogeno al 6% con nano-idrossiapatite.
- 881 - Gruppo HP: i campioni sono stati trattati con un gel sbiancante a base di perossido di idrogeno
882 al 6%.

883

884 Tutti i gruppi, durante lo studio sono stati conservati in soluzione con fisiologica e saliva artificiale
885 in gel (Biotène Oral balance, Laclede, Inc. Rancho Dominguez, CA, USA) composta da: acqua
886 depurata, amido idrogenato idrolizzato, ilitolo, idrossietilcellulosa, polimetacrilato, beta -d-

887 glucosio, lattoperossidasi (12,000 unità), lisozima (12mg), lattoferrina (12mg), glucosio ossidasi
888 (12,000 unità), tiocianato di potassio, aloe vera.

889

890 La tabella 1 descrive le caratteristiche dei componenti dei prodotti sbiancanti utilizzati.

891

NOME	PRODUTTORE	COMPOSIZIONE DEL MATERIALE
White Dental Beauty	Novon, Optident Optident, Ilkley, West Yorkshire	Perossido di idrogeno 6% (HP)
BioWhiten	Biodent, Ltd., Instabul, Turchia.	Parte A: Perossido di idrogeno 6% Parte B: nano-idrossiapatite (nano-HA) in un rapporto 1:3 rispettivamente.

892



893

894 *Figura 9: prodotti sbiancanti utilizzati. In alto White dental Beauty, in basso Bio Whiten (parti A e B).*

895

896 **6.2 TRATTAMENTO SBIANCANTE**

897

898 Il trattamento è stato effettuato sulle superfici vestibolari coronali dei gruppi testati per sette giorni.

899 La procedura consiste in:

900 Il gel sbiancante viene applicato e lasciato sulla superficie di ogni campione per dieci minuti, in

901 seguito i campioni vengono puliti e asciugati mediante garza sterile e si lasciano senza gel per dieci

902 minuti. Questa procedura viene ripetuta cinque volte per un totale di cinquanta minuti.

903 Per il Gruppo HP, le parti A e B del prodotto sbiancante sono state mescolate prima dell'applicazione

904 per ottenere i rapporti HP e nano-HA sopra indicati. Prima di ogni ciclo, ogni elemento è stato

905 asciugato per poi essere riposto di nuovo nella soluzione di saliva artificiale e fisiologica una volta

906 terminate tutte le sequenze.

907



908

909

Figura 10: Parte coronale di incisivo trattata, su supporto in composito.

910 **6.3 ANALISI COLORE**

911

912 Sono state registrate due misurazioni della parte centrale del terzo medio coronale vestibolare per
913 ciascun campione, utilizzando lo spettrofotometro ShadePilot DeguDent (Dentsplay company)
914 secondo il sistema di ordinamento dei colori CIE L * a * b * e CIE L * C * h*. Per l'acquisizione dei
915 dati, i campioni sono stati posizioni su foglio A4 nero, il quale consente di standardizzare i metodi di
916 cattura dell'immagine senza l'influenza di fattori esterni che potrebbero influenzare i valori presi. Le
917 misurazioni sono state acquisite prima della procedura sbiancante (t0), dopo il primo (t1), il terzo (t3)
918 e l'ultimo giorno (t7) di trattamento per rilevare l'eventuale cambiamento del colore dei gruppi testati.
919 Le variazioni di colore vengono misurate calcolando ΔE^* , ossia la differenza tra due colori misurata
920 dalla distanza tra 2 punti nello spazio colore CIELab. Infine, sono state analizzate le medie delle
921 misurazioni ΔE , L* e b*.

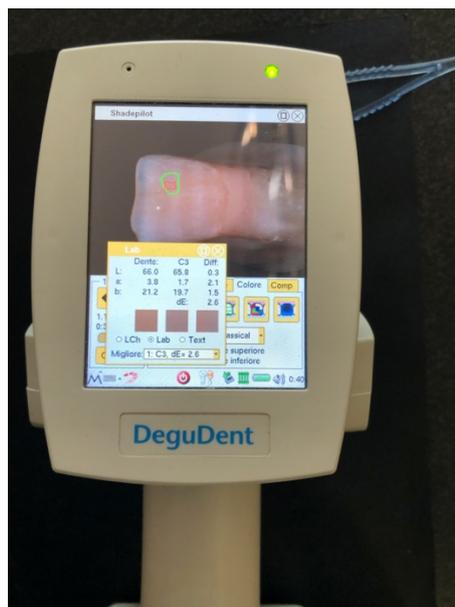
922

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^*2 + \Delta a^*2 + \Delta b^*2}$$

923

924 *Figura 11: Formula utilizzata in. questo studio per calcolare il ΔE .*

925



926

927 **Figura 12: Rilevazione colore tramite spettrofotometro ShadePilot DeguDent (Dentsplay company)**

928

929 **6.4 ANALISI STATISTICA**

930

931 I dati ottenuti dall'analisi spettrofotometrica sono stati salvati ed elaborati. I risultati del ΔE , L^* e b^*
932 sono stati presentati come media deviazione standard (SD). Le differenze significative tra i gruppi
933 sperimentali sono state determinate mediante analisi della varianza one-way ANOVA, seguita dal
934 Tukey test, utilizzando il software statistico Prism8 (GraphPad Software, Inc.). La dimensione del
935 gruppo è stata fissata a $N=3$ per tutti i gruppi sperimentali; la significatività è stata fissata a $p 0,05$.

936

7. RISULTATI

937

938

939 I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella. (Tabella n.2)

940

	CTR	NHA	HP
ΔE	6,22±2,26	14,13±3,01	14,27±2,71
L^*	2,91±2,75	10,97±2,52	10,37±3,48
b^*	17,57±3,48	11,25±2,73	14,29±2,35

941

942 *Tabella n2: media \pm deviazione standard dei dati ottenuti per i seguenti parametri ΔE , L^* , b^* .*

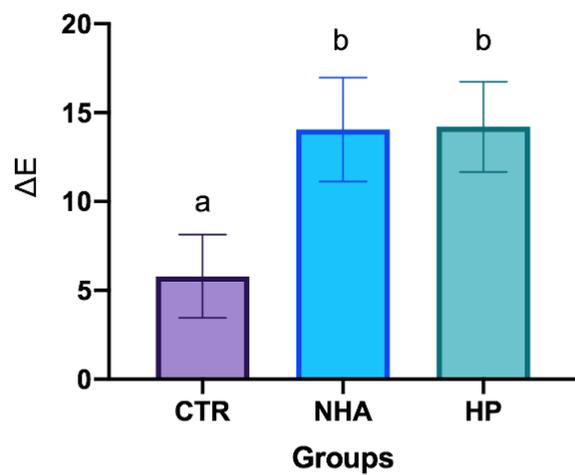
943

944 L'efficacia dello sbiancamento dentale, indicata dalla differenza di colore tra i diversi periodi di
945 tempo, è stata valutata dallo spettrofotometro ed è stata determinata dai valori di ΔE (tabella n.2).

946 L'entità di questa variazione è il risultato ottenuto dalla analisi di ogni valore di L^* a^* b^* (materiale
947 supplementare). Entrambi gli sbiancanti hanno provocato un cambiamento di colore. L'analisi
948 statistica evidenzia una differenza rilevante tra i due gruppi test e il gruppo controllo, mentre tra il
949 gruppo NHA e HP non c'è differenza statisticamente rilevante ($p < 0,05$) (Fig. 13).

950 Per il parametro L^* , entrambi i gruppi test hanno determinato un aumento consistente della
951 luminosità dello smalto rispetto al controllo (Fig. 14).

952 Mentre per il parametro b^* , entrambi i gruppi test hanno determinato una diminuzione del valore nel
953 tempo, mostrando un cambiamento di colore verso un aspetto più bluastro (Fig.15).



954

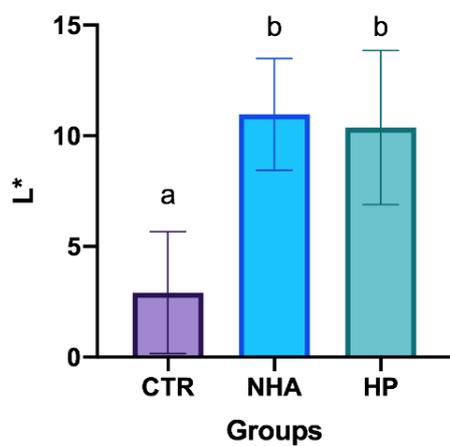
955 Figura 13: Risultati di ΔE a fine trattamento

956

957

958

959



960

961 Figura 14: Risultati di L^* a fine trattamento

962

963

964

965

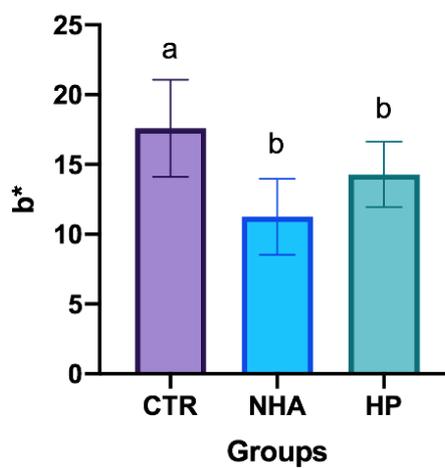


Figura 15: Risultati di b^* a fine trattamento.

8. DISCUSSIONE

966

967

968 Negli ultimi decenni, il trattamento sbiancante è sempre più richiesto da parte dei pazienti. A causa
969 di questa crescente domanda, c'è oggi sul mercato un'ampia gamma di agenti sbiancanti (Pinto et al.,
970 2014). Dunque, è importante conoscere quale tra i diversi prodotti sia il più efficace e il più sicuro.
971 Infatti, uno dei possibili effetti collaterali del trattamento sbiancante è che la struttura dello smalto
972 possa essere indebolita dall'ossidazione degli elementi organici o inorganici. Diverse ricerche hanno
973 studiato gli effetti di questi agenti sbiancanti in termini di perdita di minerali, grado di
974 demineralizzazione e modifiche nella morfologia della superficie del dente, ma ad oggi i risultati sono
975 abbastanza contraddittori. Tuttavia, la letteratura scientifica ha ben dimostrato che la nano-
976 idrossiapatite (n-HA) svolge un ruolo cruciale nel riparare la morfologia alterata dello smalto, grazie
977 ai suoi principali vantaggi, come l'analogia con la struttura minerale dentale, la bioattività e la
978 biocompatibilità. La n-HA mostra una forte affinità con le superfici demineralizzate ed è in grado di
979 legarsi ai pori creati dalla demineralizzazione (Swarup & Rao, 2012). Chen et al. hanno descritto il
980 meccanismo di formazione del prisma dello smalto in presenza di nHA. Durante la
981 demineralizzazione, le particelle di nHA possono riunirsi per formare una struttura prismatica stabile
982 come quella osservata nello smalto, preservandone così la cristallinità (H et al., 2005). Inoltre, il
983 potenziale remineralizzante e riparatore di nHA è stato valutato con esiti positivi anche in studi
984 precedenti (Vano et al., 2015). Nonostante le grandi capacità di diminuire la sensibilità dentale
985 remineralizzando la struttura dello smalto, poco si conosce del suo potenziale sbiancante.

986 Questa Tesi Sperimentale si è posta come obiettivo quello di valutare la capacità sbiancante di due
987 gel al 6% di perossido di idrogeno, uno contenente nano-idrossiapatite (n-HA) e uno senza, rispetto
988 ad un gruppo di denti non trattato, mediante l'utilizzo di spettrofotometro. L'uso dello
989 spettrofotometro è diventato sempre più popolare per la sua facilità d'uso e per la sua leggerezza, con
990 misurazioni rapide e precise che consentono l'analisi dettagliate del colore in piccole aree (Giachetti
991 et al., 2010). I risultati di questo studio *in vitro* evidenziano che a parità di tempo ed utilizzando la

992 stessa tecnica, entrambi i gel testati hanno ottenuto risultati soddisfacenti nel cambio del colore.
993 L'efficacia dello sbiancamento dentale, indicata dalla differenza di colore tra la condizione iniziale e
994 quella finale di post-trattamento, è stata determinata dai valori di ΔE . In condizioni sperimentali,
995 l'occhio umano può percepire ΔE pari a 1 o superiore, ma in condizioni cliniche la differenza deve
996 essere 3.3 o superiore per essere rilevata (Matis et al., 2002). In questo studio, basato su denti che non
997 mostravano differenze significative di colore all'inizio del trattamento (t_0), i risultati ottenuti di ΔE
998 sono superiori ai valori accettabili in condizioni cliniche in tutti gli intervalli di tempo per entrambi i
999 gruppi test. Il gruppo NHA, contenente n-HA, ha presentato un ΔE di $14,13 \pm 3,01$, mentre il gruppo
1000 HP ha ottenuto un ΔE di $14,27 \pm 2,71$, non mostrando tra di loro una differenza statisticamente
1001 rilevante ($p < 0,05$).

1002 Quindi, in accordo con lo studio di Lilaj et al., i risultati del presente studio mostrano che i prodotti
1003 con una bassa concentrazione di HP e con un breve tempo di esposizione possono essere raccomandati
1004 per lo sbiancamento dei denti (Lilaj et al., 2019). Infatti, di particolare interesse clinico è la scoperta
1005 che i prodotti sbiancanti più efficaci dei tre gruppi analizzati (sbiancamento domestico 6%,
1006 sbiancamento in ufficio 6% e sbiancamento in ufficio 6%) non hanno rivelato differenze
1007 statisticamente significative, come riportato in questo studio (Lilaj et al., 2019). Una spiegazione
1008 riportata in letteratura potrebbe essere che concentrazioni inferiori di HP, a causa del tempo di
1009 esposizione più lungo, hanno provocato effetti sbiancanti simili a quelli dei prodotti con
1010 concentrazione più elevata. I prodotti sbiancanti HP ad alta concentrazione sono stati ben studiati per
1011 quanto riguarda i danni allo smalto (Uthappa et al., 2012; Coceska et al., 2016).

1012 Inoltre, questo risultato è in accordo con lo studio clinico randomizzato condotto da Vano et al. del
1013 2015, che aveva come scopo quello di analizzare l'efficacia, la longevità e il grado di ipersensibilità
1014 dei denti sbiancati dopo uno sbiancamento vitale con basse concentrazioni di perossido di idrogeno
1015 (6%) con o senza n-HA. I risultati hanno mostrato anche in questo caso un miglioramento
1016 significativo del colore dei denti per entrambi i gruppi, senza evidenti differenze. In letteratura si
1017 discute se l'aggiunta di diversi agenti remineralizzanti nei gel sbiancanti possa migliorare le proprietà

1018 meccaniche dello smalto post trattamento sbiancante. (Borges et al., 2009, 2011; Coceska et al., 2016;
1019 Santos et al., 2016). Infatti, per quanto riguarda la sensibilità, è stata osservata una sensibilità
1020 significativamente inferiore con l'uso di perossido di idrogeno al 6% miscelato con n-HA.
1021 L'implicazione pratica suggerisce quindi che l'uso di un agente sbiancante con n-HA è un metodo
1022 valido per prevenire la sensibilità post-operatoria insieme all'utilizzo di basse concentrazioni di
1023 perossido di idrogeno (Vano et al., 2015). Un simile esperimento *in vitro* condotto da Kutuk et al., ha
1024 valutato il viraggio del colore, la micro-durezza e la composizione chimica dello smalto sbiancato
1025 con diversi agenti desensibilizzanti, tra cui n-HA. Hanno concluso che l'uso di agenti desensibilizzanti
1026 dopo lo sbiancamento o miscelato con l'agente sbiancante, non hanno inibito l'effetto sbiancante
1027 dell'agente (Kutuk et al., 2018).

1028 Considerando gli altri parametri analizzati, le misurazioni spettrofotometriche hanno evidenziato che
1029 i valori L *, che rappresentano la luminosità, sono aumentati significativamente nei due gruppi test
1030 dopo lo sbiancamento. Ciò suggerisce che indipendentemente dalla presenza o assenza della n-HA, i
1031 due gel al 6% di perossido di idrogeno sono efficaci per il trattamento sbiancante, come è stato
1032 riscontrato anche in diversi studi (Dietschi, Rossier & Krejci, 2006; Mielczarek et al., 2008; Karadas
1033 & Duymus, 2015).

1034 I valori b*, che rappresentano il contrasto blu-giallo, sono diminuiti significativamente nei gruppi test
1035 dopo lo sbiancamento. Infatti, NHA e HP (rispettivamente $11,25 \pm 2,73$ e $14,29 \pm 2,35$) hanno mostrato
1036 valori inferiori e statisticamente differenti ($p < 0,05$) da CTR ($17,57 \pm 3,48$). La diminuzione dei valori
1037 b * a fine trattamento indica un miglioramento generale nell'osservazione del bianco dei denti (Tao
1038 et al., 2017). Questo risultato è confermato da studi che indicano che il cambiamento di colore dal
1039 giallo al blu rappresenta una prova significativa dello sbiancamento e che una diminuzione del valore
1040 del parametro b * è un fattore cruciale per il riconoscimento dello sbiancamento dentale da parte dei
1041 pazienti (Bergesch et al., 2017; Jiang et al., 2019). Infatti, un cambiamento o uno spostamento al blu
1042 crea un aspetto che appare visivamente più bianco, cambiando il colore netto del dente verso il bianco.
1043 Questo meccanismo di sbiancamento si basa su molti studi precedenti eseguiti che hanno dimostrato

1044 che lo spostamento del blu forse meglio sull' sull'asse giallo-blu (b^*) è di maggiore importanza
1045 nell'osservazione di denti più bianchi rispetto ad altri assi, come L^* o a^* (Kleber, Putt & Nelson,
1046 1998; Gerlach, Gibb & Sagel, 2000; Gerlach, Barker & Sagel, 2002). Inoltre, sulla base della teoria
1047 ottica precedente, è stato introdotto nei gel sbiancanti un pigmento blu, chiamato “covarina blu”, per
1048 aumentare il viraggio del colore dei denti da giallo a blu. Diversi studi clinici e in vitro hanno
1049 confermato che questo aumento del colore bluastro e diminuzione del colore giallo fa sembrare i denti
1050 più bianchi subito dopo lo sbiancamento dei denti (Oliveira et al., 2016; Vaz et al., 2019; Shamel, Al-
1051 Ankily & Bakr, 2019).

1052 Dunque, considerando i tre parametri analizzati, si può affermare che non ci sono evidenti differenze
1053 tra il gel contenente n-HA e quello senza, nella loro capacità sbiancante. Questi prodotti attualmente
1054 in commercio, possono essere utilizzati nella procedura consigliata dal produttore, testata in questo
1055 studio. Ciononostante, sono necessari ulteriori studi che devono mirare ad analizzare le possibili
1056 conseguenze sulla superficie dello smalto e la sensibilità dentinale post sbiancamento.
1057 L'identificazione di un metodo efficace per trattare la sensibilità dei denti correlata alle procedure di
1058 sbiancamento è un argomento importante in quanto, anche se condizione temporanea e reversibile, è
1059 segnalata dalla maggior parte dei pazienti che si sottopongono a trattamento sbiancante. Per il
1060 trattamento dell'ipersensibilità dentinale Baglar et al. (Baglar et al., 2018) hanno condotto uno studio
1061 in vitro che ha esaminato la capacità di occlusione dei tubuli dentinali del nano-HA e le combinazioni
1062 di nano-HA con fluoro in varie concentrazioni. I risultati hanno affermato che tutti i materiali a base
1063 di nano-HA avevano costruito uno strato di copertura sulla superficie della dentina. La n-HA è un
1064 materiale con una buona biocompatibilità e bioattività (Bordea et al., 2020). Il suo utilizzo si sta
1065 sperimentando in diversi campi dell'odontoiatria, tuttavia bisogna tener conto che la letteratura, per
1066 quanto riguarda lo sbiancamento, parla soprattutto di studi effettuati *in vitro*, rendendo necessarie
1067 indagini più approfondite per capire a fondo il suo meccanismo d'azione, anche al fine di individuare
1068 la reale valenza pratica che dovrebbe essere poi testata attraverso studi clinici.

1069

9. CONCLUSIONE

1070

1071

1072 Da questo studio *in vitro*, si può concludere che gli agenti sbiancanti testati, in particolare un gel al
1073 6% di perossido di idrogeno con nano-idrossiapatite, e l'altro al 6% di perossido di idrogeno senza
1074 nano-idrossiapatite, possono essere tranquillamente utilizzati dai dentisti, seguendo il protocollo del
1075 produttore, poiché consentono di ottenere uno sbiancamento finale ottimale. Inoltre, non è stata
1076 riscontrata differenza per nessun parametro del colore tra i due gel testati. Quindi, si consiglia al
1077 clinico l'utilizzo di prodotti contenenti nano-idrossiapatite, considerate le sue proprietà vantaggiose.
1078 Al fine di valutare meglio quest'ultimo argomento e di approfondire le conoscenze sul meccanismo
1079 di azione di questi gel sbiancanti sullo smalto dentale oltre che sull'ambiente orale, si dovranno
1080 effettuare ulteriori studi, sia *in vitro* che *in vivo*.

1081

1082

BIBLIOGRAFIA

- 1083
1084
1085 Abdulkareem EH, Memarzadeh K, Allaker RP, Huang J, Pratten J, Spratt D. 2015. Anti-biofilm
1086 activity of zinc oxide and hydroxyapatite nanoparticles as dental implant coating materials. *Journal*
1087 *of Dentistry* 43:1462–1469. DOI: 10.1016/j.jdent.2015.10.010.
- 1088 Al-Ahmady HH, Abd Elazeem AF, Bellah Ahmed NE-M, Shawkat WM, Elmasry M, Abdelrahman
1089 MA, Abderazik MA. 2018. Combining autologous bone marrow mononuclear cells seeded on
1090 collagen sponge with Nano Hydroxyapatite, and platelet -rich fibrin: Reporting a novel strategy for
1091 alveolar cleft bone regeneration. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery: The European*
1092 *Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 46:1593–1600. DOI: 10.1016/j.jcms.2018.05.049.
- 1093 Alqahtani MQ. 2014. Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review.
1094 *The Saudi Dental Journal* 26:33–46. DOI: 10.1016/j.sdentj.2014.02.002.
- 1095 Ashcroft AT, Joiner A. 2010. Tooth cleaning and tooth wear: A review. *Proceedings of the Institution*
1096 *of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology* 224:539–549. DOI:
1097 10.1243/13506501JET671.
- 1098 Baglar S, Erdem U, Dogan M, Turkoz M. 2018. Dentinal tubule occluding capability of nano-
1099 hydroxyapatite; The in -vitro evaluation. *Microscopy Research and Technique* 81:843–854. DOI:
1100 10.1002/jemt.23046.
- 1101 Bailey SJ, Swift EJ. 1992. Effects of home bleaching products on composite resins. *Quintessence*
1102 *International (Berlin, Germany: 1985)* 23:489–494.
- 1103 Bergesch V, Baggio Aguiar FH, Turssi CP, Gomes Frana FM, Basting RT, Botelho Amaral FL.
1104 2017. Shade changing effectiveness of plasdone and blue covarine-based whitening toothpaste on
1105 teeth stained with chlorhexidine and black tea. *European Journal of Dentistry* 11:432–437. DOI:
1106 10.4103/ejd.ejd9717.
- 1107 Bernardon JK, Sartori N, Ballarin A, Perdigão J, Lopes GC, Baratieri LN. 2010. Clinical performance
1108 of vital bleaching techniques. *Operative Dentistry* 35:3–10. DOI: 10.2341/09-008CR.

1109 Besinis A, De Peralta T, Tredwin CJ, Handy RD. 2015. Review of nanomaterials in dentistry:
1110 interactions with the oral microenvironment, clinical applications, hazards, and benefits. *ACS nano*
1111 9:2255–2289. DOI: 10.1021/nm505015e.

1112 Besinis A, van Noort R, Martin N. 2014. Remineralization potential of fully demineralized dentin
1113 infiltrated with silica and hydroxyapatite nanoparticles. *Dental Materials: The Academy of Dental*
1114 *Materials* 30:249–262. DOI: 10.1016/j.dental.2013.11.014.

1115 Bm S, Lp C, M V, C FN, Ma B, Ac M. 2015. Effect of an Experimental Paste with Hydroxyapatite
1116 Nanoparticles and Fluoride on Dental Demineralisation and Remineralisation in situ. *Caries*
1117 *Research* 49:499–507. DOI: 10.1159/000438466.

1118 Bordea IR, Candrea S, Aleescu GT, Bran S, Bciu M, Bciu G, Lucaciu O, Dinu CM, Todea DA.
1119 2020. Nano-hydroxyapatite use in dentistry: a systematic review. *Drug Metabolism Reviews* 52:319–
1120 332. DOI: 10.1080/03602532.2020.1758713.

1121 Bordea R, Lucaciu O, Crisan B, Mrza C -M, Popa D, Mesaros A, Pelekanos S, Campian R. 2016.
1122 The influence of chromophore presence in an experimental bleaching gel on laser assisted tooth
1123 whitening efficiency. 61:215–223.

1124 Borges BCD, Borges JS, de Melo CD, Pinheiro IVA, Santos AJSD, Braz R, Montes M a. JR. 2011.
1125 Efficacy of a novel at-home bleaching technique with carbamide peroxide modified by CPP -ACP
1126 and its effect on the microhardness of bleached enamel. *Operative Dentistry* 36:521–528. DOI:
1127 10.2341/11-013-L.

1128 Borges A, Samezima L, Pereira L, Yui K, Borges A, Torres C. 2009. Influence of Potentially
1129 Remineralizing Agents on Bleached Enamel Microhardness. *Operative dentistry* 34:593–7. DOI:
1130 10.2341/08-081-L.

1131 Broome JC. 1998. At-home use of 35% carbamide peroxide bleaching gel: a case report.
1132 *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J.: 1995)* 19:824–829.

1133 Carey CM. 2014. Tooth Whitening: What We Now Know. *The journal of evidence-based dental*
1134 *practice* 14 Suppl:70–76. DOI: 10.1016/j.jebdp.2014.02.006.

1135 Cavalli V, Arrais C a. G, Giannini M, Ambrosano GMB. 2004. High-concentrated carbamide
1136 peroxide bleaching agents effects on enamel surface. *Journal of Oral Rehabilitation* 31:155–159.
1137 DOI: 10.1111/j.1365-2842.2004.01138..

1138 Chandrasekhar V, Reddy LP, Prakash TJ, Rao GA, Pradeep M. 2011. Spectrophotometric and
1139 colorimetric evaluation of staining of the light cured composite after exposure with different
1140 intensities of light curing units. *Journal of Conservative Dentistry* 14:391. DOI: 10.4103/0972-
1141 0707.87208.

1142 Coceska E, Gjorgievska E, Coleman NJ, Gabric D, Slipper IJ, Stevanovic M, Nicholson JW. 2016.
1143 Enamel alteration following tooth bleaching and remineralization. *Journal of Microscopy* 262:232–
1144 244. DOI: 10.1111/jmi.12357.

1145 Crisan L, Crisan B, Soritau O, Baciut M, Biris AR, Baciut G, Lucaciu O. 2015. In vitro study of
1146 biocompatibility of a graphene composite with gold nanoparticles and hydroxyapatite on human
1147 osteoblasts. *Journal of applied toxicology: JAT* 35:1200–1210. DOI: 10.1002/jat.3152.

1148 Dabanoglu A, Wood C, Garcia-Godoy F, Kunzelmann K-H. 2009. Whitening effect and
1149 morphological evaluation of hydroxyapatite materials. *American journal of dentistry* 22:23–9.

1150 Dadoun MP, Bartlett DW. 2003. Safety issues when using carbamide peroxide to bleach vital teeth --
1151 a review of the literature. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* 11:9–
1152 13.

1153 Dagg H, O’Connell B, Claffey N, Byrne D, Gorman C. 2004. The influence of some different factors
1154 on the accuracy of shade selection. *Journal of Oral Rehabilitation* 31:900–904. DOI: 10.1111/j.1365-
1155 2842.2004.01310..

1156 Dantas AAR, Bortolatto JF, Roncolato , Merchan H, Floros MC, Kuga MC, Oliveira Junior OB de.
1157 2015. Can a bleaching toothpaste containing Blue Covarine demonstrate the same bleaching as
1158 conventional techniques? An in vitro, randomized and blinded study. *Journal of applied oral science:*
1159 *revista FOB* 23:609–613. DOI: 10.1590/1678-775720150268.

1160 Demarco FF, Meireles SS, Masotti AS. 2009. Over-the-counter whitening agents: a concise review.

1161 *Brazilian Oral Research* 23 Suppl 1:64–70. DOI: 10.1590/s1806-83242009000500010.

1162 Dietschi D, Rossier S, Krejci I. 2006. In vitro colorimetric evaluation of the efficacy of various
1163 bleaching methods and products. *Quintessence International (Berlin, Germany: 1985)* 37:515–526.

1164 Douglas RD, Brewer JD. 1998. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns. *The*
1165 *Journal of Prosthetic Dentistry* 79:254–260. DOI: 10.1016/s0022-3913(98)70233-1.

1166 Duschner H, Gtz H, White DJ, Kozak KM, Zoladz JR . 2006. Effects of hydrogen peroxide bleaching
1167 strips on tooth surface color, surface microhardness, surface and subsurface ultrastructure, and
1168 microchemical (Raman spectroscopic) composition. *The Journal of Clinical Dentistry* 17:72–78.

1169 Eachempati P, Kumbargere Nagraj S, Kiran Kumar Krishanappa S, Gupta P, Yaylali IE. 2018. Home-
1170 based chemically-induced whitening (bleaching) of teeth in adults. *The Cochrane Database of*
1171 *Systematic Reviews* 2018. DOI: 10.1002/14651858.CD006202.pub2.

1172 Fearon J. 2007. Tooth whitening: concepts and controversies. *Journal of the Irish Dental Association*
1173 53:132–140.

1174 Feinman RA, Madray G, Yarborough D. 1991. Chemical, optical, and physiologic mechanisms of
1175 bleaching products: a review. *Practical periodontics and aesthetic dentistry: PPAD* 3:32–36.

1176 de Freitas PM, Menezes AN, da Mota ACC, Simes A, Mendes FM, Lago ADN, Ferreira LS, Ramos-
1177 Oliveira TM. 2016. Does the hybrid light source (LED/laser) influence temperature variation on the
1178 enamel surface during 35% hydrogen peroxide bleaching? A randomized clinical trial. *Quintessence*
1179 *International (Berlin, Germany: 1985)* 47:61–73. DOI: 10.3290/j.qi.a34454.

1180 Gerlach RW, Barker ML, Sagel PA. 2002. Objective and subjective whitening response of two self-
1181 directed bleaching systems. *American Journal of Dentistry* 15 Spec No:7A-12A.

1182 Gerlach RW, Gibb RD, Sagel PA. 2000. A randomized clinical trial comparing a novel 5.3%
1183 hydrogen peroxide whitening strip to 10%, 15%, and 20% carbamide peroxide tray -based bleaching
1184 systems. *Compendium of Continuing Education in Dentistry. (Jamesburg, N.J.: 1995).*
1185 *Supplement:S22-28; quiz S42-43.*

1186 Giachetti L, Bertini F, Bambi C, Nieri M, Scaminaci Russo D. 2010. A randomized clinical trial

1187 comparing at-home and in-office tooth whitening techniques: A nine-month follow-up. *Journal of*
1188 *the American Dental Association (1939)* 141:1357–1364. DOI: 10.14219/jada.archive.2010.0081.

1189 Goldberg M, Grootveld M, Lynch E. 2010. Undesirable and adverse effects of tooth-whitening
1190 products: a review. *Clinical Oral Investigations* 14:1–10. DOI: 10.1007/s00784-009-0302-4.

1191 Grazioli G, Valente LL, Isolan CP, Pinheiro HA, Duarte CG, Mnychow EA. 2018. Bleaching and
1192 enamel surface interactions resulting from the use of highly-concentrated bleaching gels. *Archives of*
1193 *Oral Biology* 87:157–162. DOI: 10.1016/j.archoralbio.2017.12.026.

1194 Gurgan S, Cakir FY, Yazici E. 2010. Different light-activated in-office bleaching systems: a clinical
1195 evaluation. *Lasers in Medical Science* 25:817–822. DOI: 10.1007/s10103-009-0688-.

1196 H C, Bh C, K S, Jf M. 2005. Self-assembly of synthetic hydroxyapatite nanorods into an enamel
1197 prism-like structure. *Journal of Colloid and Interface Science* 288:97–103. DOI:
1198 10.1016/j.jcis.2005.02.064.

1199 Haywood VB. 1992. History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and
1200 applications of the nightguard vital bleaching technique. *Quintessence International (Berlin,*
1201 *Germany: 1985)* 23:471–488.

1202 Haywood D. 2009. In-Office Bleaching: Lights, Applications, and Outcomes. 16:4.

1203 Haywood VB, Sword RJ. 2017. Tooth bleaching questions answered. *British Dental Journal*
1204 223:369–380. DOI: 10.1038/sj.bdj.2017.767.

1205 He L-B, Shao M-Y, Tan K, u, Li J -Y. 2012. The effects of light on bleaching and tooth sensitivity
1206 during in-office vital bleaching: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry* 40:644–
1207 653. DOI: 10.1016/j.jdent.2012.04.010.

1208 Horn BA, Bittencourt BF, Gomes OMM, Farhat PA. 2014. Clinical evaluation of the whitening effect
1209 of over-the-counter dentifrices on vital teeth. *Brazilian Dental Journal* 25:203–206. DOI:
1210 10.1590/0103-6440201300053.

1211 Howard WR. 1992. Patient-applied tooth whiteners. *Journal of the American Dental Association*
1212 *(1939)* 123:57–60. DOI: 10.14219/jada.archive.1992.0055.

1213 Huang SB, Gao SS, Yu HY. 2009. Effect of nano-hydroxyapatite concentration on remineralization
1214 of initial enamel lesion in vitro. *Biomedical Materials (Bristol, England)* 4:034104. DOI:
1215 10.1088/1748-6041/4/3/034104.

1216 Jarad FD, Russell MD, Moss BW. 2005. The use of digital imaging for colour matching and
1217 communication in restorative dentistry. *British Dental Journal* 199:43–49; discussion 33. DOI:
1218 10.1038/sj.bdj.4812559.

1219 Jiang N, Zhang C, Agingu C, Attin T, Cheng H, Yu H. 2019. Comparison of Whitening Dentifrices
1220 on the Effectiveness of In-office Tooth Bleaching: A Double-blind Randomized Controlled Clinical
1221 Trial. *Operative Dentistry* 44:138–145. DOI: 10.2341/17-333-C.

1222 Joiner A. 2004. Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry* 32:3–12. DOI:
1223 10.1016/j.jdent.2003.10.013.

1224 Joiner A. 2006. The bleaching of teeth: a review of the literature. *Journal of Dentistry* 34:412–419.
1225 DOI: 10.1016/j.jdent.2006.02.002.

1226 Joiner A, Philpotts CJ, Alonso C, Ashcroft AT, Sygrove NJ. 2008. A novel optical approach to
1227 achieving tooth whitening. *Journal of Dentistry* 36 Suppl 1:S8-14. DOI: 10.1016/j.jdent.2008.02.005.

1228 Joshi SB. 2016. An overview of vital teeth bleaching. *Journal of Interdisciplinary Dentistry* 6:3. DOI:
1229 10.4103/2229-5194.188155.

1230 Karadas M, Duymus ZY. 2015. In Vitro Evaluation of the Efficacy of Different Over-the-Counter
1231 Products on Tooth Whitening. *Brazilian Dental Journal* 26:373–377. DOI: 10.1590/0103-
1232 644020130111.

1233 Kashima-Tanaka M, Tsujimoto Y, Kawamoto K, Senda N, Ito K, Yamazaki M. 2003. Generation of
1234 free radicals and/or active oxygen by light or laser irradiation of hydrogen peroxide or sodium
1235 hypochlorite. *Journal of Endodontics* 29:141–143. DOI: 10.1097/00004770-200302000-00013.

1236 Khurana R, Tredwin CJ, Weisbloom M, Moles DR. 2007. A clinical evaluation of the individual
1237 repeatability of three commercially available colour measuring devices. *British Dental Journal*
1238 203:675–680. DOI: 10.1038/bdj.2007.1108.

1239 Kielbassa AM, Beheim-Schwarzbach NJ, Neumann K, Nat R, Zantner C. 2009. In vitro comparison
1240 of visual and computer-aided pre- and post-tooth shade determination using various home bleaching
1241 procedures. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 101:92–100. DOI: 10.1016/S0022-3913(09)60001-
1242 9.

1243 Kihn PW. 2007. Vital tooth whitening. *Dental Clinics of North America* 51:319–331, viii. DOI:
1244 10.1016/j.cden.2006.12.001.

1245 Kleber CJ, Putt MS, Nelson BJ. 1998. In vitro tooth whitening by a sodium bicarbonate/periode
1246 dentifrice. *The Journal of Clinical Dentistry* 9:16–21.

1247 Kothari S, Jum’ah AA, Gray AR, M Lyons K, Yap M, Brunton PA. 2020. A randomized clinical trial
1248 investigating three vital tooth bleaching protocols and associated efficacy, effectiveness and
1249 participants’ satisfaction. *Journal of Dentistry* 95:103322. DOI: 10.1016/j.jdent.2020.103322.

1250 Kuehni RG, Marcus RT. 1979. An Eperiment in Visual Scaling of Small Color Differences*. *Color*
1251 *Research & Application* 4:83–91. DOI: 10.1111/j.1520-6378.1979.tb00094..

1252 Kutuk zeynep bilge, Ergin E, Cakir F, Gurgan S. 2018. Effects of in-office bleaching agent combined
1253 with different desensitizing agents on enamel. *Journal of applied oral science : revista FOB*
1254 27:e20180233. DOI: 10.1590/1678-7757-2018-0233.

1255 Kwon SR, Wertz PW. 2015. Review of the Mechanism of Tooth Whitening. *Journal of Esthetic and*
1256 *Restorative Dentistry: The American Academy of Esthetic Dentistry ... [et Al.]* 27:240–257. DOI:
1257 10.1111/jerd.12152.

1258 Lagouvardos PE, Fougia AG, Diamantopoulou SA, Polyzois GL. 2009. Repeatability and interdevice
1259 reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *The Journal*
1260 *of Prosthetic Dentistry* 101:40–45. DOI: 10.1016/S0022-3913(08)60289-9.

1261 Langsten RE, Dunn WJ, Hartup GR, Murchison DF. 2002. Higher-concentration carbamide periode
1262 effects on surface roughness of composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry: The*
1263 *American Academy of Esthetic Dentistry ... [et Al.]* 14:92–96. DOI: 10.1111/j.1708-
1264 8240.2002.tb00157..

1265 Leonard RH, Austin SM, Haywood VB, Bentley CD. 1994. Change in pH of plaque and 10%
1266 carbamide peroxide solution during nightguard vital bleaching treatment. *Quintessence International*
1267 *(Berlin, Germany: 1985)* 25:819–823.

1268 Leonard RH, Bentley CD, Haywood VB. 1994. Salivary pH changes during 10% carbamide peroxide
1269 bleaching. *Quintessence International (Berlin, Germany: 1985)* 25:547–550.

1270 Li Y, Lee SS, Cartwright SL, Wilson AC. 2003. Comparison of clinical efficacy and safety of three
1271 professional at-home tooth whitening systems. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*
1272 *(Jamesburg, N.J.: 1995)* 24:357–360, 362, 364 passim; quiz 378.

1273 Lilaj B, Dauti R, Agis H, Schmid-Schwab M, Franz A, Kanz F, Moritz A, Schedle A, Cvikl B. 2019.
1274 Comparison of Bleaching Products With Up to 6% and With More Than 6% Hydrogen Peroxide:
1275 Whitening Efficacy Using BI and WID and Side Effects – An in vitro Study. *Frontiers in Physiology*
1276 10. DOI: 10.3389/fphys.2019.00919.

1277 Lima FG, Rotta TA, Penso S, Meireles SS, Demarco FF. 2012. In vitro evaluation of the whitening
1278 effect of mouth rinses containing hydrogen peroxide. *Brazilian Oral Research* 26:269–274. DOI:
1279 10.1590/s1806-83242012000300014.

1280 Marques D, Silveira J, Marques J, Amaral J, Guilherme N, Mata A. 2012. Kinetic release of hydrogen
1281 peroxide from different whitening products. *The European journal of esthetic dentistry*:7:344–52.

1282 Matis BA. 2003. Tray whitening: what the evidence shows. *Compendium of Continuing Education*
1283 *in Dentistry (Jamesburg, N.J.: 1995)* 24:354–362.

1284 Matis BA, Hamdan YS, Cochran MA, Eckert GJ. 2002. A clinical evaluation of a bleaching agent
1285 used with and without reservoirs. *Operative Dentistry* 27:5–11.

1286 McCaslin AJ, Haywood VB, Potter BJ, Dickinson GL, Russell CM. 1999. Assessing dentin color
1287 changes from nightguard vital bleaching. *Journal of the American Dental Association (1939)*
1288 130:1485–1490. DOI: 10.14219/jada.archive.1999.0061.

1289 Mena-Serrano AP, Garcia E, Luque-Martinez I, Grande R, Loguercio AD, Reis A. 2016. A Single-
1290 Blind Randomized Trial About the Effect of Hydrogen Peroxide Concentration on Light-Activated

1291 Bleaching. *Operative Dentistry* 41:455–464. DOI: 10.2341/15-077-C.

1292 MHT Medical High Technologies. Available at <http://www.mht.it/> (accessed October 23, 2020).

1293 Mielczarek A, Klukowska M, Ganowicz M, Kwiatkowska A, Kwany M. 2008. The effect of strip,
 1294 tray and office peroxide bleaching systems on enamel surfaces in vitro. *Dental Materials*: 24:1495–
 1295 1500. DOI: 10.1016/j.dental.2008.03.009.

1296 Min JH, Kwon HK, Kim BI. 2015. Prevention of dental erosion of a sports drink by nano-sized
 1297 hydroxyapatite in situ study. *International Journal of Paediatric Dentistry* 25:61–69. DOI:
 1298 10.1111/ipd.12101.

1299 munsell-color-history-dorothy-nickerson.pdf.

1300 O’Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB, Groh CL. 1997. Color distribution of three
 1301 regions of extracted human teeth. *Dental Materials*: 13:179–185. DOI: 10.1016/S0109-
 1302 5641(97)80121-2.

1303 Oliveira M, Fernández E, Bortolatto J, Oliveira Junior O, Bandeca M, Khajotia S, Florez F. 2016.
 1304 Optical Dental Whitening Efficacy of Blue Covarine Toothpaste in Teeth Stained by Different Colors.
 1305 *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*: 28 Suppl 1:S68-77. DOI: 10.1111/jerd.12204.

1306 Ontiveros JC. 2011. In-office vital bleaching with adjunct light. *Dental Clinics of North America*
 1307 55:241–253, viii. DOI: 10.1016/j.cden.2011.01.002.

1308 Orsini G, Procaccini M, Manzoli L, Sparabombe S, Tiriduzzi P, Bambini F, Putignano A. 2013. A 3-
 1309 day randomized clinical trial to investigate the desensitizing properties of three dentifrices. *Journal*
 1310 *of Periodontology* 84: e65-73. DOI: 10.1902/jop.2013.120697.

1311 Paul S, Peter A, Pietrobon N, Himmerle CHF. 2002. Visual and spectrophotometric shade analysis
 1312 of human teeth. *Journal of Dental Research* 81:578–582. DOI: 10.1177/154405910208100815.

1313 Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N. 2004. Conventional visual vs spectrophotometric shade
 1314 taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *The International Journal of*
 1315 *Periodontics & Restorative Dentistry* 24:222–231.

1316 Perdigão J, Baratieri LN, Arcari GM. 2004. Contemporary trends and techniques in tooth whitening:

1317 a review. *Practical procedures & aesthetic dentistry: PPAD* 16:185–192; quiz 194.

1318 Pintado-Palomino K, Peitl Filho O, Zanotto ED, Tirapelli C. 2015. A clinical, randomized, controlled
1319 study on the use of desensitizing agents during tooth bleaching. *Journal of Dentistry* 43:1099–1105.
1320 DOI: 10.1016/j.jdent.2015.07.002.

1321 Pinto MM, de Godoy CHL, Bortoletto CC, Olivian SRG, Motta LJ, Altavista OM, Lumi K, Sobral
1322 APT, Bussadori SK. 2014. Tooth whitening with hydrogen peroxide in adolescents: study protocol
1323 for a randomized controlled trial. *Trials* 15:395. DOI: 10.1186/1745-6215-15-395.

1324 Po LH, Wilson NW. 2014. Effects of different desensitizing agents on bleaching treatments.
1325 *European Journal of General Dentistry* 3:93. DOI: 10.4103/2278-9626.134829.

1326 Pohjola R, Browning W, Hackman S, Myers M, Downey M. 2002. Sensitivity and Tooth Whitening
1327 Agents. *Journal of esthetic and restorative dentistry:* 14:85–91. DOI: 10.1111/j.1708-
1328 8240.2002.tb00156..

1329 Principal component analysis for dental shade color. - Abstract - Europe PMC. Available at
1330 <https://europepmc.org/article/med/22475411> (accessed October 23, 2020).

1331 Rodrigues JA, Oliveira GPF, Amaral CM. 2007. Effect of thickener agents on dental enamel
1332 microhardness submitted to at-home bleaching. *Brazilian Oral Research* 21:170–175. DOI:
1333 10.1590/s1806-83242007000200013.

1334 Rodríguez-Martínez J, Valiente M, Sánchez-Martín M-J. 2019. Tooth whitening: From the
1335 established treatments to novel approaches to prevent side effects. *Journal of Esthetic and Restorative*
1336 *Dentistry:* 31:431–440. DOI: 10.1111/jerd.12519.

1337 Ryabenkova Y, Pinnock A, Quadros PA, Goodchild RL, Mbus G, Crawford A, Hatton PV, Miller
1338 CA. 2017. The relationship between particle morphology and rheological properties in injectable
1339 nano-hydroxyapatite bone graft substitutes. *Materials Science & Engineering. C, Materials for*
1340 *Biological Applications* 75:1083–1090. DOI: 10.1016/j.msec.2017.02.170.

1341 Ryden L, Omar O, Johansson A, Jimbo R, Palmquist A, Thomsen P. 2017. Inflammatory cell
1342 response to ultra-thin amorphous and crystalline hydroxyapatite surfaces. *Journal of materials*

1343 *science. Materials in medicine* 28.

1344 Santos LFTF, Torres CRG, Caneppele TMF, Magalhães AC, Borges AB. 2016. Effect of home-
1345 bleaching gels modified by calcium and/or fluoride and the application of nano-hydroxyapatite paste
1346 on in vitro enamel erosion susceptibility. *Acta Odontologica Scandinavica* 74:121–126. DOI:
1347 10.3109/00016357.2015.1053150.

1348 Setien VJ, Roshan S, Nelson PW. 2008. Clinical management of discolored teeth. *General Dentistry*
1349 56:294–300; quiz 301–304.

1350 Shamel M, Al-Ankily MM, Bakr MM. 2019. Influence of different types of whitening tooth pastes
1351 on the tooth color, enamel surface roughness and enamel morphology of human teeth.
1352 *F1000Research* 8. DOI: 10.12688/f1000research.20811.1.

1353 Soares M, Arajo N, Borges B, Sales W, Sobral A. 2012. Impact of remineralizing agents on enamel
1354 microhardness recovery after in-office tooth bleaching therapies. *Acta odontologica Scandinavica* 71.
1355 DOI: 10.3109/00016357.2012.681119.

1356 uhani MF, Bciu G, Bciu M, uhani R, Bran S. 2018. Current perspectives regarding the
1357 application and incorporation of silver nanoparticles into dental biomaterials. *Chujul Medical (1957)*
1358 91:274–279. DOI: 10.15386/cjmed-935.

1359 Sulieman M. 2005. An overview of bleaching techniques: 2. Night Guard Vital Bleaching and non-
1360 vital bleaching. *Dental Update* 32:39–40, 42–44, 46. DOI: 10.12968/denu.2005.32.1.39.

1361 Sulieman MAM. 2008. An overview of tooth-bleaching techniques: chemistry, safety and efficacy.
1362 *Periodontology 2000* 48:148–169. DOI: 10.1111/j.1600-0757.2008.00258..

1363 Swarup JS, Rao A. 2012. Enamel surface remineralization: Using synthetic nano-hydroxyapatite.
1364 *Contemporary Clinical Dentistry* 3:433–436. DOI: 10.4103/0976-237.107434.

1365 Tanaka A, Nakajima M, Seki N, Foton RM, Tagami J. 2015. The effect of tooth age on colour
1366 adjustment potential of resin composite restorations. *Journal of Dentistry* 43:253–260. DOI:
1367 10.1016/j.jdent.2014.09.007.

1368 Tao D, Smith RN, Zhang Q, Sun JN, Philpotts CJ, Ricketts SR, Naeni M, Joiner A. 2017. Tooth

1369 whitening evaluation of blue covarine containing toothpastes. *Journal of Dentistry* 67S:S20–S24.
1370 DOI: 10.1016/j.jdent.2017.10.014.

1371 Torres CRG, Barcellos DC, Batista GR, Borges AB, Cassiano KV, Pucci CR. 2011. Assessment of
1372 the effectiveness of light-emitting diode and diode laser hybrid light sources to intensify dental
1373 bleaching treatment. *Acta Odontologica Scandinavica* 69:176–181. DOI:
1374 10.3109/00016357.2010.549503.

1375 Uthappa R, Suprith M, Bhandary S, Dash S. 2012. A Comparative Study of Different Bleaching
1376 Agents on the Morphology of Human Enamel: An in vitro SEM Study. *The journal of contemporary*
1377 *dental practice* 13:756–9.

1378 Vano M, Derchi G, Barone A, Genovesi A, Covani U. 2015. Tooth bleaching with hydrogen peroxide
1379 and nano-hydroxyapatite: A 9 -month follow-up randomized clinical trial. *International journal of*
1380 *dental hygiene* 13. DOI: 10.1111/idh.12123.

1381 de Vasconcelos A a. M, Cunha AGG, Borges BCD, Machado CT, dos Santos AJS. 2012. Tooth
1382 whitening with hydrogen/carbamide peroxides in association with a CPP -ACP paste at different
1383 proportions. *Australian Dental Journal* 57:213–219. DOI: 10.1111/j.1834-7819.2012.01683..

1384 Vaz VTP, Jubilato DP, Oliveira MRM de, Bortolatto JF, Floros MC, Dantas AAR, Oliveira Junior
1385 OB de. 2019. Whitening toothpaste containing activated charcoal, blue covarine, hydrogen peroxide
1386 or microbeads: which one is the most effective? *Journal of applied oral science: revista FOB* 27:
1387 e20180051. DOI: 10.1590/1678-7757-2018-0051.

1388 Watted N, Abdulgani A, Muhamad A-H. 2015. the color of primary teeth.

1389 Zijp JR, Bosch JJ ten. 1993. Theoretical model for the scattering of light by dentin and comparison
1390 with measurements. *Applied Optics* 32:411–415. DOI: 10.1364/AO.32.000411.

1391

1392

MATERIALE SUPPLEMENTARE

ANOVA results		Multiple comparisons							
Ordinary one-way ANOVA									
Multiple comparisons									
1	Number of families	1							
2	Number of comparisons per family	3							
3	Alpha	0.05							
4									
5	Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Significant?	Summary	Adjusted P Value			
6	CTR vs. NHA	-8.254	-10.25 to -6.261	Yes	****	<0.0001	A-B		
7	CTR vs. HP	-8.404	-10.40 to -6.411	Yes	****	<0.0001	A-C		
8	NHA vs. HP	-0.1500	-2.142 to 1.842	No	ns	0.9821	B-C		
9									
10	Test details	Mean 1	Mean 2	Mean Diff.	SE of diff.	n1	n2	q	DF
11	CTR vs. NHA	5.797	14.05	-8.254	0.8279	20	20	14.10	57
12	CTR vs. HP	5.797	14.20	-8.404	0.8279	20	20	14.36	57
13	NHA vs. HP	14.05	14.20	-0.1500	0.8279	20	20	0.2562	57

1393

1394 Analisi statistica del parametro ΔE

1395

ANOVA results		Multiple comparisons							
Ordinary one-way ANOVA									
Multiple comparisons									
1	Number of families	1							
2	Number of comparisons per family	3							
3	Alpha	0.05							
4									
5	Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Significant?	Summary	Adjusted P Value			
6	CTR vs. NHA	6.320	3.113 to 9.527	Yes	***	0.0001	A-B		
7	CTR vs. HP	3.280	0.07258 to 6.487	Yes	*	0.0443	A-C		
8	NHA vs. HP	-3.040	-6.247 to 0.1674	No	ns	0.0658	B-C		
9									
10	Test details	Mean 1	Mean 2	Mean Diff.	SE of diff.	n1	n2	q	DF
11	CTR vs. NHA	17.57	11.25	6.320	1.294	10	10	6.909	27
12	CTR vs. HP	17.57	14.29	3.280	1.294	10	10	3.586	27
13	NHA vs. HP	11.25	14.29	-3.040	1.294	10	10	3.323	27

1396

1397 Analisi statistica del parametro L^*

1398

Ordinary one-way ANOVA									
Multiple comparisons									
1	Number of families	1							
2	Number of comparisons per family	3							
3	Alpha	0.05							
4									
5	Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Significant?	Summary	Adjusted P Value			
6	CTR vs. NHA	-8.060	-11.33 to -4.792	Yes	****	<0.0001	A-B		
7	CTR vs. HP	-7.460	-10.73 to -4.192	Yes	****	<0.0001	A-C		
8	NHA vs. HP	0.6000	-2.668 to 3.868	No	ns	0.8925	B-C		
9									
10	Test details	Mean 1	Mean 2	Mean Diff.	SE of diff.	n1	n2	q	DF
11	CTR vs. NHA	2.910	10.97	-8.060	1.318	10	10	8.649	27
12	CTR vs. HP	2.910	10.37	-7.460	1.318	10	10	8.005	27
13	NHA vs. HP	10.97	10.37	0.6000	1.318	10	10	0.6439	27

1399

1400 Analisi statistica del parametro b*

1401

Gruppo Controllo (CTR)									
		t0		Sbiancamento					
				Giorno 1		Giorno 3		Giorno 7	
1-CTR	L	71,2	70,5	66,7	65,8	65,7	64,9	71,5	70,5
	a	0,4	0,4	1,9	1,6	1,8	1,9	2,1	1,9
	b	18,5	19,1	15,8	17,7	16,9	16,5	16,7	14,6
2-CTR	L	60,7	63,8	66,1	69,6	61,5	68,6	69,5	64,7
	a	5,3	5,1	3,4	3,5	3,3	3,7	4,2	4,3
	b	21,6	24,5	16,2	18,4	16,1	18,9	19	16,5
3-CTR	L	76,5	72,1	73,5	75	75,2	73,6	72,6	76
	a	3,1	3,9	3,2	2,9	3	2,9	3,3	3,4
	b	23	22,1	18,6	18,6	15,7	14,2	17,5	16,6
4-CTR	L	58	56,8	69,6	69,8	58,7	60,8	59,7	56,1
	a	6,3	6,6	4,3	3,6	6,2	5,1	6,2	8
	b	21,3	21,6	14,7	15	18,4	18,2	21,2	25
5-CTR	L	63,1	63,3	64,9	63	68,3	65,6	66,8	68,5
	a	2	2,5	1,5	1,5	1,8	1,7	2,4	1,8
	b	16,1	16,4	11,2	11,2	13,2	11	16	12,6

1402

1403 Dati grezzi del gruppo CTR (controllo).

1404

1405

Gruppo NHA									
		t0		Sbiancamento					
				Giorno 1		Giorno 3		Giorno 7	
		L	a	b	L	a	b	L	a
1-NHA	L	63,8	66,4	66	66,4	68,6	69,1	74,8	75,6
	a	4,4	4,4	3,8	3	1,8	1,3	1,7	1,6
	b	25,1	23,1	21,2	16,7	12,8	8,5	10	10,3
2-NHA	L	64,4	63,8	66,4	66,6	70	70,6	76,6	77,1
	a	2,3	2,4	1,6	1	2,4	1,9	1,8	0,9
	b	21,2	19,6	19,3	14,7	19,8	16,5	16,8	12,7
3-NHA	L	67,3	67,7	70,1	71,2	71,3	70,8	75,7	77,8
	a	1,4	1,5	0,9	0,8	0,8	0,6	0,7	0,5
	b	17,9	15,8	13,6	11,5	10	9,4	9	7,6
4-NHA	L	66,1	68,6	76,8	72,8	77,1	75,7	80,9	78
	a	1,8	1,9	1,3	1,1	0,9	1	0,5	1,1
	b	13,9	15,4	13,8	9,3	12,6	8,2	12,3	9,8
5-NHA	L	59,8	61,2	62,9	63,2	69,9	59,8	73,8	68,5
	a	3,6	3,6	3,2	3,4	1,9	3,2	1,5	2,5
	b	19,1	19,1	16,6	20,8	11	14,2	9,9	14,1

1406

1407 Dati grezzi del gruppo NHA.

Gruppo HP									
		t0		Sbiancamento					
				Giorno 1		Giorno 3		Giorno 7	
		L	a	b	L	a	b	L	a
1-HP	L	64,4	63,6	58,6	61,1	71	70,1	69,5	76,4
	a	3,2	3,4	3	3,6	1,6	1,6	1,4	1,8
	b	24,9	22,9	16,1	19,9	11,7	11,5	11,8	16,7
2-HP	L	63,9	61,9	70,9	70,3	73,4	77,2	75,9	78,2
	a	3,8	3	2,7	2,7	2,3	2,9	-0,8	1,8
	b	25,2	22,5	16,7	15,7	73	18,1	18,3	13
3-HP	L	64,5	63,7	72,2	74,1	77,1	75,2	76,8	75,8
	a	3,9	3,8	3,5	2,9	3	3,7	1,7	2,4
	b	22,9	22,1	17	16,3	14,1	15,8	13,1	16
4-HP	L	67,9	69,5	73,3	70,4	75	74,7	73,4	77,8
	a	4,4	3,7	3,7	3	2,1	3,4	2,1	2,5
	b	25,7	20,6	18,3	15,3	73,9	14,8	15	15,6
5-HP	L	59,7	61,6	65	66,3	71,7	73,1	70,3	70,3
	a	3,5	3,5	3,5	3,2	2,3	2,3	2	2,5
	b	20,7	19,4	14,5	12,2	12,1	11,5	11,8	11,6

1408

1409 Dati grezzi del gruppo HP.