

La fotografia digitale per la diagnosi dei colori in odontoiatria estetica

Parte 1

I diversi fattori che determinano la fedeltà, cioè la corrispondenza dei colori delle immagini fotografiche cliniche alla realtà, non sono stati sufficientemente investigati. L'Autore propone un nuovo approccio alla gestione del colore in odontoiatria tramite fotografia digitale, che integra la tecnica digitale con l'ortografia delle immagini scientifiche e i principi della colorimetria. Questa filosofia operativa, definita EBDP (Evidence Based Dentistry Photography), rappresenta un'integrazione e un'evoluzione delle tradizionali tecniche di documentazione. L'EBDP ha come obiettivo il mantenimento della fedeltà dei colori delle immagini cliniche in tutte le fasi di lavoro, consentendo non solo la rappresentazione fedele e realistica, ma persino la misurazione strumentale dei dati colorimetrici dei denti.

Parole chiave: Gestione del colore, Colorimetria, Fotografia digitale, Ortografia delle immagini scientifiche, Diagnosi dei colori.

PREMESSA

La moderna odontoiatria estetica ha come obiettivo fondamentale la perfetta integrazione dei restauri nell'ambiente orale; la corrispondenza del colore è un elemento decisivo per il perfetto mimetismo e dunque per il successo finale della terapia. Il paziente difficilmente potrà o saprà giudicare il grado di precisione marginale della corona protesica, mentre darà immediatamente un giudizio di valore sul restauro basandosi sull'apparenza e verosimiglianza dello stesso: il giudizio sulla qualità dell'operato del professionista è influenzato quindi in modo sostanziale dalla percezione del colore del restauro (Fig. 1).

Il fenomeno *colore del dente* per la sua complessità richiede un approccio metodico e articolato, per giungere alla migliore comprensione possibile e quindi alla comunicazione all'interno del team protesico

* Odontoiatra libero professionista in Tropea.

Indirizzo per la corrispondenza:

Pasquale Loiacono
E-mail: lino@odontoloiacono.191.it



Fig. 1 Particolare di due corone su 11 e 21 in disilicato di litio, quella su 1.1 supportata da impianto, l'altra su dente naturale.

di questo fondamentale aspetto dell'estetica dentale. Lo scopo del presente lavoro è quello di, partendo dall'analisi dello stato attuale delle conoscenze sulla fotografia digitale, trovare soluzioni che offrano la possibilità di gestire con maggiore semplicità e predicibilità gli aspetti relativi ai colori dei restauri. Si propone una nuova modalità di utilizzo della macchina fotografica, che non rappresenta un'alternativa alla tradizionale funzione di documentazione, che resta sempre valida e attuale, ma un'evoluzione necessaria, legata allo sviluppo di tecnologie e conoscenze.

È assolutamente opportuno chiarire preliminarmente un aspetto metodologico: così come ogni scelta clinica deve trovare giustificazione nella Letteratura scientifica, anche l'utilizzo della fotografia odontoiatrica deve obbedire alla logica della Evidence Based Medicine (EBM). Infatti Sackett, uno dei padri del concetto di EBM, sottolinea che anche i mezzi diagnostici devono mostrare prove scientifiche di efficacia, in particolare per ciò che

riguarda l'accuratezza.⁶⁸ Si noti che uno dei significati letterali del termine *evidence* è prova, cioè *mezzo per dimostrare la verità di un fatto* o, nel caso della scienza medica, l'efficacia e l'appropriatezza di una procedura diagnostica o terapeutica. Poiché la fotografia in campo estetico è da considerarsi a tutti gli effetti uno strumento diagnostico¹⁰, risulta evidente che anch'essa deve essere eseguita secondo criteri scientifici largamente condivisi.

L'odontoiatra moderno si trova frequentemente a utilizzare tecnologie e strumenti quali macchine fotografiche e spettrofotometri, ma ciò può avvenire senza una precisa e rigorosa consapevolezza delle caratteristiche intrinseche e di funzionamento dei mezzi stessi. Probabilmente ciò è dovuto alla complessità concettuale e alla distanza delle altre discipline coinvolte, fotografia e colorimetria, dalla pratica odontoiatrica. Ci sembra quindi opportuno fornire tutte le informazioni interdisciplinari oggi disponibili, le prove, che consentano di utilizzare la

moderna fotografia digitale in modo assolutamente corretto ed estensivo. Possiamo quindi definire un nuovo concetto, nell'ambito di quello più generale di EBM, quello di EBDP cioè di Evidence Based Dentistry Photography (Fotografia Odontoiatrica Basata sulle Prove).

La fotografia odontoiatrica basata sulle prove (EBDP) si basa su due pilastri fondamentali: i principi e la tecnica della fotografia digitale per la gestione del colore e la corretta trasposizione di questi alla clinica attraverso i concetti dell'ortografia delle immagini scientifiche. Poiché riteniamo che esistano oramai prove consolidate della possibilità di utilizzare la macchina fotografica come strumento, accettabilmente preciso, per la *misurazione del colore*^{11-16,65} ai due pilastri precedenti occorre aggiungerne un terzo: la conoscenza dei principi della colorimetria, che permette la piena comprensione dei fenomeni legati alla percezione dei colori.

Riassumendo: l'integrazione fra tecnica fotografica digitale, l'ortografia delle immagini scientifiche e i concetti mutuati dalla colorimetria, possono offrire al clinico un nuovo potente strumento per la gestione dei colori in odontoiatria estetica, che consente non solo la rappresentazione, ma *persino la misurazione strumentale* dei dati colorimetrici. Questa filosofia operativa, che definiamo "EBDP" (Evidence Based Dentistry Photography), rappresenta un'evoluzione delle tradizionali tecniche di documentazione, occupandosi della gestione del colore in odontoiatria tramite fotografia digitale e ponendosi come obiettivo il mantenimento della *fedeltà dei colori delle immagini* in tutte le fasi di lavoro. Per maggiore accuratezza e aderenza alla realtà, preferiamo, considerata la complessità e varietà dei dati colorimetrici da valutare, la dizione *diagnosi dei colori* piuttosto che "presa o scelta del colore", come comunemente si dice o si scrive; infatti il termine "presa" è precisamente riferibile all'atto dell'afferrare un oggetto,

mentre il termine diagnosi, in senso lato, si riferisce all'analisi di un fenomeno. Ci sembra quindi che la dizione "presa del colore", sia oramai retaggio di una visione ristretta della problematica, oltre che imprecisa e inelegante da un punto di vista linguistico e quindi non più attuale (vd Figg. 14, 15).

La fotografia, oltre a essere fondamentale per la comunicazione di parametri essenziali per la diagnosi dei colori, è da considerarsi, in senso lato, uno strumento potente e versatile, accessibile a tutti gli operatori, per comprendere i fenomeni ottici e luminosi che generano le percezioni estetiche.

Il presente lavoro esplora le condizioni relative alla fase dell'*acquisizione* delle immagini, cioè ai fattori che per primi consentono di eseguire una foto il più possibile fedele alla realtà clinica dei colori del dente. Esistono sicuramente altre criticità legate alle fasi successive di gestione dei file immagine, cioè a quel complesso di interventi che va genericamente sotto il nome di *workflow digitale*. Con questo termine s'intendono tutti gli interventi e le diverse fasi di lavoro sui file e sulle periferiche che li gestiscono che, se svolti correttamente, consentono il mantenimento della purezza dei dati e, quindi, della loro verosimiglianza e autenticità; il complesso di questi interventi, dall'acquisizione al workflow, rappresenta ed è la sostanza dell'EBDP.

È necessario standardizzare i processi di acquisizione dei dati diagnostici relativi al colore secondo un protocollo chiaro e versatile, scevro da complessità che ne scoraggerebbero l'uso quotidiano; per questo motivo abbiamo ideato un protocollo clinico che prevede una piccola serie di fotografie intraorali, da 2 a 4 oltre a quelle tradizionali, effettuate con uno sfondo di colore idoneo.

Nella fase dell'acquisizione intervengono almeno quattro aspetti fondamentali: l'ortografia delle immagini, le impostazioni della macchina fotografica, le condizioni ambientali d'illuminazione e ripresa, il

grado di accuratezza del sensore digitale. Quest'ultimo aspetto rientra più propriamente nella gestione del workflow, ma in questa sede daremo per scontato che i valori numerici, relativi alla luminosità della scena inquadrata forniti dal sensore, siano assoluti. In realtà è bene precisare che questi dati digitali *possono* essere assoluti, ma solo se il workflow è stato gestito correttamente. È evidente a questo punto come solo la gestione dell'intero workflow, dall'acquisizione all'archiviazione dei file secondo principi di correttezza, consente di poter parlare di EBDP (fotografia odontoiatrica basata sulle prove).

LA NATURA DEL COLORE E LA COLORIMETRIA

Per poter discutere in modo appropriato di colore è inevitabile analizzarne la natura e le diverse caratteristiche che lo contraddistinguono, ricordando innanzitutto che esso ha sempre una duplice dimensione: quella *oggettiva* legata al fenomeno strettamente fisico e quella *soggettiva* legata agli aspetti psicosensoriali ed emotivi dell'osservatore. La colorimetria è la scienza che si propone di standardizzare la misurazione del colore attraverso modelli matematici, al fine di poterlo identificare con assoluta precisione tramite un insieme di numeri.¹ Nell'ambito di questa disciplina si utilizza la spettrofotometria per misurare con oggettiva precisione le diverse frazioni di onde luminose riflesse da un corpo opaco, cioè l'aspetto strettamente fisico del fenomeno colore. Per ciò che riguarda gli aspetti sensoriali, grande importanza riveste la definizione di un *osservatore medio*, di un soggetto cioè che possa percepire il colore in modo meno soggettivo possibile. L'osservatore medio ideale darà un giudizio relativo a un determinato colore, che vedrà d'accordo la maggioranza dei soggetti; ciò permette anche di stabilire soglie di percettibilità e, quindi, di accettabilità

clinica.² La colorimetria è stata codificata, per accordo internazionale, dalla CIE (Commission International de l'Eclairage) che nel 1931 e in revisioni successive, ha stabilito i criteri per la misurazione e comunicazione dei dati costitutivi del colore tramite una terna di valori matematici (coordinate colorimetriche), che sono il presupposto per la costruzione e identificazione di un determinato spazio colorimetrico assoluto, per esempio lo spazio CIE XYZ o CIE L*a*b*. Per spazio colorimetrico assoluto s'intende l'insieme dei colori percepibili dall'occhio umano sano, all'interno di un sistema a tre dimensioni, precisamente regolato, che ne consente la certa e corretta identificazione.

Non si descriverà il colore nella sua natura fisica perché l'argomento è già ampiamente illustrato in Letteratura, ma basterà brevemente ricordare che il colore è, per così dire, una creatura della luce, senza la quale non esisterebbe e non una caratteristica intrinseca della materia. In particolare, a ogni determinato colore corrisponde alla percezione di una specifica lunghezza d'onda riflessa, cioè "rifiutata" dal corpo opaco illuminato. Per poter identificare con precisione assoluta le lunghezze d'onda riflesse da un corpo, si utilizzano gli spettrofotometri, strumenti di misurazione di precisione che permettono appunto di analizzare e riconoscere il tipo di luce riflessa e quindi sostanzialmente il colore di un determinato corpo. Tali apparecchi sono disponibili anche per l'odontoiatra e lo scopo del loro utilizzo è appunto quello di riconoscere e registrare con assoluta precisione il colore dei denti.

I COLORI DEL DENTE

Numerosi Autori, nell'intento di definire con sempre maggior precisione e rendere quindi facilmente comunicabili i dati relativi ai colori del dente, ne hanno identificato gli elementi costitutivi. Oggi si può concordare sul fatto che i principali di essi siano: la tinta, il croma, il valore,^{3,4}



Figg. 2-4 Esempi di forti caratterizzazioni; le morfologie di superficie giocano un ruolo determinante nelle percezioni estetiche. Solamente un'immagine fotografica correttamente eseguita può permettere lo studio e la comprensione della morfologia dentale complessiva e della distribuzione della traslucenza ai fini restaurativi.

le caratterizzazioni e le pigmentazioni^{5,6}, le proprietà ottiche intrinseche (traslucenza e opacità) e quelle estrinseche (caratteristiche della superficie dentale). La variabilità e la complessità con la quale tutti questi elementi si combinano sintetizzandosi nell'individuo, rendono ragione della nostra scelta di introdurre il concetto di diagnosi dei colori, che occorra cioè seguire un percorso di analisi e sintesi appropriato per giungere all'accertamento dei dati e quindi alla loro trasmissione (Figg. 2-4).

Non tutti gli elementi costitutivi del colore hanno la stessa importanza per il clinico, sappiamo bene infatti che la fisiologia della visione comporta una precisa gerarchia di percezione di questi elementi: la tinta esprime il tipo di colore, cioè permette di identificare e distinguere, per esempio, il rosso dal verde. Questa qualità, oltre che difficilmente accertabile in modo fine senza un apposito spettrofotometro, è meno critica rispetto al valore

dell'elemento dentario, nell'ambito di un restauro estetico. Diversi Autori concordano sul fatto che la maggior parte dei denti umani presentino una tinta corrispondente al gruppo A della gradazione Vita, e ciò semplifica notevolmente la discriminazione di questo parametro.⁶⁻⁹ La luminosità del dente, ovvero il suo valore, è invece l'elemento decisivo nella percezione, poiché l'occhio umano è molto più efficiente nella discriminazione delle differenze di luminosità piuttosto che di tinte simili.^{3,4} Il valore del dente è espressione della quantità e intensità di grigio presente: un dente di alto valore è molto luminoso e presenta poco grigio, avvicinandosi così al bianco; all'opposto un dente di valore basso, che risulterà poco luminoso e tendente al grigio scuro o al nero. Il croma esprime l'intensità o saturazione del colore nell'ambito della stessa tinta: è il secondo elemento per priorità di percezione, perché intimamente correlato con il valore.



Fig. 5 La giovane paziente si presenta alla nostra osservazione lamentando l'inestetismo della corona su del 12; l'estetica del gruppo frontale presenta grandi criticità: persistenza di 63 con inclusione del corrispettivo permanente, 22 conoide con tentativo di correzione con terapia conservativa diretta, dislivello importante delle paraboliche gengivali. L'immagine in bianco e nero evidenzia la grande differenza di valore tra la corona e i denti naturali, responsabile dell'inestetismo lamentato.

Figg. 6,7 Particolari di morfologie superficiali complesse, caratteristiche che svolgono un ruolo essenziale nella percezione del colore del dente. Lo spettrofotometro non può fornire all'odontotecnico tutte le informazioni per la riproduzione fedele di un restauro, quindi le misurazioni strumentali vanno sempre integrate con immagini fotografiche.



Possiamo infatti immaginare che, sempre nell'ambito della stessa tinta, un croma più saturo si ottenga aggiungendo sia pigmenti della stessa tinta che di grigio, ma poiché la maggiore quantità di grigio corrisponde a un abbassamento del valore, dobbiamo ammettere che un croma più saturo sarà inevitabilmente più basso di valore.

La condizione ideale nella quale si discrimina correttamente la quantità di grigio è quella offerta da un'immagine in bianco e nero, che per definizione e sua stessa natura è una rappresentazione su scala di intensità di grigi. Quindi, poiché la diagnosi del valore abbiamo detto essere la scelta prioritaria, è necessario che la prima fotografia della serie del protocollo che proponiamo per la diagnosi dei colori sia eseguita in bianco e nero. Questa scelta ha, come vedremo, un importante risvolto concettuale, ma anche pratico: costringe l'operatore a modificare la propria innata e vecchia abitudine di voler prendere il colore, cosa che si riduce

quasi sempre alla scelta di una tinta e alla sottovalutazione di tutti gli altri fondamentali parametri che costituiscono la percezione dei colori. La discriminazione corretta del valore, croma e tinta è solo una delle fasi della diagnosi del colore della dentatura, infatti in ogni individuo le caratterizzazioni e pigmentazioni dei tessuti duri dentali possono assumere le più svariate espressioni fenotipiche, tali da rendere complicatissima una classificazione o standardizzazione ai fini della comunicazione delle stesse caratteristiche.^{5,6} Sono queste le situazioni nelle quali si comprende meglio come la determinazione del colore non possa che essere individualizzata e tesa alla diagnosi analitica del caso specifico, investendo la fotografia clinica di un insostituibile ruolo diagnostico, tanto da poter parlare di esami fotografici (Fig. 5).¹⁰

Questi elementi costitutivi del colore, così come descritti, non sono ancora assolutamente sufficienti a rappresentare



Fig. 8 Un esempio di diagnosi dei colori tramite metodo visuale, in questo caso assistito da fotografia. La foto aggregata di dentatura naturale e campione conosciuto aiuta la comprensione dei valori colorimetrici del dente. Il campione è un riferimento essenziale per la mappatura dei colori.

l'elemento dentario, che per sua natura e costituzione presenta caratteristiche materiali intrinseche che lo rendono otticamente complesso. Il dente infatti presenta quella eccezionale proprietà dello smalto, la traslucenza, che interagendo con l'opacità della dentina in modo variabile, sia come entità che distribuzione geografica, rende la percezione del senso di profondità e arricchisce le proprietà ottiche ed estetiche dell'elemento dentario. Nella diagnosi dei colori si devono quindi attentamente valutare le caratteristiche combinate di opacità e traslucenza, che si manifestano nella dentatura di ogni singolo individuo in modo assolutamente specifico e singolare. Le proprietà ottiche estrinseche sono rappresentate dalle caratteristiche di superficie dei denti, cioè da quella che tecnicamente si definisce macro e micro geografia della superficie dentale.⁶ Le caratteristiche di superficie influenzano la qualità e la quantità di riflettanza, ma influenzano anche le caratteristiche dei processi di diffrazione all'interno della struttura dentale (Figg. 6,7).

LA DIAGNOSI DEI COLORI

Esistono tre diversi approcci alla problematica clinica della determinazione dei colori dei denti ai fini restaurativi: il metodo visuale tradizionale, il visuale assistito da fotografia e quello tecnologico, basato cioè sull'utilizzo di strumenti concepiti esclusivamente per questo compito. Il primo metodo si basa sulla sensibilità e l'esperienza degli operatori, che si avvalgono di apposite scale guida di riferimento per determinare le caratteristiche del colore attraverso un confronto con campioni conosciuti. Il secondo prevede che il metodo visuale sia assistito e integrato con fotografie aggregate di dentatura e campioni; Il terzo metodo privilegia la misurazione del colore tramite spettrofotometri o colorimetri per uso clinico, che permettono di ottenere dati oggettivi, che hanno quindi valore documentale, utili sia a fini clinici che di ricerca.

Il metodo visuale prevede l'utilizzo dei campioni di riferimento che costituiscono le cosiddette *scale colore* o *scale guida*;

essi possono essere quelli del commercio, o essere personalizzati, cioè creati dall'odontotecnico con le stesse ceramiche che egli andrà a utilizzare⁴²⁻⁴⁴ (Fig. 8).

Occorre preliminarmente domandarsi quanto le scale guida siano efficaci, cioè quanto siano rappresentative dei colori della dentatura naturale e dei materiali cui esse stesse si riferiscono. Diversi Autori hanno verificato come i valori colorimetrici CIE L*a*b* che compongono il cosiddetto *spazio colore della scala guida*, in pratica i colori della scala stessa, non coincidono perfettamente con quelli della dentatura naturale, ovvero con lo spazio colore della dentatura naturale.^{26,31,36,46,64} È stato evidenziato come l'organizzazione della scala sia un aspetto decisivo per l'efficacia della stessa, anche perché lo spazio colore della dentatura naturale appare comunque abbastanza limitato.^{45,46,58} Se lo spazio colore della dentatura naturale non è perfettamente coincidente con quello delle scale guida testate, si evince che esse non contengono mai tutte le possibili varianti presenti in natura, e che quindi la loro fedeltà ed efficacia è necessariamente *relativa*.

Per quanto riguarda la corrispondenza colorimetrica tra una specifica scala guida e gli stessi materiali cui si riferisce, anche qui occorre purtroppo notare come non sempre ci sia una fedeltà assoluta.^{32,37,66,67} Questa situazione costringe quasi sempre a dover approssimare alla corrispondenza del colore più vicino, ben consapevoli che ciò potrà portare comunque a un risultato clinico accettabile.^{2,31,33} Bisogna inoltre ricordare che cotture successive dei materiali ceramici ne influenzano il colore finale, anche se in misura molto inferiore rispetto alle resine composite, che presentano variazioni colorimetriche post-polimerizzazione che possono assumere valori estremamente importanti.^{33-35,69-71}

Nonostante le scale guida del commercio non corrispondano sempre perfettamente ai colori della dentatura naturale, né ai materiali cui si riferiscono, riteniamo

siano di ausilio indispensabile come *riferimento visivo*, utile sia come dato iniziale che come dato di verifica.

Ciò per una ragione fondamentale: il giudizio finale, sia dell'operatore che del paziente, è esclusivamente percettivo perché basato sulla visione. Tanto è vero che nel mondo anglosassone è in uso il termine "colour matching" traducibile con "eguagliamento o corrispondenza del colore" ovviamente nel confronto visivo.

È necessario tuttavia porre una domanda fondamentale: le scale guida presentano tutte la stessa efficacia? La progettazione e relativa fabbricazione di una scala guida nasce da una concezione ben precisa della problematica relativa al colore, concezione legata al particolare momento storico, che risente quindi delle conoscenze o comunque dalle scelte arbitrarie del fabbricante. Una tra le più diffuse scale colore del commercio, la nota Vitapan Classic, nasce nel lontano 1956, e rappresenta campioni raggruppati per quattro tinte fondamentali disposte per saturazione o croma crescente. Essa porta inevitabilmente l'attenzione dell'operatore a considerare come prioritaria la scelta della tinta e quindi del croma, contrastando così con le evidenze scientifiche che riconoscono nel valore l'elemento critico della percezione del colore del restauro. In altri termini, i limiti di questa scala sono quelli di privilegiare come prima scelta quella della tinta, ma soprattutto di non *scomporre e isolare il parametro valore*, che abbiamo detto essere prioritario, dalla tinta e dal croma. Le scale guida così concepite nascono da una conoscenza non più attuale della fenomenologia del colore, e possono risultare utili solo se supportate dall'esperienza e dalle conoscenze degli operatori, ma resta il fatto che rappresentino un modo obsoleto di affrontare quest'aspetto dell'odontoiatria (Figg. 9, 10).

Per superare i limiti della Vitapan Classic, nel 1998 la stessa Vita ha proposto la 3D Master, che è stata progettata e costruita secondo criteri più moderni e in accordo con la moderna conoscenza dei



Figg. 9,10 Gli stessi campioni del gruppo A della scala guida Vita Classic in due immagini, a colori e in B/N. Si noti come a croma crescente corrisponda sempre un valore decrescente, ovvero come non sia possibile scomporre il parametro croma da quello valore; l'operatore sarà quindi vincolato e limitato nelle sue scelte dalla logica di costruzione della scala.



Figg. 11,12 I tre campioni del gruppo 3M della scala Master 3D. Si noti come a croma crescente non corrisponda una sensibile variazione del valore; questo pone l'operatore in condizione di concentrarsi sulla scelta del valore prescindendo dal croma. L'immagine in B/N si dimostra lo strumento ideale per la corretta percezione del valore, espresso naturalmente su scala di grigi.

meccanismi della visione e della discriminazione del colore. Questa scala, definita tridimensionale per la sua organizzazione, pone correttamente al primo posto la valutazione del valore, scomponendolo quindi dal croma e dalla tinta che verranno valutati solo successivamente. Con le sue varianti, la 3D Master ha dimostrato di essere generalmente superiore alle altre scale guida, nel senso di permettere di discriminare più facilmente e velocemente i colori più adatti per il restauro, in altri termini è più facile che operatori diversi concordino sulla stessa scelta in tempi brevi, e ciò è stato confermato da numerosi studi^{47-49,57,59-61,63} (Figg. 11, 12).

La scala personalizzata ha il vantaggio di essere, almeno teoricamente, di colore

perfettamente uguale alle ceramiche utilizzate dall'operatore; diciamo teoricamente perché gli spessori delle masse opache rappresentative della dentina e la tecnica di stratificazione hanno grande effetto sulla cromaticità dei campioni. Gli operatori devono selezionare separatamente le masse traslucenti rappresentative dei vari tipi di smalto, nonché gli spessori delle stesse, operando una complessa composizione tra due differenti tipi di materiale, sintesi non scevra da possibili errori.

Noi pensiamo che attualmente non sia accettabile che le procedure di diagnosi dei colori siano completamente affidate alla soggettività e all'esperienza dell'operatore, che valuta solamente secondo una scala colore del commercio o personalizza-

ta; infatti il metodo visuale tradizionale si è dimostrato il meno efficace nella diagnosi esatta dei colori rispetto alle altre due metodiche.^{11,30,38} Le percezioni possono essere falsate da numerosissime variabili legate sia all'operatore che a situazioni contingenti presenti al momento della determinazione del colore, quali illuminazione ambientale e colori di contorno particolari.

Il metodo visuale assistito da fotografia si è dimostrato senz'altro più efficace del solo metodo visuale,¹¹⁻¹⁶ perché ha il grande vantaggio di registrare contemporaneamente le caratteristiche colorimetriche degli elementi dentali in rapporto a un campione di colore conosciuto. Questo metodo, pur se più efficace di quello visuale, ha però un grande limite nel grado di effettiva fedeltà dei colori dell'immagine, fedeltà che dipende in modo sostanziale dalla corretta tecnica di ripresa e da numerose altre variabili che a oggi non sono state investigate a sufficienza; inoltre anche in questo caso risulta decisiva l'effettiva efficacia della scala guida utilizzata. Un'evoluzione di questo approccio è rappresentata dall'analisi colorimetrica delle immagini tramite software grafici (Adobe Photoshop), che si dimostra utilissima come strumento di verifica e controllo. In conclusione, si può ormai ammettere che la diagnosi dei colori assistita da fotografia, ed eventualmente dall'analisi delle immagini digitali tramite software, sia significativamente più efficace del solo metodo visuale^{11,30,38,65} (Fig. 13).

L'approccio tecnologico si basa, come già scritto, sull'utilizzo di spettrofotometri o colorimetri per uso clinico, strumenti che consentono una rapida individuazione del colore base del dente o, nel caso di alcuni strumenti, persino di una sua precisa mappatura geografica, indirizzando quindi velocemente verso una corretta diagnosi e risultando così preziosi per il clinico^{27,29,30} (Fig. 14, 15).

Bisogna però ammettere che l'utilizzo clinico di questi strumenti presenta alcuni limiti: il primo è che il dente non ha un -1- colore facilmente identificabile perché non è un corpo assolutamente opaco, di

struttura e materia uniforme e superficie piana, che sono le condizioni ideali per il funzionamento dello spettrofotometro. La percezione del colore del dente è il risultato della singolarissima interazione della luce incidente con un corpo che ha caratteristiche particolari di coesione tra tessuti diversi (smalto, dentina, tessuto pulpare e relative interfacce), di diversi gradi di traslucenza e di convessità/concavità di superficie. La complessità anatomica condiziona il comportamento della luce creando processi di riflessione speculare e diffusa, di rifrazione e diffrazione che influenzano sia le misurazioni che la percezione visiva. Queste dinamiche sono inoltre grandemente condizionate dalla qualità, intesa come composizione spettrale, e dall'angolo di provenienza della luce incidente. Questa è una delle ragioni per cui gli spettrofotometri non presentano un'accuratezza assoluta, cioè una precisa concordanza tra misurazioni dello stesso dispositivo e ancor più tra strumenti diversi, pur presentando un'alta ripetibilità secondo la stessa macchina¹⁷⁻²⁴ (Figg. 16, 17).

In ogni caso è evidente che i dispositivi *interpretano* i diversi parametri relativi al colore, poiché misurano la luce secondo una propria logica costruttiva, che è specifica di ogni esemplare e che potremo definire "spazio colore del sensore". Lo spazio colore del sensore è per definizione relativo a quel particolare sensore, e viene tradotto, grazie ai processi di calibrazione, in uno spazio colorimetrico assoluto, che corrisponde il più delle volte a quello CIE L*a*b*. Dal confronto tra i dati CIE L*a*b* della misurazione e quelli forniti dai produttori dei materiali da restauro, viene estrapolata la misurazione finale riferita a una determinata scala guida. Questi processi, dalla trasformazione dei dati dallo spazio del sensore a quello CIE L*a*b* e all'estrapolazione finale relativa alle gradazioni di una scala guida, sono alla base della non concordanza di misura tra i diversi dispositivi, per cui viene naturale chiedersi se il gra-



Fig. 13 In questa foto, stessa paziente della figura 5, sono stati misurati tramite software i valori CIE L*a*b* nei tre diversi terzi del denti. I valori mostrano come la corona non presenti valori fortemente errati della cromaticità (tinta-croma) rispetto al dente naturale, ma piuttosto una fortissima differenza di valore, vero responsabile dell'inetetismo. Il delta E, cioè la differenza percettiva tra i due elementi nella zona incisale è di 18, ben oltre il limite considerato accettabile di 3.7.

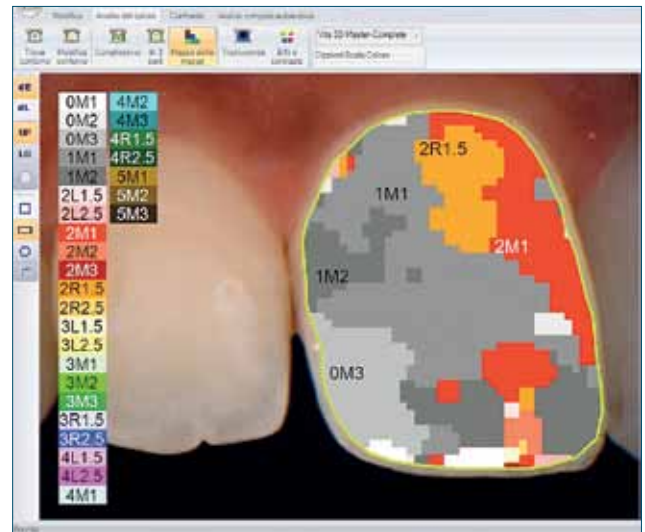
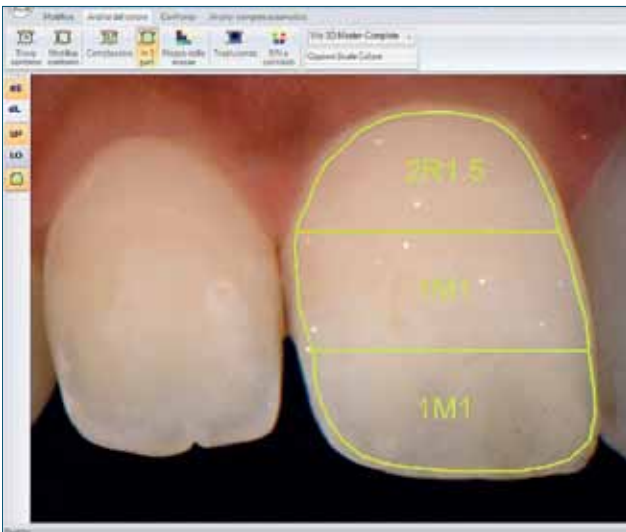


Fig. 14,15 Una mappa del colore ricavata da uno spettrofotometro (SpectroShade, MHT). Si noti il fine dettaglio delle informazioni sui numerosi colori del dente; come si può modernamente parlare ancora di “presa del colore”? In ambito scientifico occorre essere accurati anche nel linguaggio, per cui la dizione diagnosi dei colori appare certamente più corretta.

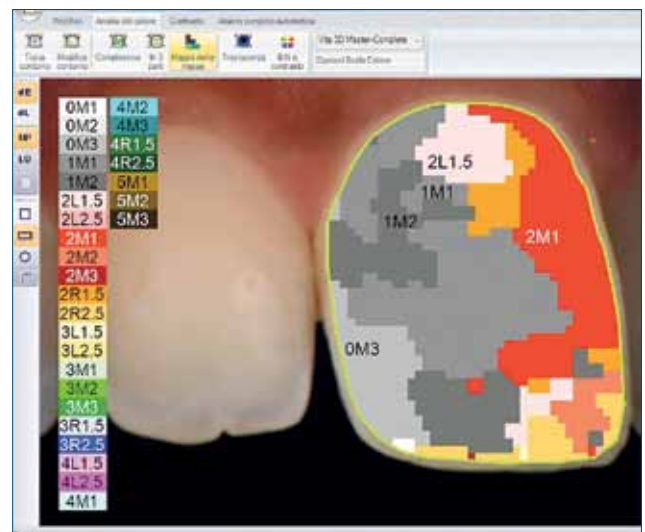
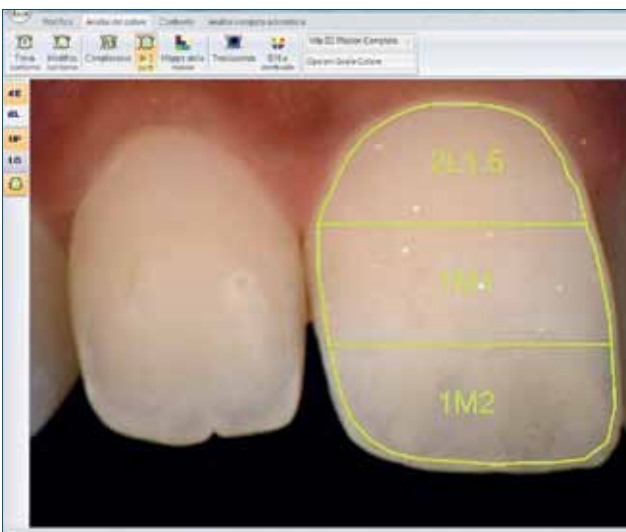


Fig. 16,17 Si confronti questa misurazione con quella degli stessi denti in figure 14 e 15. Si noti la lettura colorimetrica differente dello stesso dente fornita dallo spettrofotometro.

do finale di oggettività di queste misurazioni sia veramente al di sopra di ogni dubbio.²² Comunque nessun dubbio deve esistere sul fatto che questi dispositivi siano di grandissimo aiuto per il clinico e che rendano più rapide e migliori le procedure cliniche di diagnosi dei colori, oltre che allenare alla percezione dei colori.²⁵⁻³⁰

Il secondo limite, più importante, è che i dati strumentali ottenuti espressi secondo la scala guida scelta, quando anche siano considerati assoluti e verosimili, vanno comunque tradotti materialmente nei valori colorimetrici dei materiali da restauro, che non corrispondono perfettamente a quelli della scala guida.^{32,37,66,67}

Quindi riassumendo: gli apparecchi tecnologici per la misurazione del colore non hanno un grado di accuratezza assoluto, tantomeno i risultati che essi forniscono, risultano perfettamente sovrapponibili tra macchine diverse. Valgono inoltre per questi dati le stesse considerazioni fatte per il metodo visuale: lo spazio colore delle scale guida dei vari materiali non corrisponde perfettamente allo spazio colore della dentatura naturale né a quello dei materiali da restauro, che possono mostrare anche importanti variazioni colorimetriche durante le varie fasi di lavorazione.

In definitiva, la catena di eventi che va dall'acquisizione alla trasmissione dei dati relativi al colore non è mai *assolutamente precisa*, ma anzi presenta grandi criticità! Siamo in accordo quindi con quanto già espresso, che il metodo tradizionale visuale, gli spettrofotometri e la fotografia clinica, eventualmente assistita da software, debbano essere complementari per la diagnosi dei colori, e solo che da questa sinergia si possano ottenere tutte le informazioni necessarie e utili ai fini restaurativi.^{28,38,52} Queste considerazioni giustificano perché è comunque necessario, in tutte le metodiche, il confronto e la prova colorimetrica del manufatto ottenuto, posizionato in situ, per poter verificare ed eventualmente effettuare correzioni fini dei colori del restauro.

Sul risultato finale del colore del restauro grandissima importanza ha la tecnica di stratificazione e gli spessori delle masse a diversa traslucenza e quindi, in definitiva, l'esperienza e la confidenza del clinico con i propri sistemi di composito o dell'odontotecnico con il proprio sistema di ceramica.³⁹⁻⁴¹ Occorre quindi concludere che gli utilizzatori finali dei dati strumentali relativi al colore interpretano e traducono questi stessi dati, peraltro non assoluti, secondo procedimenti non industriali e rigidamente standardizzabili: il dato oggettivo sarà sempre interpretato e tradotto secondo criteri clinici o artigianali, quindi assolutamente soggettivi. È questa la chiave del successo estetico: gli operatori devono compensare e superare con la propria esperienza e abilità i limiti degli strumenti e dei materiali, delle tecniche e tecnologie a loro disposizione!

LA FOTOGRAFIA PER LA DIAGNOSI DEI COLORI

Che la fotografia sia un prezioso alleato per il clinico per gli usi documentativi e per la comunicazione con il laboratorio non ci sono ormai dubbi^{10,50-52}, ma oggi disponiamo di prove scientifiche che ci consentono di ampliarne le indicazioni d'uso¹¹⁻¹⁶. Così, dopo l'introduzione dell'ortografia delle immagini che ha certificato la natura documentale universale della fotografia clinica¹⁰, attualmente l'EBDP (Evidence Based Dentistry Photography) stabilisce le condizioni affinché questa documentazione sia tanto verosimile, sotto l'aspetto colorimetrico, da poter essere considerata una *misurazione strumentale accurata*. Crediamo quindi che il metodo visuale-assistito da fotografia, possa divenire il metodo più vantaggioso, dal punto di vista qualità/costi, per la diagnosi dei colori.

A supporto di questa tesi occorre sottolineare che è stata rilevata una significativa correlazione tra i valori CIE L*a*b* ricavati da un'immagine digitale e quelli forniti da

uno spettrofotometro. Ciò ha permesso di ipotizzare come l'immagine digitale possa addirittura diventare un'alternativa ai colorimetri (ricordiamo la differenza tra spettrofotometro e colorimetro: entrambe sono macchine fotosensibili atte a misurare il colore, ma la prima analizza e registra uno spettro di emissione luminosa ricavandone successivamente valori CIE $L^*a^*b^*$, la seconda registra i valori luminosi direttamente come valori CIE $L^*a^*b^*$ non potendo quindi risalire allo spettro che li ha generati).^{11-13,15,16,65}

Attenzione però: la fotografia clinica può fornire una misurazione fedele e precisa dei colori solo se si controllano perfettamente tutte le variabili che interferiscono con l'acquisizione di una corretta fotografia. Si dovrà attentamente tener conto di tutti quei parametri che influenzano la qualità dell'esposizione e della resa cromatica della fotografia: caratteristiche dell'illuminazione, colori di contorno e di sfondo, impostazioni della macchina fotografica, comportamento del sensore e dell'esposimetro. Per essere considerata valida, la documentazione fotografica deve essere eseguita secondo regole certe e condivise, quali quelle proposte nell'ortografia delle immagini, il che rappresenta il primo importante passo per una corretta acquisizione e quindi per il successivo workflow.

GLI EFFETTI DI CONTRASTO E L'ESPOSIMETRO

La visione del colore degli oggetti è fortemente influenzata dai meccanismi fisiologici e dalle successive elaborazioni mentali; la presenza di intensi colori di contorno genera percezioni fallaci che vanno sotto il nome di effetti di contrasto. Il colore che meno interferisce con la corretta percezione delle altre tinte, è il grigio neutro tenue, motivo per il quale è opportuno che durante la fase di diagnosi del colore, l'occhio percepisca un contorno di questa tinta.^{43,53}

Un altro fenomeno importante è quello della sintesi cromatica additiva ambientale:

la luce riflessa dalle zone circostanti a quelle fotografate interferisce con quella riflessa dal soggetto principale. Così, per esempio, la luce riflessa da gengive caratterizzate cromaticamente avrà sicuramente un effetto sulla percezione del colore del dente, per cui è importante che nell'inquadratura siano compresi solo i denti e lo sfondo neutro. L'eliminazione dei colori di contorno, si ottiene grazie alla scelta di un adeguato rapporto d'ingrandimento (prima regola dell'ortografia delle immagini), che consente di escludere le labbra e per quanto possibile le gengive dall'inquadratura. Non si dimentichi inoltre che i supporti metallici dei campioni delle scale guida, con i riflessi che generano, possono gravemente alterare la lettura esposimetrica, per cui anch'essi vanno esclusi dall'inquadratura. Un altro motivo per cui è consigliabile uno sfondo grigio tenue è che in presenza di sfondi molto scuri la percezione tenderà a sopravvalutare la luminosità di un oggetto, così come tenderà a sottovalutarla in presenza di sfondi chiari. Per esempio: osservando un gruppo incisale su sfondo bianco percepiremo sicuramente elementi dentali più scuri di quanto non siano nella realtà, ed esattamente l'opposto avverrà osservandoli su uno sfondo nero. Questo descritto è il cosiddetto contrasto di valore o luminosità, che è un fenomeno che si osserva anche nel funzionamento della macchina fotografica, per cui è sempre opportuno correggere l'esposizione della macchina in base alla luminosità degli oggetti fotografati (Figg. 18-20).

Poiché i denti, come i campioni della scala guida che li rappresentano, mostrano la caratteristica ottica della traslucenza, essi sono parzialmente attraversati anche dalle onde luminose riflesse dallo sfondo, generando così una sintesi additiva, e falsando quindi la percezione cromatica. Volendo ottenere una immagine fotografica il più possibile fedele alla realtà, dovremo quindi fare in modo di escludere dalla nostra inquadratura sia i colori di contorno, che i colori di sfondo. La neutralizzazione



Figg. 18-20 Esempio di sintesi cromatica additiva dovuta allo sfondo. Gli stessi denti, modificando il colore di sfondo, mostrano valori $L^*a^*b^*$ diversi nel terzo incisale, che per la sua trasparenza risente maggiormente della cromaticità dello sfondo.

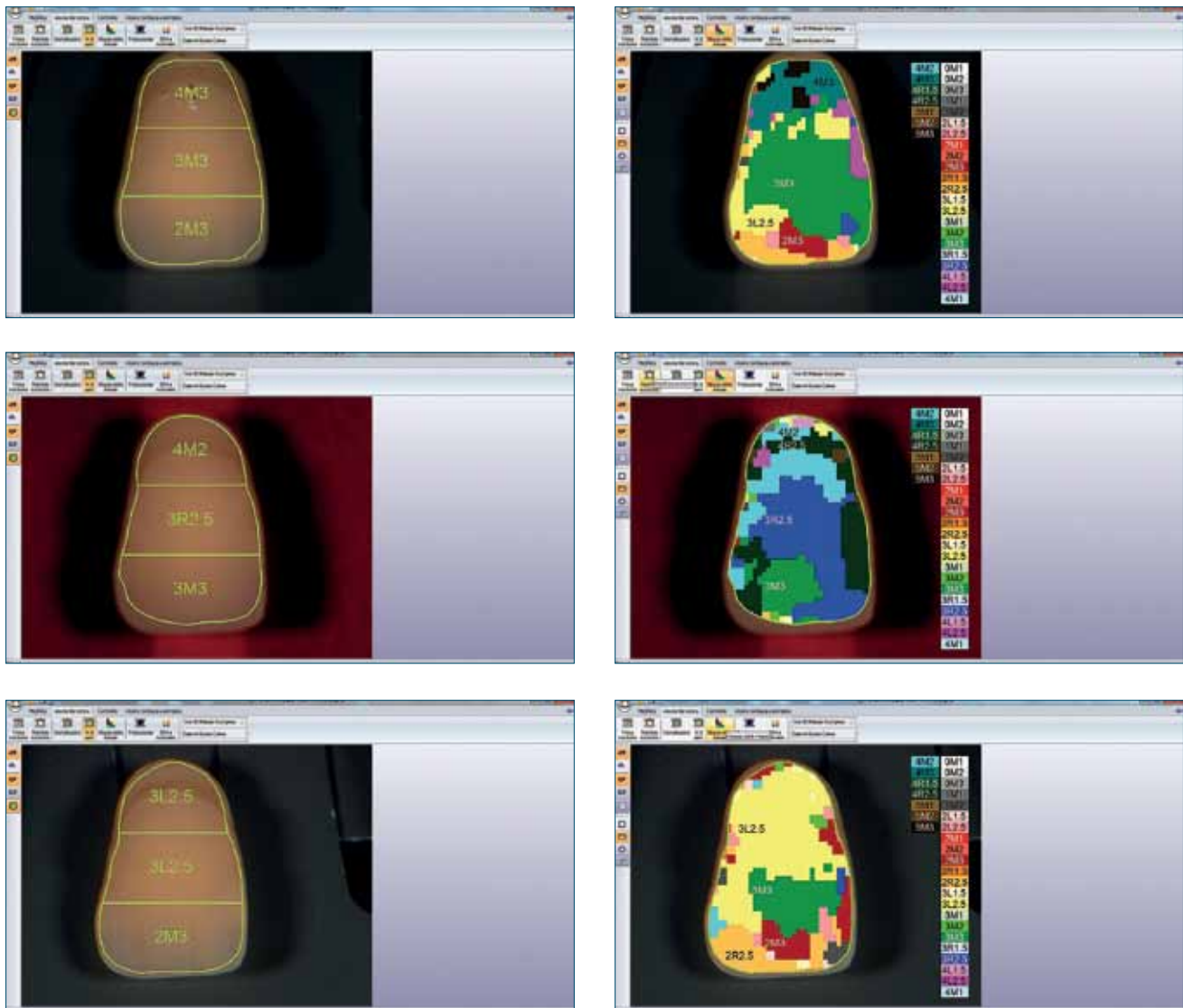
dello sfondo si può ottenere sagomando in maniera opportuna appositi cartoncini di colore grigio neutro, utilizzandoli contemporaneamente, nella foto aggregata, come sfondo dei denti naturali e dei campioni della scala colore (Figg. 27-30).

L'esigenza di rendere ripetibile e confrontabile la fotografia, impone però l'utilizzo non di un normale cartoncino grigio scelto arbitrariamente tra quelli offerti dal commercio, bensì di un grigio di cui si conoscono le caratteristiche di riflettanza oltre che chiaramente la fondamentale caratteristica di neutralità; questo grigio esiste ed è il cartoncino riflettente al 18% detto anche *fotografico*, perché utilizzato per la taratura degli esposimetri della macchina fotografica. Questo accorgimento permette all'esposimetro di effettuare una lettura più precisa della luminosità della scena, evitando quindi una perdita di fedeltà cromatica. Già altri Autori hanno evidenziato i vantaggi dell'utilizzo di un simile cartoncino, non specificandone però gli aspetti pra-

tici e non includendo questo impiego in un protocollo organico più vasto, come da noi suggerito.^{43,53} Questo accessorio che abbiamo chiamato Neuter, esiste in due versioni, per anteriori e posteriori, e soddisfa queste esigenze fotografiche con semplicità ed economicità; non è un semplice cartoncino colorato ritagliabile, ma uno sfondo di colore idoneo e con caratteristiche appropriate, che permette di neutralizzare i colori di sfondo e di contorno e i supporti dei campioni della scala guida. Inoltre i Neuter svolgono un ruolo prezioso per la stabilizzazione della lettura esposimetrica, tanto da rendere non necessaria la consueta sovraesposizione.

GLI ANGOLI D'ILLUMINAZIONE

Grande importanza ai fini di una corretta rilevazione del colore rivestono gli angoli con i quali si illumina il dente durante la l'esecuzione della fotografia; in colorimetria gli



Figg. 21-26 Anche la lettura dello spettrofotometro è influenzata dai colori di sfondo. Si noti come lo stesso campione (3M3) della scala 3D Master sia letto in modo diverso su sfondi diversi, ma anche sullo stesso sfondo la lettura dello strumento non è ripetibile in modo assoluto.

angoli di misurazione/osservazione vanno sotto il nome di *geometrie d'illuminazione*. Le geometrie d'illuminazione sono un aspetto fondamentale di tutta la fotografia, infatti la narrazione della realtà che la fotografia propone, null'altro è se non la cristallizzazione del dinamico interagire tra la luce proveniente da una certa direzione che colpisce l'oggetto e rimbalza verso la prospettiva dell'osservatore. L'abilità del fotografo consiste nel ricercare gli angoli di visuale e gli angoli di provenienza della luce, oltre che il

corretto rapporto d'ingrandimento, che più fedelmente esprimano ciò che egli desidera comunicare o narrare. Per la migliore misurazione dei colori la CIE ha standardizzato diverse geometrie d'illuminazione, tra le quali segnaliamo la (45° x 0°), che consiste nel posizionare la sorgente luminosa a 45° rispetto all'osservatore (considerato a 0° cioè ortogonale rispetto all'oggetto). Il simbolo "x" significa per convenzione che il piano formato tra gli illuminanti e l'osservatore è "azimutale" rispetto al piano dell'oggetto, cioè che questo

piano è perfettamente ortogonale al piano sul quale giace l'oggetto. Si noti come questa condizione sia straordinariamente sovrapponibile a quella della coordinata zero, che risulta quindi dimostrarsi ancora una volta una condizione di ripresa oggettiva e ripetibile. La geometria d'illuminazione ($45^\circ \times 0^\circ$) proposta dalla CIE è riprodotta quando il clinico si posiziona perfettamente in coordinata zero e la macchina fotografica è equipaggiata con due flash gemellari posti a 45° orizzontali: questa condizione è fondamentale per ottenere un'illuminazione corretta ai fini della diagnosi del colore. In questa delicata fase di ricerca della veridicità dei colori, è quindi da evitare l'utilizzo dei flash anulari poiché essi non illuminano il dente da un angolo ideale.⁵⁴ Recentemente è stata messa in commercio una staffa/supporto molto versatile e leggera (Spider-Nital), che consente di ottenere la disposizione ideale dei flash oltre che numerose altre disposizioni, compresa quella anulare, senza pesi o ingombri eccessivi.

IL BILANCIAMENTO DEL BIANCO PERSONALIZZATO

A questo punto è necessario, prima di illustrare il protocollo nella pratica, puntualizzare un aspetto fondamentale: il sensore della macchina fotografica registra la luce presente nella scena, ma occorre chiedersi quale luce? L'informazione più importante di cui ha bisogno il nostro apparecchio per darci una misurazione reale dei colori è forse l'informazione di cui ci preoccupiamo di meno: la **temperatura luce**. Senza questo dato fondamentale, l'idea di ottenere colori realistici dalla nostra immagine fotografica è pura illusione! Infatti la composizione dello spettro luminoso è la matrice dei colori, e solo fornendo questo dato che potremo sperare di ottenere l'autenticità della loro riproduzione. A prescindere dai fenomeni di metamerismo esiste una condizione generale per la quale, variando la qualità dell'illuminazione, varia anche la percezione del colore della dentatura.^{55,56} La procedura

per fornire quest'informazione alla macchina fotografica si può ottenere in due modi: utilizzando la misurazione di uno strumento detto termocolorimetro e impostando la temperatura luce in gradi kelvin manualmente sulla macchina, oppure effettuando la premisurazione del bianco direttamente con la macchina fotografica; preferiamo per praticità questa seconda opzione. La premisurazione per il bilanciamento del bianco va effettuata non su un qualsiasi oggetto supposto come bianco, ma su un apposito e specifico target bianco ad altissima neutralità spettrale, che riflette cioè la luce incidente senza variane lo spettro (White Balance Card, X-Rite). La macchina registrerà lo spettro della luce riflessa, per identificare la temperatura luce dell'illuminante, in questo caso il flash, e costruire così il colore dell'immagine in modo fedele. Sembra complicato, ma in realtà, una volta appresa, è una procedura banale che andrebbe idealmente ripetuta all'inizio di ogni sessione fotografica, per verificare il cambiamento delle condizioni dell'illuminante dovute allo scadimento della carica degli accumulatori, o al massimo a ogni inizio giornata. È necessario che la premisurazione venga eseguita nelle immediate vicinanze della testa del paziente, per integrare nella misurazione della luce principale del flash anche quella secondaria ambientale.

LE IMPOSTAZIONI DELLA MACCHINA FOTOGRAFICA

Le impostazioni da utilizzare sono quelle generali della fotografia scientifica odontoiatrica derivate dalle regole dettate dall'ortografia delle immagini con qualche differenza per migliorare l'autenticità dei colori dell'immagine: esposizione manuale con diaframma alla massima chiusura, nessuna sovraesposizione nel caso si utilizzino i Neuter, modalità immagine neutro o fedele, valori ISO 100 o 200, bilanciamento del bianco premisurato su target idoneo, flash gemellari posti a 45° in modalità TTL, messa a fuoco manuale. È

fondamentale non usare flash anulari che alterano la riflessione della luce.⁵⁴

LA DIAGNOSI DEL VALORE

Il valore ovvero la luminosità del dente è il parametro critico della percezione, occorre quindi ricercare le condizioni ottimali per registrarlo. Poiché la luminosità si esprime secondo una scala di grigi, dal bianco al nero, consigliamo di eseguire le prime foto, quelle appunto relative al valore, impostando la macchina su modalità immagine bianco/nero; ciò permette di allontanare anche visivamente il parametro tinta, che oltre a essere meno critico risulta anche fonte di disturbo in questa fase. Tutti gli operatori infatti istintivamente tendono a voler discriminare subito la tinta, quando invece fisiologicamente si è più predisposti a percepire la luminosità; la fotografia in bianco e nero quindi allena e costringe a discriminare la luminosità dei denti, e per questo stesso motivo è la fotografia che va eseguita per prima. Per questo stesso motivo le scale colori più evolute pongono come primo passo l'individuazione del valore, e solo dopo quella del croma e della tinta, scomponendo così il parametro valore dagli

altri elementi costituenti il colore. È esattamente per questa impostazione che privilegia la luminosità, che la nostra scelta è caduta sulla 3D Master, oltre che per la modalità di scelta binaria (sì/no) che semplifica in modo sostanziale il percorso decisionale, come dimostrano i lavori in Letteratura.^{47-49,57,59-61,63}

Come già anticipato, è opportuno che la fotografia registri contemporaneamente le caratteristiche colorimetriche dei denti e di campioni conosciuti: ciò permetterà all'odontotecnico di valutare sia le caratteristiche complessive del dente in sé stesso, che le differenze o le analogie con il campione conosciuto di riferimento (Figg. 27, 28).

IL PROTOCOLLO NELLA PRATICA

L'operatore deve innanzi tutto fare soggettivamente con il metodo visuale tradizionale la diagnosi di valore, croma e tinta, quindi verificare e registrare i dati ottenuti tramite una serie di fotografie secondo un protocollo preciso, affiancando i campioni selezionati ai denti del paziente (foto aggregata). Nella sequenza fotografica, al campione di valore stabilito vanno affianca-



Fig. 27 La prima immagine del protocollo, in B/N; con il metodo visuale tradizionale l'operatore si era indirizzato verso un valore basso (gruppo 4M), ma già la visione on-camera dell'immagine in B/N indirizzava verso un valore più alto. Infatti il campione di destra (gruppo 4M) appare certamente più grigio dei denti naturali, e persino il sinistro (gruppo 3M, valore medio) appare basso di valore rispetto ad alcune zone più luminose del dente.



Fig. 28 Questa seconda immagine è stata ottenuta aggregando campioni di valore 2M (alto) e 3M (medio). Osservando con attenzione l'immagine, il tecnico potrà mappare agevolmente le diverse sfumature di valore.

ti quelli di gradazione precedente e successiva, perché il dente non presenta un solo valore, ma questo cambia a secondo delle regioni anatomiche, per cui occorre visionare più riferimenti insieme per decifrarne correttamente l'estetica. Come già scritto, il dente non ha "un" -1- colore, ma presenta una variabilità che va descritta e interpretata attraverso la foto aggregata con i campioni. È molto frequente che già dalla prima foto in bianco e nero, visualizzata on-camera, l'operatore si renda conto che la scelta del valore operata in precedenza non corrisponda perfettamente alla realtà: la macchina fotografica è diventata uno strumento di verifica e controllo! Anche le successive fotografie a colori potranno suggerire dei ripensamenti riguardo le scelte iniziali. Oltre a queste inquadrature è opportuno eseguire altri scatti, quelli tradizionali della documentazione fotografica, per lo studio delle caratteristiche di superficie della dentatura: stato di usura, presenza di tessitura orizzontale o macrogeografia di superficie, occorre cioè creare una documentazione fotografica completa e adeguata al caso.

Il protocollo per la diagnosi dei colori prevede l'esecuzione di almeno due fotografie aggregate per la discriminazione di valore e croma, con la facoltà di eseguire altre due per la diagnosi fine di tinta e traslucenze. Le fotografie andranno fatte secondo un preciso ordine e inviate al laboratorio, al quale ovviamente vanno comunicati anche i valori relativi ai campioni di riferimento scelti.

La prima foto è utile per la diagnosi del valore, quindi deve essere eseguita con i seguenti criteri:

- modalità bianco e nero o monocromatico;
- campioni di riferimento di valore noto precedentemente selezionati;
- nessuna sovraesposizione;
- Neuter posto come sfondo di denti e campioni per neutralizzare la possibile sintesi additiva e i contrasti di luminosità;
- adeguato rapporto d'ingrandimento per escludere più possibile il contorno gen-

giale e neutralizzarne quindi gli effetti sulla percezione;

- coordinata zero.

La seconda foto è utile per fare la diagnosi del croma, e quindi deve essere eseguita con gli stessi criteri e con i campioni del croma appartenenti al gruppo di valore scelti per la foto precedente, ma in modalità immagine neutra o fedele per mostrare la saturazione della tinta cioè il croma (Fig. 29).

La terza foto, facoltativa, è utile per fare la diagnosi fine della tinta, e quindi deve essere eseguita con le stesse modalità della foto precedente, ma con i campioni scelti per la tinta per verificare se nella dentatura prevale la sfumatura di tinta rossa o gialla (Figg. 30, 31).

La quarta foto, facoltativa, è utile per lo studio delle traslucenze, potendosi eseguire sia in modalità immagine neutra o fedele che in bianco e nero, ma è importante sia eseguita con un Contrastor e in leggera sottoesposizione (-07 EV). Questa condizione è ideale per far risaltare le traslucenze dell'elemento dentale aumentando il contrasto dell'immagine. Non sono necessari i campioni di riferimento, ma vanno rispettate la coordinata zero e il rapporto d'ingrandimento delle foto precedenti (Figg. 32, 33).

CONCLUSIONI

In conclusione crediamo di aver inquadrato in modo sufficientemente completo e moderno la problematica relativa al colore in odontoiatria restaurativa, ma soprattutto di aver indicato e proposto una nuova filosofia di utilizzo di uno strumento tradizionale, la macchina fotografica, che non finisce mai di sorprendere per le grandi potenzialità e opportunità che offre al clinico. Crediamo che la moderna odontoiatria non possa prescindere da un uso consapevole e rigoroso degli strumenti che la tecnologia mette a disposizione, senza mai dimenticare che il risultato finale sarà sempre condizionato dall'abilità del clinico a utilizzare la tecnologia, la tecnica e i



Fig. 29 Questa immagine a colori permette di percepire agevolmente il croma. È stata eseguita con i tre campioni a croma crescente e stesso valore del gruppo 3M. Si noti come l'azione combinata di Neuter e adeguato rapporto d'ingrandimento eliminino ogni colore interferente di sfondo e contorno.



Fig. 30 La diagnosi finale della tinta: i campioni aggregati appartengono al gruppo 3R. La diagnosi finale di colore base è 3R2,5, con possibilità per l'odontotecnico di interpolare le masse verso cromaticità specifiche delle varie zone. Si noti quante informazioni possa fornire un'immagine così costruita.



Fig. 31 La corona definitiva su impianto in sede 23.



Figg. 32,33 Il Neuter specifico è agevole da usare anche nei settori posteriori e anche qui l'immagine aggregata fornisce tutte le informazioni indispensabili per la diagnosi dei colori. Particolare delle due corone in zirconia su impianti in sede 16 e 17.



materiali secondo la propria esperienza, la propria abilità e il proprio sapere. La nostra proposta di una fotografia basata sul-

le prove (EBDP: Evidence Based Dentistry Photography), nasce per gestire con grande precisione e accuratezza il rapporto tra

colore e fotografia digitale in odontoiatria. Il presente lavoro esplora i problemi legati alla fase dell'acquisizione delle immagini digitali, ma è senz'altro necessario approfondire e spiegare successivamente gli aspetti relativi all'intero workflow per definire compiutamente la stessa EBDP.

BIBLIOGRAFIA

- Oleari C. Misurare il colore: fisiologia della visione a colori. Hoepli 2008. Milano.
- Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res*. 1989 May;68(5):819-22.
- Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. 1973. *J Prosthet Dent*. 2001 Nov;86(5):453-7.
- Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. 1973. *J Prosthet Dent*. 2001 Nov;86(5):458-64.
- Muia P. The four dimensional tooth color sistem. Quintessence Publishing Co. Chicago 1982.
- Vanini L. il restauro conservativo dei denti anteriori. ACME 2003.
- Yamamoto M. A new concept for expressing the shades of natural teeth. *QDT yearbook* 1992;19:9.
- Touati B. Esthetic Dentistry and Ceramic Restorations . Dunitz Ltd, London 1999.
- Benelli L. et al. Valutazione colorimetrica degli elementi dentali. *Quint. Int.* (4) 2010;43-55.
- Loiacono P, Pascoletti L. Photography in Dentistry. Quintessence Publishing Co Chicago 2012.
- Schropp L. Shade matching assisted by digital photography and computer software. *J Prosthodont*. 2009 Apr;18(3):235-41. Epub 2008 Dec 30.
- Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dent Mater*. 2006 Jun;22(6):553-9. Epub 2005 Sep 29.
- Yamanel K, Caglar A, Özcan M, Gulsah K, Bagis B. Assessment of color parameters of composite resin shade guides using digital imaging versus colorimeter. *J Esthet Restor Dent*. 2010 Dec;22(6):379-88.
- Cal E, Sonugelen M, Guneri P, Kesercioglu A, Kose T. Application of a digital technique in evaluating the reliability of shade guides. *J Oral Rehabil*. 2004 May;31(5):483-91.
- Jarad FD, Russell MD, Moss BW. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *Br Dent J*. 2005 Jul 9;199(1):43-9.
- Caglar A, Yamanel K, Gulsahi K, Bagis B, Ozcan M. Could digital imaging be an alternative for digital colorimeters? *Clin Oral Investig*. 2010 Dec;14(6):713-8. Epub 2009 Aug 18.
- Kim-Pusateri S, Brewer JD, Dunford RG, Wee AG. In vitro model to evaluate reliability and accuracy of a dental shade-matching instrument. *J Prosthet Dent*. 2007 Nov;98(5):353-8.
- Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent*. 2009 Mar;101(3):193-9.
- Lehmann KM, Devigus A, Igiel C, Wentaschek S, Azar MS, Scheller H. Repeatability of color-measuring devices. *Eur J Esthet Dent*. 2011 Winter;6(4):428-35.
- Lagouvardos PE, Fougia AG, Diamantopoulou SA, Polyzois GL. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *J Prosthet Dent*. 2009 Jan;101(1):40-5.
- Kanawati A, Richards MW. Repeatability of a dental shade-matching instrument when compared to traditional visual methods of shade evaluation. *Gen Dent*. 2009 Jul-Aug;57(4):323-7.
- Lehmann KM, Igiel C, Schmidtman I, Scheller H. Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *J Dent*. 2010;38 Suppl 2:e65-70. Epub 2010 Jul 24.
- Llena C, Lozano E, Amengual J, Forner L. Reliability of two color selection devices in matching and measuring tooth color. *J Contemp Dent Pract*. 2011 Jan 1;12(1):19-23.
- Yilmaz B, Karaagacliglu L. Comparison of visual shade determination and an intra-oral dental colourimeter. *J Oral Rehabil*. 2008 Oct;35(10):789-94.
- Yoshida A, Miller L, Da Silva JD, Ishikawa-Nagai S. Spectrophotometric analysis of tooth color reproduction on anterior all-ceramic crowns: Part 2: color reproduction and its transfer from in vitro to in vivo. *J Esthet Restor Dent*. 2010 Feb;22(1):53-63.
- Yuan JC, Brewer JD, Monaco EA Jr, Davis EL. . Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system. *J Prosthet Dent*. 2007 Aug;98(2):110-9.
- Dancy WK, Yaman P, Dennison JB, O'Brien WJ, Razzoog ME. Color measurements as quality criteria for clinical shade matching of porcelain crowns. *J Esthet Restor Dent*. 2003;15(2):114-21; discussion 122.
- Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent*. 2010;38 Suppl 2:e2-16. Epub 2010 Aug 1. Review.
- Ishikawa-Nagai S, Yoshida A, Da Silva JD, Miller L. Spectrophotometric analysis of tooth color reproduction on anterior all-ceramic crowns: Part 1: analysis and interpretation of tooth color. *J Esthet Restor Dent*. 2010 Feb;22(1):42-52.
- Da Silva JD, Park SE, Weber HP, Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *J Prosthet Dent*. 2008 May;99(5):361-8.
- Haddad HJ, Salameh Z, Sadig W, Aboushelib M, Jakstat HA. Allocation of color space for different age groups using three-dimensional shade guide systems. *Eur J Esthet Dent*. 2011 Spring;6(1):94-102.
- Fazi G, Vichi A, Corciolani G, Ferrari M. Spectrophotometric evaluation of color match to VITA classical shade guide of four different veneering porcelain systems for metal ceramic restorations. *Am J Dent*. 2009 Feb;22(1):19-22.
- Ikeda T, Nakanishi A, Yamamoto T, Sano H. Color differences and color changes in Vita Shade tooth-colored restorative materials. *Am J Dent*. 2003 Dec;16(6):381-4.
- Yap AU, Tan KB, Bhole S. Comparison of aesthetic properties of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent*. 1997 Jul-Aug;22(4):167-72.
- Yap AU, Bhole S, Tan KB. Shade match of tooth-colored restorative materials based on a commercial shade guide. *Quintessence Int*. 1995 Oct;26(10):697-702.
- Hassel AJ, Doz P, Nitschke I, Rammelsberg P. Comparing L*a*b* color coordinates for natural teeth shades and corresponding shade tabs using a spectrophotometer. *Int J Prosthodont*. 2009 Jan-Feb;22(1):72-4.
- Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent*. 2002 Jun;87(6):657-66.
- Judeh A, Al-Wahadni A. A comparison between conventional visual and spectrophotometric methods for shade selection. *Quintessence Int*. 2009 Oct;40(9):e69-79.

39. Da Costa J, Fox P, Ferracane J. Comparison of various resin composite shades and layering technique with a shade guide. *J Esthet Restor Dent*. 2010 Apr;22(2):114-24.
40. Corciolani G, Vichi A, Louca C, Ferrari M. Influence of layering thickness on the color parameters of a ceramic system. *Dent Mater*. 2010 Aug;26(8):737-42. Epub 2010 Apr 24.
41. Dozi D A, Kleverlaan CJ, Meegdes M, van der Zel J, Feilzer AJ. The influence of porcelain layer thickness on the final shade of ceramic restorations. *J Prosthet Dent*. 2003 Dec;90(6):563-70.
42. Salat A et al. Eccellenza nei restauri anteriori. *Eur J Esthet Dent*(6) 3-2010:286-302.
43. Brix O: Concetti base dell'estetica dentale. Team work media 2001.
44. Devoto W, Saracinelli M, Manauta J. Composite in everyday practice: how to choose the right material and simplify application techniques in the anterior teeth. *Eur J Esthet Dent*. 2010 Spring;5(1):102-24.
45. Schwabacher WB, Goodkind RJ, Lua MJ. Interdependence of the hue, value, and chroma in the middle site of anterior human teeth. *J Prosthodont*. 1994 Dec;3(4):188-92.
46. Schwabacher WB, Goodkind RJ. Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides. *J Prosthet Dent*. 1990 Oct;64(4):425-31.
47. Corciolani G, Rammelsberg P, Jakstat H, Moldovan O, Schwarz S, Hassel AJ. The linear shade guide design of Vita 3D-master performs as well as the original design of the Vita 3D-master. *J Oral Rehabil*. 2010 Nov;37(11):860-5.
48. Li Q, Yu H, Wang YN. In vivo spectroradiometric evaluation of colour matching errors among five shade guides. *J Oral Rehabil*. 2009 Jan;36(1):65-70. Epub 2008 Oct 22.
49. Wee AG, Kang EY, Jere D, Beck FM. Clinical color match of porcelain visual shade-matching systems. *J Esthet Restor Dent*. 2005;17(6):351-7; discussion 358.
50. Llop DR. Technical analysis of clinical digital photographs. *J Calif Dent Assoc*. 2009 Mar;37(3):199-206.
51. Griffin JD Jr. Excellence in photography: heightening dentist-cerapist communication. *Dent Today*. 2009 Jul;28(7):124-7.
52. Chu SJ. Clinical steps to predictable color management in aesthetic restorative dentistry. *Dent Clin North Am*. 2007 Apr;51(2):473-85.
53. Chu SJ. *Fundamentals of Color*. Quintessence Publishing 2004, Chicago.
54. Tung OH, Lai YL, Ho YC, Chou IC, Lee SY. Development of digital shade guides for color assessment using a digital camera with ring flashes. *Clin Oral Investig*. 2011 Feb;15(1):49-56. Epub 2010 Jan 5.
55. Lee YK, Yu B, Lim JI, Lim HN. Perceived color shift of a shade guide according to the change of illuminant. *J Prosthet Dent*. 2011 Feb;105(2):91-9.
56. Cha HS, Lee YK. Difference in illuminant-dependent color changes of shade guide tabs by the shade designation relative to three illuminants. *Am J Dent*. 2009 Dec;22(6):350-6.
57. Oh WS, Koh IW, O'Brien WJ. Estimation of visual shade matching errors with 2 shade guides. *Quintessence Int*. 2009 Nov-Dec;40(10):833-6.
58. Paravina RD, Majkic G, Imai FH, Powers JM. Optimization of tooth color and shade guide design. *J Prosthodont*. 2007 Jul-Aug;16(4):269-76. Epub 2007 Apr 23.
59. Paravina RD, Johnston WM, Powers JM. New shade guide for evaluation of tooth whitening—colorimetric study. *J Esthet Restor Dent*. 2007;19(5):276-83; discussion 283. Erratum in: *J Esthet Restor Dent*. 2008;20(3):214.
60. Corciolani G, Vichi A, Goracci C, Ferrari M. Colour correspondence of a ceramic system in two different shade guides. *J Dent*. 2009 Feb;37(2):98-101.
61. Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *J Dent*. 2009;37 Suppl 1:e15-20. Epub 2009 Mar 28.
62. Corciolani G, Vichi A, Louca C, Ferrari M. Color match of two different ceramic systems to selected shades of one shade guide. *J Prosthet Dent*. 2011 Mar;105(3):171-6.
63. Hassel AJ, Koke U, Schmitter M, Beck J, Rammelsberg P. Clinical effect of different shade guide systems on the tooth shades of ceramic-veneered restorations. *Int J Prosthodont*. 2005 Sep-Oct;18(5):422-6.
64. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent*. 2000 Apr;83(4):418-23.
65. Denissen H, Dozi A. Photometric assessment of tooth color using commonly available software. *Eur J Esthet Dent*. 2010 Summer;5(2):204-15.
66. Browning WD, Contreras-Bulnes R, Brackett MG, Brackett WW. Color differences: polymerized composite and corresponding Vitapan Classical shade tab. *J Dent*. 2009;37 Suppl 1:e34-9. Epub 2009 May 18. Review.
67. Barutçigil C, Harorli OT, Yildiz M, Özcan E, Arslan H, Bayindir F. The color differences of direct esthetic restorative materials after setting and compared with a shade guide. *J Am Dent Assoc*. 2011 Jun;142(6):658-65.
68. Sackett DL, Rosenberg WM, Gray JA, Haynes RB, Richardson WS. Evidence based medicine: what it is and what it isn't. 1996. *Clin Orthop Relat Res*. 2007 Feb;455:3-5.
69. Uludag B, Usumez A, Sahin V, Eser K, Ercoban E. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of ceramic systems: an in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2007 Jan;97(1):25-31.
70. Sahin V, Uludag B, Usumez A, Ozkir SE. The effect of repeated firings on the color of an alumina ceramic system with two different veneering porcelain shades. *J Prosthet Dent*. 2010 Dec;104(6):372-8.
71. Yilmaz B, Özçelik TB, Wee AG. Effect of repeated firings on the color of opaque porcelain applied on different dental alloys. *J Prosthet Dent*. 2009 Jun;101(6):395-404.

The various factors which determine a true likeness - i.e. the correspondence of colours of clinical photographic images to reality - have not yet been sufficiently investigated. The author suggests an innovative approach to colour management in dentistry by means of digital photographs, which integrates digital techniques with the "orthography" of scientific images and the principles of colourimetry. This working philosophy, known as EBDP (Evidence Based Dentistry Photography), represents an integration and evolution with respect to traditional documentation techniques. The aim of EBDP is to maintain a true colour likeness of clinical images throughout all the working phases, which allows not only for a faithful and realistic representation, but even an instrumental colorimetric measurement of teeth.

Key Words: Digital photography, Color management, Orthography of scientific images, Colourimetry, Diagnosis of colours.