

# La fotografia digitale per la diagnosi dei colori in odontoiatria estetica.

## Parte terza: una guida al moderno glossario del colore.

Pasquale Loiacono\*

*L'Autore evidenzia la non perfetta coerenza tra il glossario odontoiatrico riferito al colore e quello della colorimetria ufficiale. Molti elementi lessicali, comunemente in uso in odontoiatria, sono considerati obsoleti e non appropriati dagli organismi internazionali di standardizzazione di riferimento. La conoscenza del colore in ambito odontoiatrico è – per alcuni aspetti – legata a concezioni non più ritenute attuali o esaustive dalla moderna colorimetria. Si auspica quindi un consensus tra gli odontoiatri per una riflessione critica sull'attuale interpretazione e sul glossario della fenomenologia del colore, al fine di adeguarsi alle conoscenze più recenti e al loro relativo linguaggio. L'Autore propone quindi una guida sintetica alla terminologia del colore così come stabilito dall'apposito organismo internazionale di standardizzazione, la Commission Internationale de L'Eclairage (CIE).*

**Parole chiave:** CIE, IEC, e-ILV, Attributi del colore, Chiarezza, Munsell, Shade, Colour, Lightness, Hue, EBDP, Colour Matching, Shade Matching.

### PREMESSA

Nelle parti precedenti del presente lavoro sono stati approfonditi concetti legati alla fotografia digitale e alla sua applicazione ai processi clinici di diagnosi dei colori dentali.<sup>1,2</sup> Sono state così evidenziate le profonde correlazioni tra la tecnica digitale e la scienza colorimetrica. Possiamo e dobbiamo pensare che la moderna fotografia digitale, in particolare la gestione del colore, sia strutturalmente un'applicazione della colorimetria. Per questo motivo, il clinico fotografo deve conoscere quantomeno i fondamenti di entrambe le materie, sia della colorimetria sia della fotografia digitale, per gestire le immagini secondo le proprie specifiche finalità. Già il titolo del presente lavoro mette in evidenza la centralità del tema "colore", ed esaminando la Letteratura odontoiatrica sull'argomento si evidenziano situazioni, da un punto di vista terminologico, per lo meno singolari. Si rendono cioè evidenti conflitti linguistici tra la terminologia utilizzata normalmente in odontoiatria e quella ufficiale della colorimetria. La correttezza del linguaggio attiene alla regola del rapporto tra verità e falsità, e il disordine linguistico è segno di disordine concettuale e metodologico, condizione assai lontana dalla scientificità. Nel desiderio di

risolvere tali incoerenze, si propone una guida alla moderna terminologia del colore, auspicando si possa pervenire a un *consensus* tra gli odontoiatri che possa colmare la distanza tra il nostro linguaggio e quello della scienza del colore. Piace citare a questo proposito il prof. Claudio Oleari, docente di fisica all'università di Parma, considerato il massimo studioso italiano di colore: "(...) *la tradizione artistica italiana è unica e impressionante, eppure, nonostante tanta ricchezza, in Italia non esiste una diffusa cultura scientifica del colore; (...) dovendo quantificare e riprodurre il colore, si richiede una conoscenza del colore, non una conoscenza artistica, ma scientifica e tecnica. I testi della tradizione italiana ci portano lontano nel tempo e sono prevalentemente rivolti all'arte. La scuola è assente. La ricerca colorimetrica pure. Ma la richiesta per una cultura del colore è forte e crescente (...)*"<sup>3</sup>. Siamo perfettamente d'accordo con quanto scritto dallo studioso, e anzi pensiamo che anche la fotografia clinica, sin dai suoi albori, risenta di questo approccio più artistico che scientifico, quando invece è necessario trovare le ragioni scientifiche sia della fotografia clinica sia dello studio del colore. Per giustificare e dare un senso compiuto al linguaggio, che è fondamentalmente uno strumento di rappresentazione della realtà per la comunicazione tra esseri umani, dobbiamo però specificare correttamente cosa rappresentiamo, cioè i fenomeni cui ci riferiamo; occorrerà quindi ricordare brevemente i concetti fisici, psicofisici e percettivi che sono alla base della fenomenologia del colore. L'Evidence Based Dentistry Photography (EBDP) quindi, oltre a un'accurata analisi e descrizione degli aspetti sostanziali della fotografia

\* Odontoiatra libero professionista in Tropea.

**Indirizzo per la corrispondenza:**  
Pasquale Loiacono  
E-mail: lino@odontoloiacono.191.it

clinica e del workflow digitale<sup>1,2</sup>, propone anche una revisione della terminologia del colore utilizzata in odontoiatria, per renderla appropriata e coerente con il linguaggio scientifico moderno. La finalità del presente lavoro è quella di fornire ai clinici le nozioni di base della colorimetria e gli strumenti linguistici per trattare l'argomento colore, sia in fotografia digitale che in clinica, in maniera accurata e scientifica, ma anche semplificata e inclusiva.

## LA TERMINOLOGIA DEL COLORE IN ODONTOIATRIA

Oltre a essere complesso in sé stesso, l'argomento colore è reso ancora più complicato da un linguaggio spesso ambiguo e dall'utilizzo frequente di termini non appropriati, venendosi così a creare una certa confusione terminologica, ancor più accentuata dalle traduzioni



**Fig. 1** L'home-page del sito ufficiale della CIE ([www.cie.co.at/](http://www.cie.co.at/)), organismo internazionale che da 100 anni si interessa della luce e dei suoi fenomeni e quindi anche della scienza del colore e della standardizzazione del relativo linguaggio.



**Fig. 2** All'interno del sito della CIE si può accedere all'e-ILV, ovvero all' International Lighting Vocabulary, considerato universalmente lo standard di riferimento per il lessico relativo alla fenomenologia del colore.

in lingue diverse. Per risolvere questa ambiguità è opportuno riferirsi all'unico organismo scientifico accreditato, la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE: [www.cie.co.at/](http://www.cie.co.at/)), che ha sede a Vienna dove riunisce i numerosi comitati nazionali<sup>4</sup>. La CIE (fondata nel 1913) pubblica e aggiorna un proprio vocabolario, espresso in otto lingue (International Lighting Vocabulary- ILV), cui faremo riferimento per necessità di accuratezza, contenente tutti i termini relativi alla luce e ai fenomeni correlati. Il vocabolario è stampato in formato cartaceo<sup>5</sup>, ma è anche disponibile on-line (e-ILV) sul sito della CIE<sup>6</sup> o sul sito della Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC). La IEC cura anche un proprio vocabolario generale – Electropedia: The World's Online Electrotechnical Vocabulary) – comprendente oltre l'ILV, anche moltissimi termini di altri settori scientifici<sup>11</sup> (Figg. 1-3).

Nella prima parte del presente lavoro<sup>1</sup> è stato suggerito di abbandonare la comune dizione di “presa del colore”, motivando tale scelta con l'ovvia considerazione che il significato principale del termine presa è riferito a un'azione diretta su un oggetto o all'atto e alle modalità con le quali la presa stessa si realizza: “una forte presa”, “la presa della Bastiglia”, “cani da presa”, “adesivo a forte presa”. Vero è che lo stesso termine può avere anche senso figurato: “ha fatto presa sul pubblico”, ma il significato principale resta quello descrittivo di un'azione materiale.<sup>7</sup> Il colore è invece un fenomeno percettivo, apparente e immateriale, frutto di un'interazione complessa tra onde elettromagnetiche, la materia e un osservatore.<sup>8</sup> Affermando di “prendere il colore” si genera inoltre un equivoco fondamentale: l'idea, del tutto infondata, che il colore sia una proprietà della materia quando invece è

puramente un'idea, basata su sensazioni, nella mente di un osservatore, o, come si dice in colorimetria, una qualità della sensazione visiva.<sup>9</sup> La dizione “presa del colore” è quindi, secondo l'Autore, profondamente erronea nei contenuti, inelegante e non pertinente da un punto di vista linguistico, né la traduzione in inglese “shade taking” ne mitiga l'intrinseca inadeguatezza. Anche la dizione “scelta del colore” ci appare insoddisfacente, infatti si sceglie qualcosa di materiale (un oggetto) o immateriale (per esempio una scelta di vita), ma comunque qualcosa di compiutamente definito, cioè che esiste in sé. Il colore invece non esiste in sé, ma – come già detto – è solo un'idea nella mente dell'osservatore e per questo non si può scegliere! Infatti possiamo non sapere che è una sensazione visiva dovuta a un'onda elettromagnetica, o conoscerlo nei suoi aspetti psicofisici, ma l'idea di colore si forma nella nostra mente in modo involontario e ineludibile: non possiamo non percepirlo, non farne esperienza, quindi non lo “scegliamo” affatto! Possiamo forse scegliere la sensazione di dolce o amaro? No, possiamo solo darne giudizi – tramite aggettivi – per stabilire differenze, somiglianze, confronti: più dolce o molto più dolce, dolce gradevole o sgradevole, delicato, intenso o dolciastro. Analogamente, quando trattiamo di colore, quello che possiamo scegliere è il grado di corrispondenza percettiva tra due oggetti che ci appaiono colorati, e solo su questo possiamo dare un giudizio. Tuttavia i denti hanno una complessità strutturale, ottica e apparente la cui comprensione richiede molto più della risoluzione di una semplice e fredda equazione percettiva – colore di A uguale o simile a colore di B –, per cui “scelta del colore” risulta un modo di dire povero, assolutamente generico



**Fig. 3** L'Electropedia è curata dal Comitato Elettrotecnico Internazionale e comprende, oltre al lessico relativo alle diverse branche scientifiche, anche l'e-ILV.

e parziale. La nostra proposta della dizione “diagnosi dei colori”<sup>10</sup> tiene conto della complessità del fenomeno: la diagnosi, cioè il percorso di analisi e comprensione, è inclusivo così degli aspetti fisici, psicofisici e biologici. Il fatto poi di indicare al plurale il fenomeno – i colori del dente –, è evocativo della complessità strutturale e ottica dell’organo dentario e della conseguente variabilità di apparenza del medesimo.

Quindi la dizione “diagnosi dei colori” nasce per il desiderio di valorizzare questo fondamentale aspetto del nostro lavoro clinico; in alternativa è corretto utilizzare la dizione “corrispondenza o eguagliamento dei colori”, traduzione di quella correttissima inglese “colour matching”.<sup>9</sup> A riprova di queste affermazioni, si verifichi come sia nell’e-ILV che in Electropedia non esista la dizione “colour taking”, ma solo “colour matching” (Fig. 4).

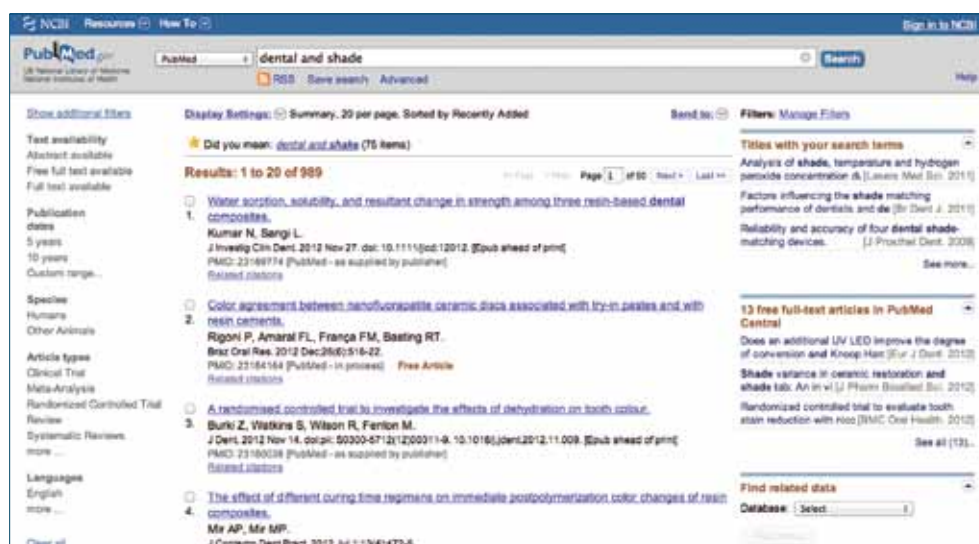
È singolare notare come nel settore odontoiatrico, anche di elevatissimo livello scientifico<sup>12</sup>, si utilizzino

termini che modernamente non hanno più ragione di essere. Si provi, per esempio, a inserire una parola chiave come “tooth shade” o “shade matching” o “dental shade” nel motore di ricerca specializzato di PubMed (Fig. 5), o anche, genericamente, la frase “shade taking” sul motore di ricerca di Google. Compariranno centinaia di articoli sul tema “colore del dente”, quando invece nel vocabolario della CIE (ILV) il significato della stessa parola viene così descritto: “screen which may be made of opaque or diffusing material and which is designed to prevent a lamp from being directly visible”, ovvero “schermo che può essere realizzato in materiale opaco o diffondente e che è progettato per impedire che una lampada sia direttamente visibile” (?) e lo stesso ILV lo traduca ufficialmente in italiano con il termine paralume (!)<sup>5,6,11</sup> (Fig. 6).

Possiamo anche non condividere questa traduzione (paralume), considerato che il termine shade – letteralmente “ombra” – nell’uso corrente può significare to-



**Fig. 4** In nessun vocabolario scientifico è contemplata la dizione “colour taking”, “shade matching” o “shade taking”. L’unica dizione ritenuta appropriata è “colour matching” o eguagliamento dei colori.



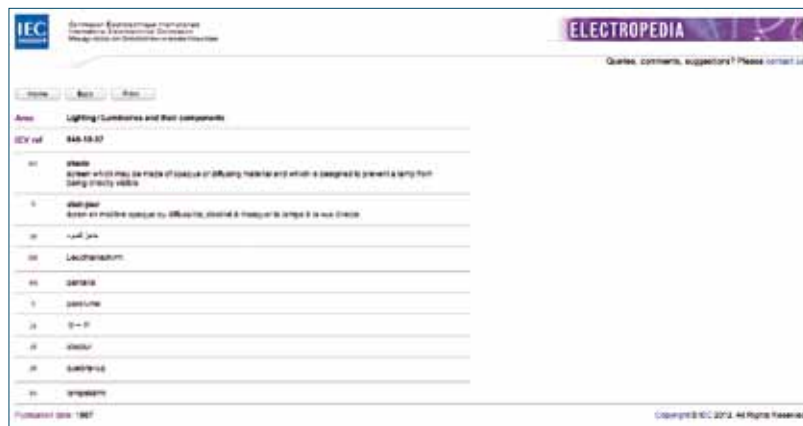
**Fig. 5** La ricerca dei termini associati “dental and shade” – effettuata il 30 novembre 2012 – fornisce 989 risultati, a dimostrazione di quanto sia diffuso l’utilizzo del termine shade in ambito odontoiatrico.



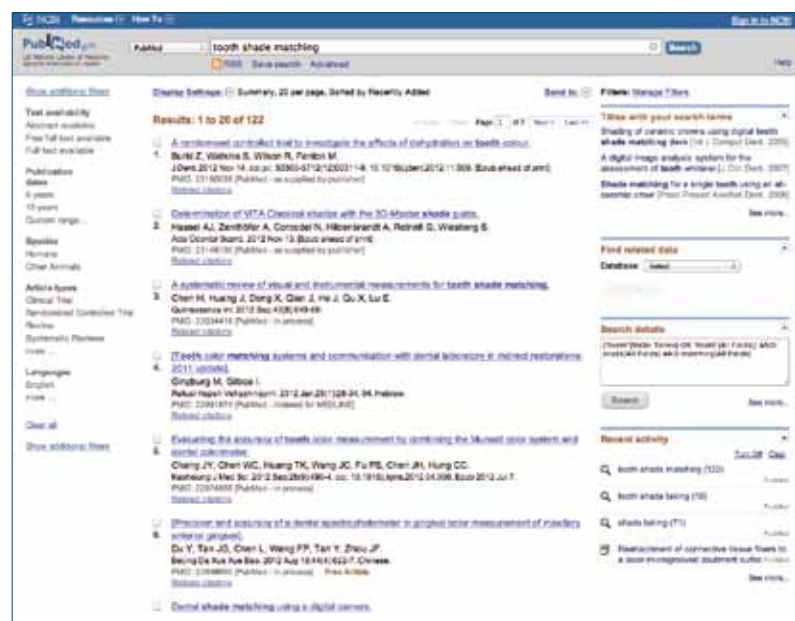
nalità o sfumatura di colore, ma probabilmente questa traduzione in italiano è stata proposta per rimarcare la genericità e l'ambiguità del termine. Resta il fatto indiscutibile che, per l'unico organismo internazionale di standardizzazione, la parola shade non è sufficientemente precisa e appropriata per indicare in ambito scientifico il fenomeno colore e, nonostante ciò, l'utilizzo di questo termine è invalso in odontoiatria.<sup>12</sup> (Figg. 5-7).

Il termine shade evoca un attributo generico, indefinito e scientificamente indefinibile del colore (sfumatura o tonalità) e non è idoneo a rappresentare né un aspetto specifico né il fenomeno nel suo complesso. Infatti si può correttamente affermare, in senso generico, che "quel colore presenta diverse sfumature" (different shades of the same colour), ma in ambito scientifico altri – e ben codificati – sono gli attributi descrittivi del colore.<sup>3,9,13-16</sup> Pensiamo quindi che il vocabolo "shade" andrebbe evitato nel linguaggio specialistico perché

eccessivamente ambiguo, oltre a rappresentare una sineddoche, ovvero una figura retorica che individua il tutto attraverso una sua parte. Nell'ambito odontoiatrico il colore racchiude così tanti concetti (traslucenza, chiarezza, riflessione diffusa o speculare, proprietà ottiche di superficie, caratterizzazioni, eccetera) che abbiamo il dovere di essere precisi nel linguaggio e utilizzare correttamente i termini messi a nostra disposizione. Così, il termine generico – ma appropriato – "colore" potrà riferirsi e comprendere l'intero fenomeno senza ambiguità, spetterà poi a chi lo descrive identificare con precisione gli aspetti particolari cui si vuole riferire. L'e-ILV descrive il colore (colours o colors in U.S.A.) come "a specification of a colour stimulus in terms of operationally defined values, such as three tristimulus values", ovvero "una specifica di uno stimolo colore, in termini di valori definiti sperimentalmente come tre valori tristimolo"<sup>6</sup> (Fig. 8).



**Fig. 7** Anche in questa figura si nota come la dizione "shade-matching" – inesistente per gli organismi di standardizzazione – sia invece diffusa in ambito odontoiatrico, riportando nel Pub Med ben 122 pubblicazioni scientifiche.



**Fig. 6** Lo stesso termine "shade", la cui ricerca nel Pub Med fornisce 989 risultati, nell'Electropedia è definito come rappresentativo di un paralume (!). È evidente l'incoerenza tra i due diversi significati attribuiti alla stessa dizione. Sarebbe auspicabile che il settore odontoiatrico si uniformasse al vocabolario ufficiale della scienza del colore.



**Fig. 8** L'unico termine idoneo e appropriato per riferirsi al colore è "colore", non shade, sfumatura, tonalità, termini ambigui e non accettati in ambito scientifico.

È certamente questa una definizione molto tecnica, che include concetti quali stimolo colore e valori del tristimolo che occorre spiegare, ma è una definizione assolutamente scientifica e inequivoca di colore. Il termine "colour" o "color" o "colore" è quindi l'unico accettabile per riferirsi al fenomeno percettivo in qualsiasi ambito scientifico, generale o specialistico, mentre genericamente nell'uso comune – non medico/scientifico – si può accettare la dizione "sfumatura o tonalità".

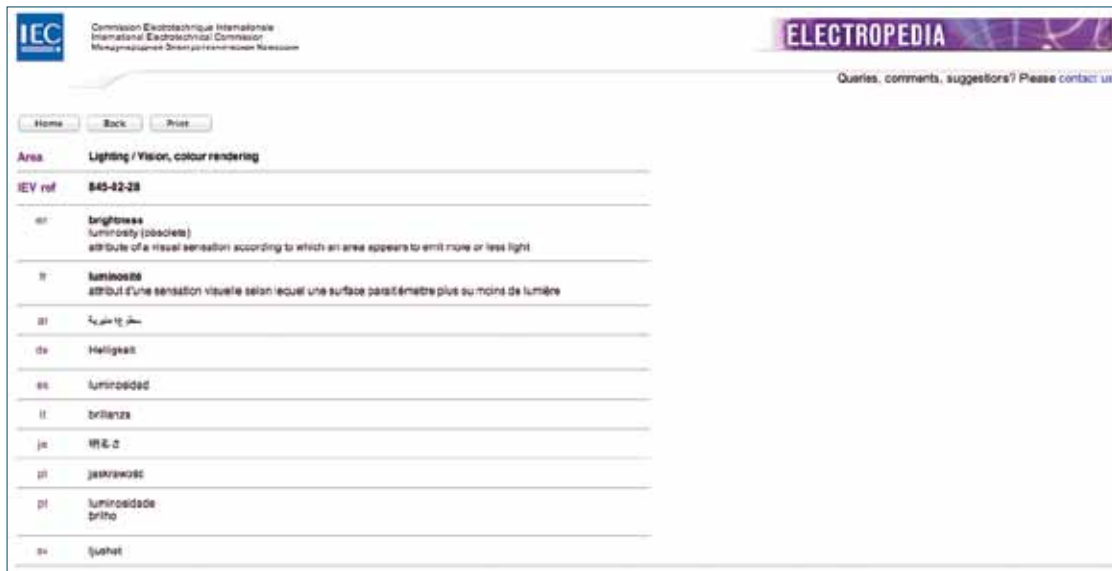
Un altro termine molto usato in odontoiatria è luminosità: "corone poco o molto luminose", "il valore dei denti è espressione della loro luminosità", "luminosità del sorriso" ecc. Il termine luminosità non è contemplato dall'ILV perché troppo generico e ambiguo: può avere almeno quattro significati diversi, per cui la CIE ha deciso di non utilizzarlo nel linguaggio scientifico. Infatti il termine può riferirsi alla luminanza (intensità misurabile di una radiazione emessa da una sorgente o riflessa da una superficie), brillantezza (correlato percettivo della luminanza, non misurabile), fattore di luminanza (prodotto di riflettanza e luminanza, misurabile con valori percentuali), chiarezza (correlato percettivo del fattore di luminanza, non misurabile ma arbitrariamente scalato da 0 a 100). Genericamente un profano può esprimere un giudizio sulla "luminosità dei denti", ma nel linguaggio specialistico e scientifico appropriato dobbiamo sapere che la caratteristica di cui si parla non è il valore (vedi avanti) o la brillantezza o la lucentezza, ma la chiarezza (Lightness), iniziale della denominazione di spazio  $L^*a^*b^*$  ("L" è riferita appunto a Lightness e non a Luminosità come sovente si legge)<sup>17</sup>. Insomma il termine

luminosità sarebbe da evitare nel linguaggio scientifico per la sua estrema ambiguità<sup>6,11</sup>, per cui è consigliabile – diremmo necessario – utilizzare il solo termine chiarezza (quindi né valore, né brillantezza, né luminosità, né lucentezza) per riferirsi alla componente acromica (gradazione del grigio) del colore della dentatura<sup>18-23,27</sup> (Fig. 9).

Un altro paradosso è che nei testi odontoiatrici più diffusi e accreditati il termine per descrivere la gradazione di grigio dei denti, è ancora oggi "valore", termine coniato da A. Munsell agli inizi del 1900.<sup>9,20-27,37</sup> Così in odontoiatria si continua a utilizzare un vocabolo ormai desueto per descrivere un fenomeno che tutto il mondo scientifico moderno che si interessa di colore, individua inequivocabilmente nella chiarezza (lightness). Per comprendere il significato e l'attualità di quelli che vengono genericamente definiti "atlanti" e "sistemi di ordinamento dei colori" occorre un breve approfondimento.

## ATLANTI E SISTEMI DI ORDINAMENTO DEI COLORI

Molti Autori, nel corso del tempo, hanno proposto sistemi grafici di ordinamento e organizzazione dei colori, allo scopo di offrire uno strumento utile alla conoscenza e all'identificazione dei colori. Gli atlanti (atlas) dei colori, in particolare, sono campioni fisici colorati organizzati secondo un certo ordinamento e con una propria nomenclatura coerente, utili per un'immediata percezione e soprattutto per il confronto tra diversi



**Fig. 9** Il termine “luminosità” è considerato obsoleto a causa della sua ambiguità. Nel linguaggio generico ciò non crea problemi, ma in ambito scientifico suscita perplessità e configura un downgrading del linguaggio.

colori<sup>9</sup>. Il più conosciuto di questi atlanti tra gli odontoiatri, è certamente quello di Albert Henry Munsell del 1905, che organizza i supporti colorati secondo tre parametri che l'Autore chiama “dimensioni del colore” – in ordine – “tinta, croma, valore”. Come si vedrà più avanti, il colore non può avere “dimensioni” perché non esiste in sé, ma essere solamente descritto tramite attributi percettivi, cioè qualità o tipo di sensazioni. Si noti che l'estrazione culturale dell'ideatore dell'atlante è artistica, in particolare, egli fu un pittore paesaggista e ritrattista e la sua opera è fondata su aspetti esclusivamente percettivi e non colorimetrici. Così il suo atlante è una rappresentazione fisica, tra diverse altre, di campioni conosciuti organizzata secondo un proprio “spazio colore”, ma a differenza degli spazi colore moderni, fondati su modelli matematici basati su dati psicofisici (valori del tristimolo) oltre che percettivi, lo spazio dell'atlante è basato esclusivamente sull'apparenza percettiva dei colori.<sup>9</sup> È evidente inoltre, non fosse altro per le finalità dell'Autore e per le conoscenze disponibili al momento della sua creazione, che l'opera di Munsell non tiene conto di tutti gli sviluppi scientifici successivi della colorimetria così come la conosciamo oggi.

Ma allora, perché in odontoiatria si continua ancora a utilizzare il termine valore e a far riferimento quasi esclusivamente all'opera di Munsell? Il motivo di questo arcaismo risiede nella convinzione diffusa – ritenuta infondata dall'Autore – che questa abbia ancora valore di attualità scientifica, quando invece ha più valore storico e didattico, essendo stata superata dalla colorimetria che si è svilup-

pata nei cento e più anni successivi alla sua creazione.<sup>15</sup> L'atlante ha i suoi pregi, ed è ancora utilizzato in alcuni ambiti, per esempio per valutare il colore della pelle o dei capelli in ambito forense o per stabilire il colore della birra in produzione industriale, ma attualmente non può essere considerato lo standard scientifico. Il termine “valore” è specifico della filosofia di Munsell, è coerente in quel contesto, ma non è più considerato dagli scienziati del colore un termine attuale e universale. Ora, si potrebbe obiettare che nell'ambito di un settore specialistico, quale quello odontoiatrico, sia concesso l'uso di termini tecnici, ma a questa obiezione si potrebbe facilmente ribattere che la terminologia ha una sua naturale evoluzione dovendo seguire quella della scienza. Inoltre il termine moderno per descrivere l'attributo del colore definito valore, esiste ed è splendidamente univoco: la “chiarezza”. Per precisione occorre dire che la traduzione italiana del termine lightness oscilla tra “chiarore” e “chiarezza”, ma recentemente sembra prevalere quest'ultima.<sup>6,9,15</sup> Purtroppo notiamo che molte, se non la totalità, delle pubblicazioni o testi odontoiatrici che si interessano o descrivono il colore, opere anche recentissime<sup>27</sup>, continuano a riferirsi ancora alla terminologia e alla filosofia di Munsell, citando solo saltuariamente la colorimetria moderna e non adeguandosi al suo glossario. Si comprende perfettamente come ciò sia frutto di una convenzione, ma se la convenzione appare storicamente e scientificamente superata, non è giunto forse il momento di creare tra gli operatori un *consensus* sulla terminologia relativa al colore basata su concetti moderni? (Fig. 10).



**Fig. 10** La definizione di chiarezza secondo l'e-ILV: "luminosità di un'area giudicata in relazione a un'area similmente illuminata e giudicata come bianca", ovvero giudizio sul grado di grigio (colore acromatico) esibito da un'area o da un oggetto. Questo attributo percettivo corrisponde – in chiave moderna – a quello che Munsell, nel secolo scorso, definì "valore".

In altri termini, sembra che troppo spesso gli odontoiatri tendano a considerare il colore come una proprietà dei denti o, in generale, come un fenomeno appartenente al mondo esterno, ma in realtà solo la causa fisica del colore appartiene al mondo esterno, mentre il colore attiene propriamente al mondo interiore delle idee. Pare quindi necessaria e urgente una revisione concettuale, che ribalti completamente l'approccio culturale degli odontoiatri alla fenomenologia del colore. Ci domandiamo: è sufficiente, è un atteggiamento scientificamente corretto, liquidare questa questione affermando "che si è sempre fatto così e non c'è motivo di cambiare"? Perseverare in imprecisioni terminologiche per comodità e consuetudine, quando utilizzare un lessico corretto renderebbe più facile e chiara la comunicazione e appropriata l'esposizione dei concetti, non è da considerarsi un atteggiamento rigorosamente scientifico. Secondo l'Autore quindi è necessario riferirsi agli standard e alla terminologia stabiliti dalla CIE,<sup>3,15</sup> così è auspicabile che nei testi moderni di odontoiatria protesica e restaurativa si iniziasse a spiegare la fenomenologia del colore sia attraverso l'illustrazione dello spazio  $L^*a^*b^*$  ovvero  $L^*c^*h^*$ , che con i termini propri della colorimetria moderna. Parimenti, come illustrato nella prima parte del presente lavoro,<sup>1</sup> è giunto probabilmente il momento di abbandonare la scala guida Classic Vitapan in favore della 3D Master, sempre della Vita. La Classic infatti non risponde a nessuno dei requisiti necessari per l'utilizzo clinico: i lavori scientifici ne dimostrano la scarsa efficacia per la sua modalità di progettazione e organizzazione assolutamente obsoleta.<sup>29-35</sup> È importante infatti notare come la Classic sia pensata e costruita proprio sui concetti e le gerarchie percettive di Munsell, non ponendo la chiarezza come primo passo decisionale, ma ordinando i campioni secondo l'ordine tinta-croma-valore quando invece oggi sappiamo che le gerarchie percettive sono esattamente opposte.<sup>1,9,10,21-23</sup>

## FISICA, PSICOFISICA E PERCEZIONE: LA VISIONE DEL COLORE

Quando utilizziamo il termine "colore" ci riferiamo a una sensazione causata in un osservatore da uno stimolo luminoso e, trattandosi di una sensazione, apparirebbe tanto soggettiva da risultare incomunicabile. Eppure già nel 1600 Isaac Newton affermava che "la scienza del colore era certa, come ogni altro aspetto dell'ottica", e infatti oggi la colorimetria definisce e descrive con precisione matematica ogni colore<sup>3,9,13-15</sup> (Fig. 17).

Come anticipato nella premessa, il linguaggio è uno strumento di rappresentazione della realtà e dei suoi fenomeni e, puntualizzare gli aspetti fisici, ottici e fisiologici che sottendono la percezione dei colori, è necessario per utilizzare con proprietà lo strumento linguistico che gli stessi fenomeni è chiamato a descrivere. La fenomenologia del colore nasce in presenza di una triade costituita da specifiche onde elettromagnetiche, materia e osservatore, per cui presenta almeno tre livelli di conoscenza, diremmo tre fasi interconnesse di comprensione. Non si potrà mai comprendere il colore se non si conoscono almeno i principi basilari di ciascuna delle tre fasi e le correlazioni causa-effetto esistenti all'interno di questa triade: fisica, psicofisica e psicologia della percezione. Inizieremo quindi ad analizzare il fenomeno colore dal punto di vista dell'ottica fisica, per poi passare a esaminare gli effetti che un'onda elettromagnetica, contenuta nello spettro visibile, provoca sul sistema visivo dell'osservatore, che è un aspetto propriamente psicofisico. Questi due livelli non sono ancora sufficienti per la comprensione piena del fenomeno colore, esiste infatti un terzo livello che è quello definito della "percezione", ovvero dei processi ideativi e cognitivi che avvengono nella mente dell'osservatore, e che in definitiva rappresentano l'essenza stessa del colore (Fig. 11).



Le onde elettromagnetiche si caratterizzano e distinguono in base alla loro lunghezza e frequenza d'onda, che sono grandezze tra loro inversamente proporzionali; l'energia associata a ciascun'onda è invece proporzionale alla sua frequenza.<sup>8,9</sup>

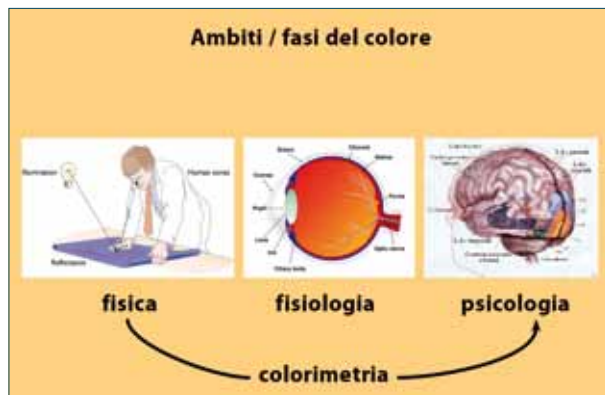
L'insieme delle bande di onde elettromagnetiche efficaci a creare una sensazione visiva costituisce il cosiddetto spettro della luce visibile, che è caratteristico di ogni determinata specie. Come tutti ricordano, la fisica quantistica insegna che le onde elettromagnetiche presentano, oltre le ovvie proprietà ondulatorie, anche proprietà corpuscolari, tali da poter pensare alla luce, oltre che come fenomeno ondulatorio, anche come flusso di particelle dette fotoni. In particolare i fenomeni legati all'emissione, all'assorbimento e all'effetto fotoelettrico sono ben spiegati dalla teoria corpuscolare, mentre quelli relativi ai fenomeni di propagazione, diffrazione e rifrazione sono ben spiegati dalla teoria ondulatoria.<sup>8,9,14-16</sup>

Una delle prime cause di ambiguità del linguaggio, è la frequente confusione e contaminazione tra i concetti fisici e quelli psicofisici: si tenga quindi sempre presente che l'ottica fisica studia i fenomeni fisici in quanto tali, mentre la psicofisica analizza gli effetti degli stessi fenomeni sugli organi sensitivi. La fotometria è così quella branca della psicofisica che misura gli effetti della radiazione visibile sull'organo della visione; la colorimetria mette in correlazione, dal punto di vista del colore, fisica, psicofisica e psicologia.<sup>9</sup>

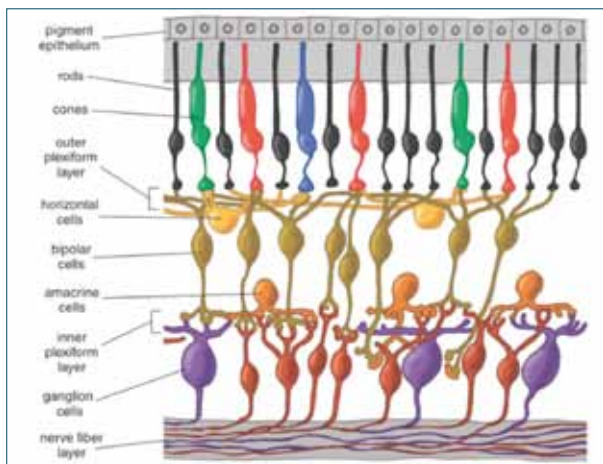
Si definisce "stimolo di colore" (Fig. 11) la radiazione visibile che raggiunge l'occhio provocando una sensazione, quindi lo stimolo di colore è energia fisica e, in quanto tale, viene descritto attraverso grandezze fisiche radiometriche. Se l'onda elettromagnetica è compresa nello spettro del visibile (stimolo di colore) e interagisce con un osservatore, si realizza la "sensazione di colore" e, a questo punto, da questa seconda prospettiva, il

flusso di fotoni non appartiene più al solo mondo della fisica, ma relazionandosi a un organo biologico e a un osservatore, entra a far parte della sfera della psicofisica. Accade cioè che le grandezze fisiche (radiometriche) vengono valutate – si dice pesate – secondo un criterio specifico, che è la curva di sensibilità media dell'occhio umano, per divenire grandezze psicofisiche (fotometriche), utili a misurare gli effetti del flusso fotonico sul sistema visivo dell'osservatore.<sup>9,13,15</sup>

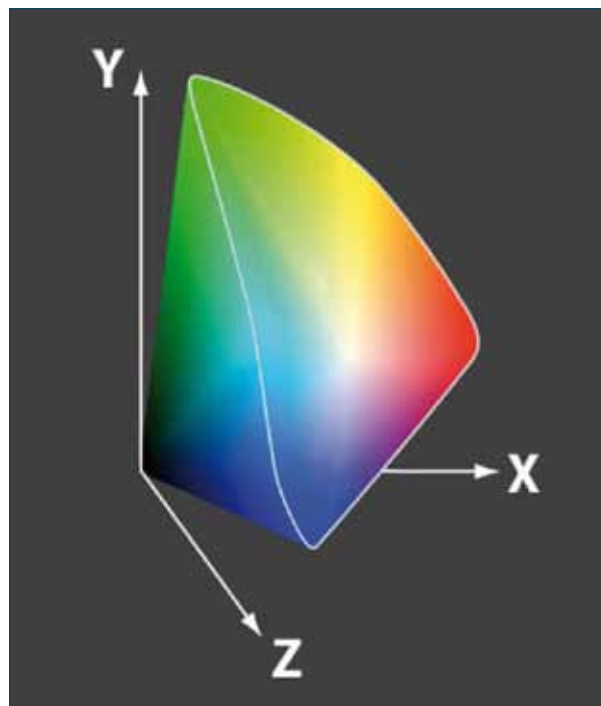
La psicofisica analizza i processi di formazione della sensazione, cercando di interpretare e proporre modelli fisiologici per spiegare i meccanismi di visione del colore, ovvero come si formano le sensazioni di colore. Nel corso degli anni ne sono stati proposti diversi, e, per la verità, ancora oggi non è tutto perfettamente chiarito, tuttavia un modello generale è oggi accettato, perché in grado di giustificare la maggior parte dei fenomeni correlati alla visione. Attualmente si ammette che la radiazione visibile che giunge all'occhio, venga elaborata dalla retina in due stadi o fasi successive, la prima costituita dall'attivazione di fotorecettori specifici, la seconda dalla codifica in segnali distinti in canali cromatici e acromatici.<sup>9,36</sup> La retina – sede anatomica di formazione dello stimolo neurale – è organo assai complesso. Spesso si pensa ai fotorecettori, coni (Long-Medium-Short) e bastoncelli, come le cellule fondamentali della retina, ma in realtà esiste un pattern cellulare (cellule bipolari, gangliari, orizzontali e amacrine) che interviene profondamente nei processi di creazione della sensazione. Nel primo stadio – appena i fotoni giungono ai fotorecettori retinici – avviene l'attivazione dei coni, cioè la trasduzione da stimolo fisico a segnale elettrico neurale. Il segnale elettromagnetico viene trasformato in segnale elettrico a modulazione di ampiezza, così che l'ampiezza del segnale elettrico stesso sia proporzionale al numero di fotoni assorbiti dai fotorecettori (Fig. 13).



**Fig. 11** La colorimetria è la scienza che mette in correlazione i fenomeni fisici, fisiologici e psicologici relativi al colore, essendo quindi per sua stessa natura una branca multidisciplinare.



**Fig. 12** Una rappresentazione schematica della struttura della retina: i fotorecettori (coni e bastoncelli) sono responsabili della trasduzione da flusso fotonico a segnale elettrico neurale; le cellule bipolari, orizzontali, amacrine e gangliari presiedono all'elaborazione dei segnali originati dai fotorecettori, trasformandoli in segnali codificati secondo tre canali neurali, uno acromatico due cromatici relativi a coppie oppponenti di colore: verde-rosso e giallo blu.



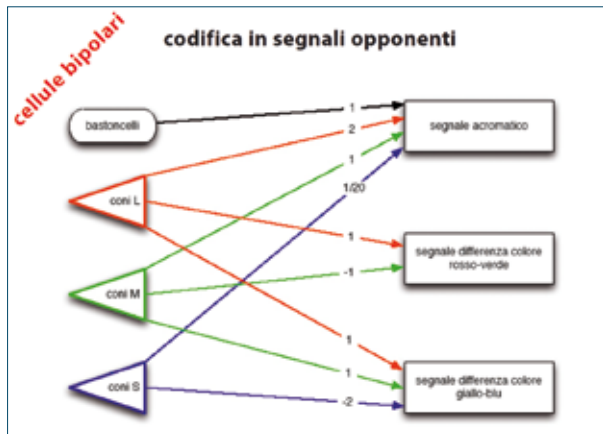
**Fig. 13** Una rappresentazione grafica dello spazio CIE XYZ 1931; il limite di questo spazio è la non uniformità, cioè la differenza tra due colori non è proporzionale alla loro distanza all'interno dello stesso spazio, per cui è necessario ricorrere ad altri spazi colorimetrici (CIE L\*a\*b\* 1976) per superare questo limite.

È dalla sinergia tra le informazioni dei diversi tipi di coni (Long, Medium e Short -LMS), e bastoncelli, che l'organo ricava l'informazione sul colore e sulla luminanza. Poiché i coni sono di tre tipi, il risultato della loro attivazione, sintetizzato come unico segnale neurale, sarà rappresentato da una terna di valori di attivazione, detti "valori del tristimolo". L'attivazione dei coni è un aspetto fondamentale per comprendere la colorimetria, è stato infatti dimostrato sperimentalmente che a eguali stimoli di colore (realtà fisica), corrispondono eguali attivazioni dei coni (realtà psicofisica), e quindi eguali sensazioni visive. La terna dei valori del tristimolo è così idonea a rappresentare un colore in modo biunivoco, cioè uno a uno: una terna di valori = una sensazione (teoria tricromatica di Young-Helmoltz)<sup>9,14,15</sup> (Figg. 16, 17). La terna dei valori del tristimolo, proprio perché definisce esattamente e univocamente ogni sensazione di colore, è alla base della costruzione dello spazio del tristimolo LMS, detto anche fondamentale. Da questo derivano gli altri spazi colorimetrici, come quello XYZ definito dalla CIE nel 1931<sup>15</sup> e ancora oggi utilizzato come spazio di connessione dei profili di periferica (Fig. 13).

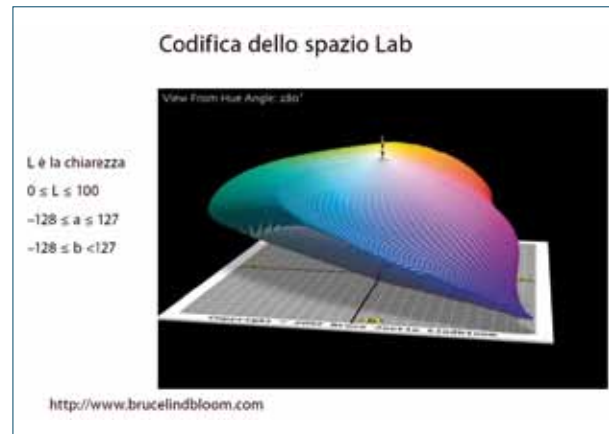
Questo spazio XYZ ha però un limite: non è lineare e percettivamente uniforme, cioè all'interno di questo

modello spaziale-matematico di rappresentazione dei colori visibili, la distanza tra due punti, cioè tra due colori, non è esattamente proporzionale alla loro differenza percettiva. Questo accade per i fenomeni che si svolgono nel secondo stadio della formazione della sensazione visiva, a opera delle cellule della retina correlate ma distinte dai fotorecettori, come spiegato dalla teoria delle tinte oppponenti di Hering. In particolare avviene che i segnali provenienti dai fotorecettori vengono successivamente elaborati e organizzati in "pacchetti di segnali" che afferiscono attraverso tre distinti canali: uno acromatico e relativo alla luminosità (bianco-nero), gli altri due cromatici e relativi a due coppie di tinte uniche (rosso-verde, giallo-blu). La teoria di Hering – in larga parte confermata sperimentalmente – dà ragione di come si possa riprodurre ogni colore visibile utilizzando solo tre misurazioni, che identificano un punto su tre assi coordinati relativi al giallo-blu, rosso-verde, bianco-nero<sup>15,36</sup> (Fig. 14).

Il problema della non uniformità dello spazio XYZ e la validazione della teoria di Hering, ha indotto la CIE a costruire un nuovo spazio, l'L\*a\*b\*, percettivamente uniforme e costruito appunto sui concetti dei tre assi coordinati di chiarezza e tinte uniche oppponenti, all'in-



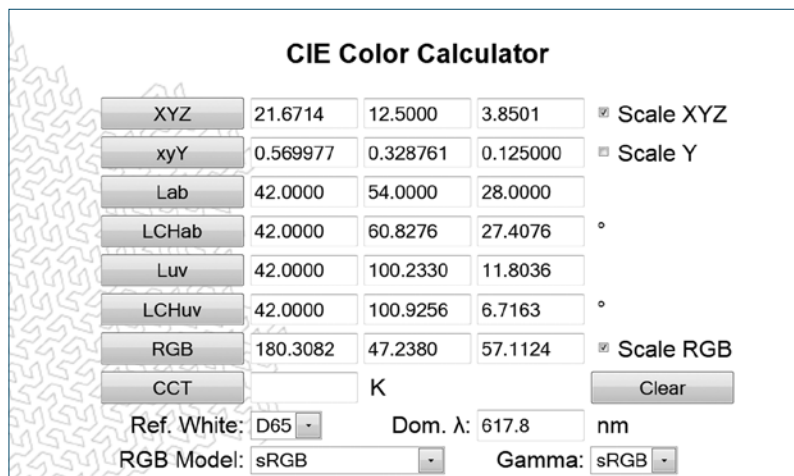
**Fig. 14** Una rappresentazione di come i segnali dei fotorecettori vengono elaborati per essere avviati a tre canali sensitivi – uno acromatico e due cromatici – come teorizzato da Hering.



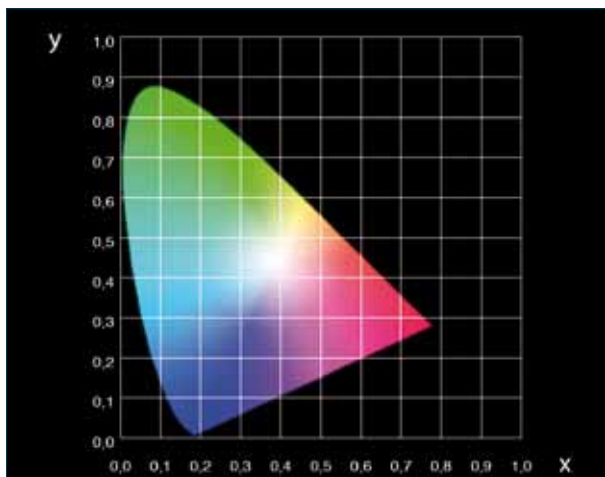
**Fig. 15** Una rappresentazione dello spazio  $L^*a^*b^*$ , percettivamente uniforme, e idoneo a rappresentare tutti i colori visibili tramite tre valori, relativi alla chiarezza ( $L^*$ ) e ai due assi  $a^*$  (rosso-verde) e  $b^*$  (giallo-blu). Tratto dal sito di B. Lindbloom (<http://www.bruceindbloom.com/>)



**Fig. 16** Ogni colore è rappresentato precisamente da tre valori, essi possono essere quelli fondamentali dello spazio di attivazione dei coni (LMS), quelli dello spazio CIE XYZ 1931, oppure quelli dello spazio  $L^*a^*b^*$  o  $L^*c^*h$  come in figura. Così il colore nella colonna di sinistra è identificato precisamente da tre valori  $L^*a^*b^*$ : 42-54-28, se si considerano coordinate ortogonali; nel sistema  $L^*C^*h$  il medesimo colore è identificato dallo stesso valore di chiarezza  $L^*$ , da un valore numerico lineare relativo alla croma e da uno angolare relativo alla tinta.



**Fig. 17** Poiché ogni colore è rappresentato precisamente da una terna numerica, è possibile passare da un sistema di riferimento a un altro attraverso operazioni matematiche o appositi software di calcolo. Così possiamo conoscere le coordinate espresse in XYZ o in altre scale dello stesso colore con  $L^*a^*b^*$  42-54-28 identificato nella figura 16. Tratto dal sito di B. Lindbloom (<http://www.bruceindbloom.com/>).



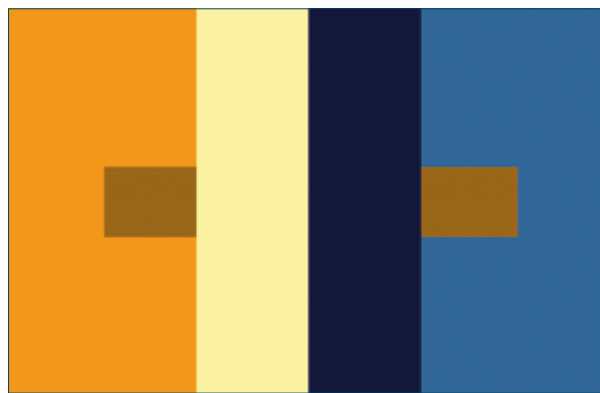
**Fig. 18** Il diagramma di cromaticità viene ottenuto dallo spazio XYZ neutralizzando la luminanza e perdendo così la dimensione della profondità. È utile per una percezione immediata della cromaticità e per comprendere i gamut di una periferica, che verranno visualizzati come poligoni all'interno dello stesso diagramma.

terno del quale la distanza tra due punti (due colori) rappresenta perfettamente la differenza percettiva (Fig. 15).

Dallo spazio XYZ è stato poi costruito, semplicemente neutralizzando la luminosità, ponendo cioè il valore di chiarezza a un valore mediano perdendo così la terza dimensione, quella della profondità, il diagramma di cromaticità, che è una rappresentazione dell'insieme dei colori visibili, utile per visualizzare, per esempio, i gamut di periferica (Fig. 18).

La terza fase della fenomenologia del colore, successiva a quella fisica e psicofisica, è quella della percezione. La percezione del colore è un fenomeno complesso frutto di una elaborazione mentale superiore operata dal cervello che interpreta i segnali psicofisici, alla luce anche dell'esperienza e dell'emotività, trasformandoli appunto in percezione, ovvero in colore percepito. Questa distinzione è fondamentale, poiché siamo costantemente immersi – attraverso i nostri sensi – in un universo percettivo, dove spessissimo il colore psicofisico non coincide con quello percepito a causa della variabilità del contesto. Infatti la colorimetria sottolinea e precisa sempre le condizioni di visione di un colore, ovvero se il colore sia isolato o posto in un contesto che ne influenza la percezione (color related-unrelated)<sup>9,13-16</sup> (Fig. 19).

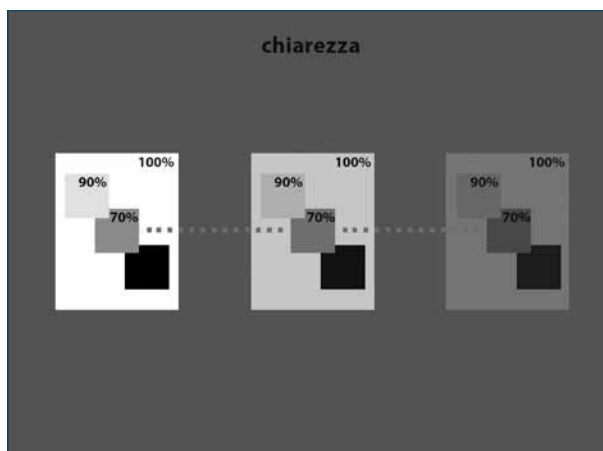
Nella psicologia della percezione non esistono più grandezze misurabili, come in radio e fotometria, ma aggettivi utili a descrivere sensazioni (colore tenue, chiaro, scuro, brillante, vivo, pallido eccetera) e grandezze adimensionali scalate secondo criteri percettivi, che ci fanno per esempio dire che il bianco è l'oppo-



**Fig. 19** Il fenomeno di Albers: i rettangoli marrone all'interno delle bande verticali esterne sono di colore identico, ma la loro percezione, a causa del contesto, è assolutamente diversa. Questo è il motivo per cui è necessario isolare i denti dal contesto – tramite un adeguato rapporto d'ingrandimento – per effettuare la diagnosi dei colori.

sto del nero e che tra questi due estremi esistono "tot" gradazioni di grigio. È importante sottolineare che la conoscenza della psicologia è utile per comprendere il valore percettivo dei diversi fattori che concorrono alla creazione dell'idea di colore. Così è stato stabilito che è di gran lunga più importante per il sistema visivo discernere la chiarezza – brillantezza relativa di un oggetto confrontato con un altro considerato bianco – piuttosto che la brillantezza assoluta. In questo momento chi legge sta valutando la differenza di chiarezza tra le lettere meno chiare e il fondo più chiaro della pagina, questo foglio potrebbe essere letto in piena luce del giorno o all'imbrunire – condizioni opposte di brillantezza assoluta – e risultare sempre leggibile allo stesso modo. Ecco, questo è esattamente il motivo per il quale il nostro sistema visivo/percettivo si è evoluto privilegiando la discriminazione della chiarezza: la possibilità di distinguere l'ambiente circostante a prescindere dalla brillantezza assoluta delle cose, ma valutando principalmente i rapporti relativi di brillantezza (chiarezza) esistenti tra esse<sup>18,19</sup> (Fig. 20).

I concetti appena descritti sono alla base del protocollo di acquisizione delle immagini cliniche proposto nella prima parte del presente lavoro: fotografia in scala di grigi per la valutazione della chiarezza, isolamento del dente dal contesto attraverso un corretto rapporto d'ingrandimento (prima regola dell'ortografia delle immagini), e dallo sfondo tramite l'utilizzo di un neutro. Quindi, attraverso la serie di foto proposte nel protocollo EBDP desideriamo registrare il colore psicofisico,



**Fig. 20** Variando la brillantezza – da sinistra a destra – fra i tre gruppi di quadrati, la chiarezza all'interno di uno stesso gruppo non varia. La percezione della chiarezza è quindi a prescindere dalla brillantezza, per ottenere la possibilità di discriminare in ogni condizione di brillantezza i volumi e le forme.

ovvero il più possibile isolato dal contesto, mentre con le foto tradizionali esploriamo e conosciamo il valore percettivo, mentale, della stessa sensazione.<sup>1</sup> La colorimetria moderna dunque si pone come ideale anello di congiunzione non solo tra il mondo della fisica e quello della psicofisica, ma anche tra questi e l'universo della percezione. Secondo l'Autore è esattamente per questi fatti che l'utilizzo esclusivo – senza immagini fotografiche – di uno spettrofotometro per uso dentale diminuisce grandemente la possibilità di ottenere un restauro percettivamente indistinguibile. Infatti gli spettrofotometri forniscono informazioni abbastanza precise su un colore psicofisico, non potendo restituire un colore percepito e arricchito con le informazioni sul contesto, come solo un'immagine fotografica può dare. Lavori recentissimi sottolineano inoltre come i valori colorimetrici forniti dagli spettrofotometri per uso dentale, non sono coerenti con le misurazioni fornite da spettrofotometri ad altissima precisione.<sup>17</sup> Concludendo questa disamina, crediamo di avere sufficientemente analizzato e illustrato sia concetti fisici che quelli propri della colorimetria necessari per utilizzare la terminologia in modo consapevole e non ambiguo.<sup>1,2,9</sup>

## LA MODERNA TERMINOLOGIA DEL COLORE

Desiderando uniformare il glossario odontoiatrico relativo al colore a quello specialistico, proponiamo una descrizione dei termini attualmente considerati appropriati dalla colorimetria. Gli aspetti e la terminologia relativi all'ottica fisica e alla psicofisica sono già stati accennati, ora è necessario esaminare gli aspetti più propriamente percettivi, relativi cioè all'ideazione del colore. L'idea del colore è la forma che si compone nella

mente dell'osservatore, ed è il frutto dell'interazione tra stimolo di colore (onda e.m. – realtà fisica), stimolazione dei fotorecettori (sensazione – realtà psicofisica) e processi mentali dell'osservatore (memoria, emotività, affettività) che utilizza le prime due componenti per crearsi l'idea del colore (percezione – realtà psicologica).<sup>9,19</sup> Per comprendere pienamente la percezione, occorre scomporre la percezione stessa nei suoi elementi costitutivi, analogamente a quanto proposto da Munsell, ma in chiave moderna e scientifica. Prima di analizzare gli elementi della percezione del colore, occorre ricordare che alcuni Autori nel tempo hanno proposto modelli di interpretazione dei colori dentali che riconoscevano l'esistenza di ulteriori "dimensioni", dovute a pigmenti, opalescenze, intensivi e caratterizzazioni. Quest'approccio rischia però di complicare e confondere ulteriormente la materia, poiché i pigmenti non sono una dimensione del colore, ma solo composti chimici che influenzano l'assorbimento selettivo della luce modificando così la percezione della luce riflessa. Quindi i pigmenti non appartengono precisamente, pur influenzandolo, al mondo del colore, ma a quello della chimica e, infatti, si definiscono *colori chimici* (ovvero coloranti chimici). Le opalescenze, gli intensivi e le caratterizzazioni sono invece elementi strutturali della materia, la cui interazione con i raggi luminosi crea fenomeni ottici d'interferenza, rifrazione e diffrazione che vengono percepiti e contribuiscono all'ideazione del colore e si definiscono *colori strutturali* (ovvero coloranti strutturali).<sup>9,37,38</sup> La percezione si può analizzare e riconoscere attraverso i cosiddetti attributi percettivi, che sono correlati precisamente ai fenomeni psicofisici. Gli attributi percettivi essendo categorie mentali non sono misurabili in senso stretto, ma rappresentabili con aggettivi, e sono distinti in assoluti (brillantezza, tinta, pienezza) e relativi (chiarezza, croma, saturazione).<sup>9,13-16</sup>





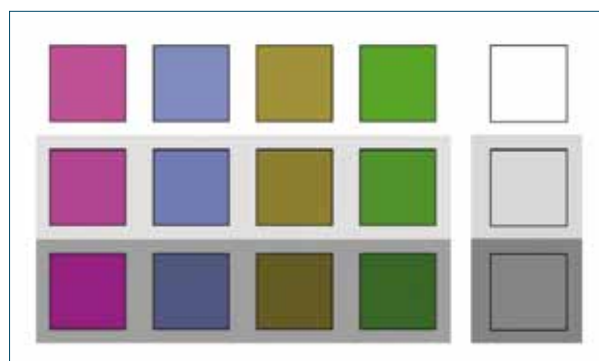
**Fig. 21** In questa figura la quantità di luce percepita – la brillantezza – diminuisce da sinistra a destra.



**Fig. 23** Il concetto di pienezza: è la quantità di tinta esibita da un'area in modo assoluto, cioè in dipendenza dalla brillantezza dell'area stessa.



**Fig. 22** La tinta è la qualità o tipo di colore. Può essere presente – colori cromatici – o assente – colori acromatici: bianco, nero e grigio.



**Fig. 24** In questa figura diminuisce la pienezza del colore dei quadrati dal basso all'alto, ma i rapporti di croma rimangono costanti, perché il nostro sistema visivo scarta le differenze di brillantezza. Possiamo anche dire che la croma è la pienezza di un colore considerata rispetto a un'area illuminata allo stesso modo e considerata bianca.

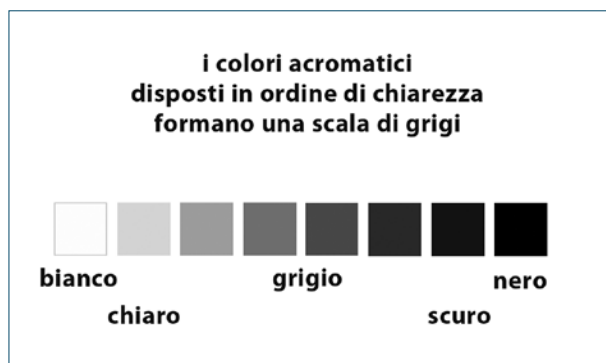
Evidenziamo subito che non tutti questi attributi percettivi hanno per noi uguale importanza, infatti alcuni sono specifici di modalità di visione del colore che non riguardano la nostra realtà clinica, altri hanno più valore conoscitivo che pratico. Bisogna infatti ricordare che il nostro sistema percettivo gode di alcune peculiarità – nate per facilitare all'osservatore la lettura dell'ambiente circostante – che influenzano grandemente la percezione, per esempio il fenomeno della “costanza di chiarezza”.<sup>19</sup> Analizziamo brevemente gli attributi percettivi: la brillantezza (Brightness) è la percezione dell'intensità di luce emessa da un'area, cioè il giudizio sulla quantità assoluta di luce, ciò che genericamente viene detta luminosità (e-ILV: Brightness = attribute of a visual sensation according to which an area appears to emit more or less light)<sup>6,11</sup> (Fig. 21).

La Tinta (Hue) esprime la qualità ovvero il tipo di colore: giallo, rosso, blu etc. (e-ILV: Hue= attribute of a visual sensation according to which an area appears to be similar to one of the perceived colours, red, yellow,

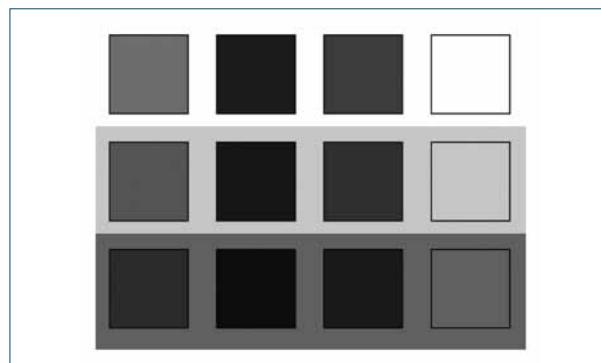
green, and blue, or to a combination of two of them)<sup>6,11</sup> (Fig. 22).

La pienezza (e-ILV: Colourfulness= attribute of a visual perception according to which the perceived colour of an area appears to be more or less chromatic)<sup>6,11</sup> è la percezione della quantità di tinta esibita da un'area, ed è una qualità legata alla brillantezza, cioè al livello d'illuminazione; al crescere della brillantezza cresce anche la sensazione di pienezza della tinta: una rosa in pieno sole esibisce un colore rosso che al tramonto apparirà meno pieno e intenso. La brillantezza e la pienezza sono attributi assoluti, nel senso che sono espressione della quantità assoluta, cioè presa in sé ovvero prescindendo da ogni tipo di confronto, di luminanza o tinta (Fig. 23).

Gli attributi percettivi si dicono relativi quando non sono riferiti alla quantità assoluta di luce o tinta emessa da un'area, ma alla relazione, al confronto tra luminanza emessa o la tinta esibita da un'area specifica e quelle attribuite a un'area di riferimento (bianca per esempio) illuminata allo stesso modo.<sup>9,19</sup> Derivata dalla pienezza



**Fig. 25** La chiarezza nasce dal confronto tra la brillantezza di un'area e quella di un'altra illuminata allo stesso modo e giudicata come bianca. In pratica valuta l'intensità del colore acromatico (grigio) presente in un'area, e si giudica perciò su una scala di grigi che va dal nero al bianco.



**Fig. 26** In questa figura la brillantezza (e la chiarezza dei quadrati rispetto allo sfondo generale) diminuiscono dall'alto al basso, ma i rapporti di chiarezza tra i diversi quadrati disposti in orizzontale rimangono costanti, poiché la chiarezza è la brillantezza giudicata in relazione al quadrato bianco illuminato allo stesso modo.

è la croma, ovvero la pienezza relativa, cioè considerata scartando le differenze di illuminazione (Fig. 24).

Per l'osservatore, molto più significative della brillantezza e della pienezza sono la chiarezza e la croma, perché questi attributi percettivi consentono una migliore discriminazione delle forme e degli oggetti, e quindi dell'ambiente circostante. La chiarezza è la percezione della brillantezza di un'area, paragonata a un'area illuminata allo stesso modo e giudicata come bianca; è un attributo relativo perché nasce dal confronto con una certa idea di bianco, ed è svincolato dalla quantità assoluta di illuminazione cioè dalla brillantezza (Figg. 10, 25)

Per capire: un corvo di colore nero sulla neve bianca in pieno sole ha chiarezza minima rispetto alla neve che invece ha chiarezza massima (diremo infatti che la neve è bianca e il corvo nero); di sera, variando totalmente le condizioni di brillantezza – luminosità assoluta – il corvo apparirà sempre di un colore nero di minima chiarezza e la neve sempre di colore bianco di massima chiarezza, anche se probabilmente la brillantezza della neve di sera è inferiore a quella del corvo in pieno sole. Questo descritto è il fenomeno della costanza della chiarezza e si basa sull'indiscusso principio che il nostro sistema visivo è più portato a giudicare la chiarezza piuttosto che la brillantezza.<sup>18,19</sup>

Detto in altri termini, il sistema visivo nel giudicare l'ambiente circostante scarta le differenze quantitative di brillantezza, riferendosi invece, per il giudizio percettivo, alla brillantezza relativa a un'area giudicata come bianca, ovvero alla chiarezza. Dobbiamo ricordare che il nostro sistema visivo lavora secondo due canali distinti: quello acromatico – più importante – e quello cromatico. Le informazioni del canale acromatico, quello della chiarezza, permettono la precisa valutazione delle forme e della

spazialità, mentre quelle del cromatico, relativo a croma e tinta, forniscono informazioni aggiuntive, preziose per l'uomo moderno, ma meno importanti ai fini della sopravvivenza della specie<sup>19-23</sup> (Fig. 26).

## CONCLUSIONI

In definitiva gli attributi percettivi fondamentali per il clinico, quelli che in ambito Munsell si definivano "dimensioni del colore", ma che attualmente per lo scienziato del colore e per l'odontoiatra devono essere "attributi percettivi", sono – in ordine gerarchico d'importanza – la chiarezza, la croma e la tinta. Questi attributi sono ben rappresentati – senza ambiguità – attraverso lo spazio colore  $L^*a^*b^*$  CIE 1976<sup>15</sup>, e a questo sistema di organizzazione dei colori, o a un suo equivalente, sarebbe opportuno riferirsi. Allo stesso modo si auspica che si abbandonino le dizioni "shade", "shade taking", "shade matching", "presa o scelta del colore", "luminosità o valore dei denti" a favore di quelle stabilite dalla colorimetria e dal suo glossario.

Come si è potuto notare leggendo il presente articolo e le sue due parti precedenti, l'applicazione della fotografia digitale per la diagnosi dei colori in odontoiatria è argomento assai complesso. La complessità deriva dalla necessità di conoscere aspetti tecnici e scientifici a volte distanti dalla nostra pratica clinica, ma le conoscenze interdisciplinari rendono maggiormente consapevoli e quindi più autonomi. Il gold standard professionale è rappresentato dalla possibilità di impiegare tutte le conoscenze più attuali e veritiere disponibili – ancorché distanti dalla nostra disciplina – per migliorare l'efficacia e la qualità della clinica.

È ovvio che nel campo dell'estetica dentale esista un'enorme componente "artigianale e artistica", per cui un team protesico può creare manufatti eccellenti senza conoscere nei dettagli la fenomenologia del colore, ma è altrettanto vero che solo una chiara conoscenza scientifica – sia teorica sia degli strumenti – può fornire all'odontoiatra generico la possibilità di raggiungere l'eccellenza. Questo è esattamente il significato profondo del presente lavoro: offrire a tutti – si spera in modo chiaro ed esauriente – la possibilità di utilizzare lo strumento fotografico per migliorare sempre più la propria attività clinica. Questo è anche il motivo per il quale l'Autore ha scelto di definire questa filosofia operativa "Evidence Based Dentistry Photography", rimarcando cioè il fatto che la fotografia applicata all'odontoiatria deve essere basata su evidenze scientifiche multidisciplinari, e non principalmente su aspetti estetici, come usualmente è avvenuto.<sup>1</sup> La fotografia è divenuta così occasione per approfondire concetti relativi alla diagnosi clinica dei colori, al linguaggio e alla colorimetria, ma anche alla gestione informatica del workflow e dell'intero patrimonio digitale. Concludendo, crediamo tuttavia sia sempre necessaria una visione "olistica" che sappia coniugare i diversi aspetti scientifici multidisciplinari con la pratica clinica, per evitare tentazioni tecnocratiche – frequenti a causa dei progressi vorticosi – e sempre porre il paziente e la soddisfazione dei suoi bisogni al centro del nostro interesse.

## RINGRAZIAMENTI

L'Autore ringrazia il Dr. Mauro Boscarol per la preziosa consulenza scientifica sui diversi aspetti della colorimetria e per la gentile concessione delle figure 11-14; 16,18-26. Si Ringrazia inoltre Bruce Lindbloom per la gentile concessione delle figure 15 e 17.

## BIBLIOGRAFIA

- Loiacono P. La fotografia digitale per la diagnosi dei colori in odontoiatria estetica. Parte prima; Quint. Intern. 2012(28);3:93-113.
- Loiacono P, Molina B. La fotografia digitale per la diagnosi dei colori in odontoiatria estetica. Parte seconda. Quint. Intern. 2012(28);4:83-101.
- Atti di Colorimetria 1998 della Società Italiana di Ottica e Fotonica. Gruppo di Lavoro in Colorimetria e Reflectoscopia. a cura di Claudio Oleari
- CIE, Central Bureau, Kegelgasse 27, A- 1030, Wien, Austria.
- CIE 17.4: 1987 International Lighting Vocabulary
- <http://eiv.cie.co.at/>
- Dizionario Garzanti della Lingua Italiana; Aldo Garzanti Editore Milano 1972.
- Williams CS, Becklund OA, Optics. A short Course for Engineers and Scientist, Wiley, New York, 1972.
- Oleari C. Misurare il colore: Fisiologia della visione a colori. Hoepli 2008 Milano.
- Loiacono P, Pascoletti L. Photography in Dentistry. Quintessence Publishing Co. Chicago 2012.
- <http://www.electropedia.org/>
- Chu SJ, Devigus A, Mielezsko A. Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry; Quintessence Publishing Co. Chicago, IL 2004.
- Hunt RWG. Measuring Colour, Ellis Horwood, New York 1991.
- Wyszecky G, Stiles WS. Color Science, John Wiley & Sons, New York, 1982.
- CIE Publication n. 15: 2004, Colorimetry 3rd ed. CIE Central Bureau, Kegelgasse 27, A- 1030, Wien, Austria.
- Kuehni RG. Color, An introduction to Practice and Principles, Wiley New York 1997.
- Lehmann KM, Devigus A, Iguel C et al. I dispositivi per la misurazione del colore sono conformi a CIE? European Journal of Esthetic Dentistry autumn 2012;3(7):346-355.
- Gilchrist A, Seeing black and white, Oxford University Press, 2006.
- Paola Bressan, The place of white in a world of grays, Psychological Review, 2006;13:526-553.
- Touati B. Esthetic Dentistry and Ceramic Restorations, Martin Dunitz Ltd, London 1999.
- Lombardi RE. The principles of visual perception and their clinical application to denture esthetics. J Prosthet Dent 1973;29:358-382.
- 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.
- Fradeani M. Prosthetic Treatment: A Systematic Approach to Esthetic, Biologic, and functional Integration- Volume 2. Quintessence Publishing, Chicago 2008.
- Ubassy G. Shape and color, The key to successful ceramic restorations: Basic terms of the phenomenon of color, Quintessence publishing Co. Chicago, 1993.
- Preston J, Bergen S. Color Science and Dental Art, CV Mosby Co., St. Louis 1980.
- Magne P, Belser U. Bonded Porcelain Restorations In The Anterior Dentition, A Biomimetic Approach Quintessence Publishing Co IL 2002.
- Manauta J, Salat A. Layers, An Atlas of Composite Resin. Stratification Quintessenza Edizioni 2012 Milano.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. J Dent. 2009;37(1):e15-20. Epub 2009 Mar 28.
- 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.
- Mullen KT. The contrast sensitivity of human colour vision to red-green and blue-yellow chromatic gratings. J. Physiology 1985;359:381-400.
- Baratieri LN, Araujo EM, Monteiro S. Composite Restorations in Anterior Teeth: Fundamentals and Possibilities. Quintessence Publishing, São Paulo 2005.
- Vanini L, Mangani F. The five colour dimensions of the teeth: a new way of determination and communication of the colour in composite resin restorations. Practical Periodontology and Aesthetic Dentistry, 2001;1(13):19-26.
- Muia P. The four dimensional tooth color sistem. Quintessence Publishing Co. Chicago 1982.