

UDC: 616.314-07:77

DOI: 10.2298/SGS1403149D

# Depth of Field in Dental Photography and Methods for Its Control

Zlatomir Dukić

Faculty of Dental Medicine, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

## SUMMARY

The emergence of photographs has been a milestone in the development of society by making life richer and more comprehensive. Dental photography as part of clinical medical photography plays a role primarily as a document, but also as a tool for educating students and continuing education of dentists. The aim of this paper is to present possible applications of traditional and digital photography in dentistry at the present stage of technological development. Dental photography requires some knowledge and equipment to obtain quality images of intraoral structures. The control of depth of field (DOF) is one of the important factors for successful dental photography. DOF can be controlled by changing relative aperture, using special lenses with decentering to achieve the effect of Scheimpflug's principle as well as the use of specialized software which uses series of images with selective focus to form a composite picture. Special significance of dental photography is documentation and ability to record maximum information in conditions that can be repeated. Standardization of conditions during recording oral cavity, adequate storage and archiving of dental photographs are also important prerequisites for quality and useful photography.

**Keywords:** dental photography; depth of field; relative aperture; hyperfocal distance; Scheimpflug's principle

## INTRODUCTION

It would be hard to imagine any aspect of our existence not related to photography. A history of almost two centuries represents a milestone in the development of society by making life richer and more comprehensive. Photography has influenced consciousness in a way that the expression "one picture is worth a thousand words" is accepted as an obvious fact. Photography has now penetrated into all aspects of life by providing new facts and knowledge in the fields of science, medicine, industry, communications and arts. The photographer is present everywhere around us making photos of everything and everyone whereas the number of pictures taken per day exceeds the current number of people on Earth. This photography obsession is based on its magic attractive to all people: defiance of time and transience. Currently recorded scenes by photographs remain as lasting proof of existence. Therefore, camera has become one of the most widely used devices by great number of people both for amateur or professional purposes [1].

Dental photography as the part of clinical medical photography has a role primarily as a document but also in education of students and continuing education of dentists. Certainly a role of photography in the marketing of dental equipment and materials should not be forgotten.

Dental photography has become a powerful tool in the presentation of treatment plan to patients. Good photographic presentation and effective communication makes easier for patients to understand the procedure and need for it. Rich and well maintained photo archive

allows clinicians to present to patients similar previously solved cases but also to provide high level of professional competence [2].

Today's photography offers two alternatives: 1) classical photography, that uses film as image carrier and requires laboratory processing; and 2) digital photography, where an image is created electronically and it is immediately ready for reproduction. Digital photography in today's technological development has reached all characteristics of classical photography (quantity of visual information on a single image, contrast and color reproduction) whereas in some (possibility of storage per unit) it has even overcome classical. Unlike classical image that is realistic after film processing, digital image is encrypted and only exists in the form of ones and zeros in electronic memory, or magnetic or optical media. To make digital image visible additional devices must be used: a camera itself that has a small LCD screen for viewing already captured images, a TV or video projector or computer monitor screen attached to the camera. It should be noted that in all three cases the image is shown in its reduced form, because none of these displays can reproduce a full resolution photos. To be seen in its full resolution it is necessary to print the image on the paper in an adequate format (6 Mpx photo should be increased to the size 18×24 cm).

## ADVANTAGES OF DIGITAL PHOTOGRAPHY

The advantage of digital photography is not in its photographic quality but in immediate availability for user,



**Figure 1.** Cross section of modern macro lens  
**Slika 1.** Poprečni presek savremenog makro objektiva

and possibility to be printed, stored, copied or e-mailed anywhere in the world. Also, it is possible to immediately eliminate errors, delete unsuccessful images and repeat process until successful photo is achieved.

For any keen photographer classical or digital, in addition to adequate equipment it is necessary to have some basic knowledge in the field of technology of images which include the use of proper technique, knowledge of basics geometrical optics, illumination, photographic materials and processes as well as basic understanding of contour, shape, color, texture and composition.

Camera is mechanical-opto-electronic device for recording real static images on photographic film or electronic sensor. For dental photography the most appropriate camera is small 35 mm camera with reflex viewfinder and ability to change lenses for classical camera or resolution of 6 Megapixels or more for digital camera. These devices are relatively small, easy to use and adaptable to various recordings. The quality of recordings is such that it allows increasing the quality up to A4 as well as for all types of presentations.

The basic parts of camera are: housing, viewfinder, shutter and lens. Housing has a role to connect all parts to a whole and provide light-tight space where film or photosensitive sensor is. Viewfinder is used to determine desired cut-out and correct focus. The role of shutter is to let light pass through the lens at the time of exposure. Lens has optical and mechanical assembly responsible for creating a real character of object. Its design and characteristics influence the appearance and quality of images (Figure 1).

Basic characteristics of lens are represented with two parameters: focal length of lens and luminous intensity. Focal length affects the size of object and vision angle. As the length is smaller, smaller is the size of object while the vision angle increased [3].

Luminous intensity of lens is the quotient of the values of focal length and diameter of the largest diaphragm aperture (iris).

$$\frac{1}{f} = \frac{D}{F}$$

D = diameter at maximum aperture; F = focal length;  
f = luminous intensity

As this number is smaller more light can pass through the lens at its maximum diaphragm aperture and such lenses are considered as strong. Diaphragm diameter is variable and regulates illumination of the focal plane surface in order to obtain correct exposure values. If the hole diameter is reduced by the value  $\sqrt{2}$  the area is halved and therefore the brightness of focal plane is cut in half. For that reason, the scale on the ring for the control of diaphragm aperture is presented as numbers with geometrical progression and quotient  $\sqrt{2}$  (1.4 2 2.8 4 5.6 8 11 16 22 ...). These values of diaphragm aperture are called relative lens aperture and represent the same illumination of the focal plane for lenses of different focal lengths (higher the focal length greater the geometric diaphragm aperture).

Besides the role in regulating illumination of focal plane relative aperture affects the focus field on the axis of the lens. For each value of relative aperture there is a value of hyperfocal distance which represents the distance from the lens to the focal plane with sharply reproduced all objects that are in the field that extends from half the value of hyperfocal distance to very distant objects in the broads which distance from lens is showed as sign  $\infty$ .

$$H = \frac{F^2}{f \times Cc}$$

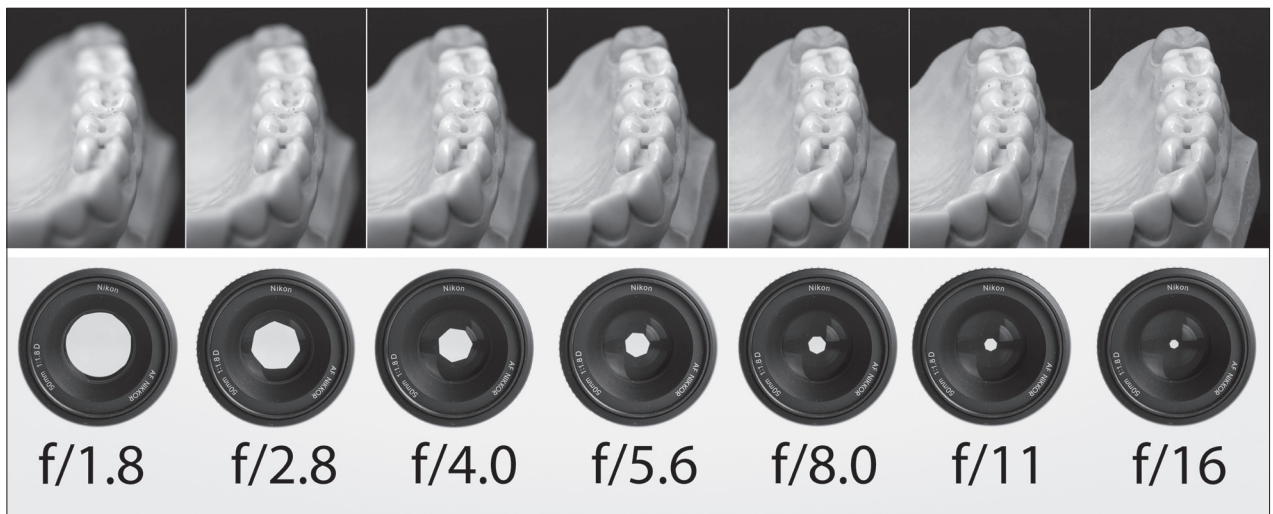
H = hyperfocal distance; F = focal length; Cc = dissipation circle (0.025 mm)

The ratio of the size of real object and formed object is called scale mapping. Changing the distance between lens and focal plane, depending on the proportions, is achieved by moving lens because the place of object formation cannot be changed in relation to camera body and is determined by the position of a film strip or photosensitive chip. This change is called extractor and with standard lens it is maximally 1/7 of focal length. Lenses that have greater extension, even up to one focal length, are called Macro Lenses and are used for taking photos of close objects. Dental photography belongs to this category where photos are taken in ratio between 1:10 and 1:1 [4].

## IMAGE SHARPNESS

One of the main problems when taking photos using Macro is reduced depth of focus, which determines the field of sharp images along the lens axis. Sharp image considers an image of size 20x25 cm observed from a distance of 25 cm with visible detail of 0.2 mm. This means that in the original negative or chip that value should be lower for magnification factor, which in this case is 8 times (40 lines per mm or 0,025 mm). This value is called circle of dissipation. If details of recorded object are reproduced with greater dimension magnified image is seen as blurred.

There are three main parameters that influence field of depth (FOD): scale mapping i.e. distance to the observed object, lens focal length and relative aperture. Focal length is determined by the structure of lens, distance to the object provides desired opening therefore relative aperture



**Figure 2.** Change of field of depth depending on relative aperture  
**Slika 2.** Promena polja oštine u dubinu u zavisnosti od relativnog otvora

changes remain the only option to control FOD. Smaller relative aperture provides greater field FOD (Figure 2) [5].

FOD can be calculated by the following formula:

$$\text{FOD} = \text{DF} - \text{DN}$$

$$\text{DF} = \frac{F^2}{H - (S - F)} \quad \text{DN} = \frac{H \times S}{H + (S - F)}$$

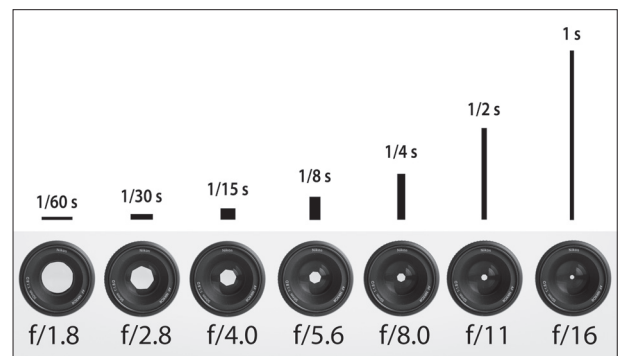
DF = distance from camera to the furthest point of sharpness; DN = distance from camera to the nearest point of sharpness; H = hyperfocal distance; S = distance from camera to the observed object; F = focal distance of lens

There are tables for FOD for lenses of various focal distances. For controlling FOD by changing relative aperture it is important to understand that reducing diaphragm aperture affects the exposure. If relative aperture is reduced to 32 for lens of luminous intensity 1:2, it releases 128 times less light compared to the maximum aperture. This means that it is necessary to extend the time of exposure or to use 128 times more powerful lighting that can in some cases can be a limitation because for the sensitivity of the film or chip at ISO 200, duration of exposure of 1/60 s (which is the recording in hand) and relative aperture of 32, the illumination area of 100,000 Lux is required (equal to illumination of the object under the sunlight) (Figure 3).

In addition to this method of controlling FOD that can be applied to every camera and every lens there are others that require the use of special photographic techniques and equipment.

## FIELD OF DEPTH CONTROL

Control of FOD is applied only when taking images of the surface not parallel to the focal plane. This means that these two planes intersect. If at the same time lens is rotated around the axis parallel to the recorded plane in a way that the last major plane of lens intersects with recorded and focal plane, then the entire field will be re-



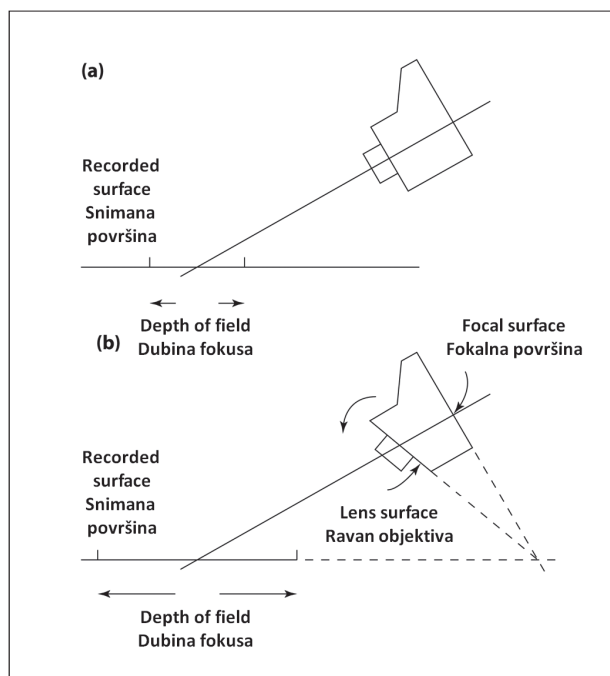
**Figure 3.** Impact of relative aperture of the lens to the length of exposure

**Slika 3.** Uticaj promene relativnog otvora objektivna na dužinu ekspozicije

produced sharply in the focal plane regardless of relative aperture of lens. This is Scheimpflug's principle known for more than a century (Figure 4).

To practically apply this principle in photography large cameras that use film as a vehicle for images, or special lenses for small sizes cameras either classical or digital are needed. Given that the large-sized cameras are rarely used and they are not suitable for images from close distance the use of lens with possibility of decentering is much more appropriate. In addition to the ability to rotate around the axis that is in the back of the main plane, these lenses have the option of translational displacement of optical axis in one direction and both courses. This results in correction of geometrical perspective in focal plane (parallel lines in a plane that is at an angle to the focal plane remain parallel regardless of the distance). The primary purpose of these lenses is architectural photography and some do not have extension to record in macro area [5].

If the extractor is increased by placing intermediate rings they act as Macro Lenses. Another way to increase the ratio is to use additional lenses. If additional lens is added before collection lens, overall focal length decreases approaching focal plane to lens allowing capturing close objects and increased scale. It also increases luminous intensity of lens, so there is no need to correct the exposure [4].



**Figure 4.** Graphic representation of Scheimpflug's principle: a) without rotation of the lens plane; b) with rotation of the lens plane  
**Slika 4.** Grafički prikaz Šajmpflugovog principa: a) bez rotacije ravni objektivna; b) s rotiranjem ravni objektivna

The third method of controlling FOD is used mainly for recording very small objects in increased magnification (1:1 or more). In this case, the object must be stable and the camera mounted on a tripod with a small movable sled when taking photos. After setting the lights and determining the optimum diaphragm aperture FOD is determined. A series of photographs is taken with successive camera sliding as per estimated FOD obtaining a series of photos with focused individual parts of the observed object. These images are processed by specialized software which uses only focused segment of each photo and creates real composite photo of the entire object now reproduced in full focus. These programs are user friendly and in addition to commercial such as Helicon Focus HeliconSoft Company Ltd. there are those with free license such as CombineZM by Alan Hadley that can be adapted to individual needs of authors with knowledge of encoding process (Figure 5).

The main goal of taking dental images is documentation. This means that maximum information should be recorded in conditions that can be repeated. Only this way an image can be seen as an appropriate tool for gathering information. It is therefore necessary to standardize equipment and its use: light setting and position relative to the patient [6].

Particular attention should be paid to control FOD, one of the basic parameters for successful images beside proper exposure and color reproduction. Knowledge of the basics of geometrical optics and principles of creating photographic images is necessary particularly when dealing with macro photography.

The most appropriate camera for this use is Single-lens reflex with interchangeable lenses, either with a clas-



**Figure 5.** Camera with a macro lens on a carrier for recording selective focus  
**Slika 5.** Foto-aparat s makro objektivom na nosaču za snimanje selektivnog fokusa

sical 35 mm film or digital camera with a resolution of at least 8 Mpx. Lens should have focal length of about 100 mm with macro area to the proportions of 1:1. The use of lenses with possibility of decentering is also recommended for geometrical perspective control and FOD. Adequate lighting is an electronic flash unit, mounted on the front of lens consisting of two lamps with reflectors that can rotate about the axis of the lens. The use of ring flash or luminous diodes is necessary for taking intraoral images.

There are five basic views that can illustrate intra-oral status of the patient. These are: frontal view, two lateral and two occlusal where the use of retractors and mirrors is required. Additionally, there are six extraoral views: two lateral, frontal, frontal with slightly tilted head backward and two fronto-lateral's under 45° to the sagittal plane.

This standardization of photographic conditions allows comparison of photographs, even if taken after long time periods and by different photographers. Only this way, dental photography can be valuable help in documentation. To be easily accessible there should be an adequate storage and archive of dental images. The best option for developed negatives and slides is to immediately digitize and store with digital images and make copies that should be kept separately. Photos stored in digital form take up little memory and if organized with appropriate software they become immediately available [7].

## CONCLUSION

Nowadays, digital photography in some aspects has overcome classical picture. Many photographers use digital photography exclusively or in combination with classical. This trend in digital photography will probably not change in future. The use of digital photography in dental practice is simple, fast, and extremely helpful in documenting procedures, implementation of patient education and performing clinical research, providing many benefits to dentists and patients. Good and successful dental photography is a reward for investing in the purchase of equipment as well as effort and time spent in the acquisition of knowledge in this field.

## REFERENCES

1. Samuels R. *Careers in Photography*. New York: New York Institute of Photography; 1978.
2. Peres M. *Dental Photography for Photographers*. Rochester, New York: School of Photographic Arts & Sciences; 2002.
3. Hedgecoe J. *Foto-priručnik*. Zagreb: Mladost; 1978.
4. Kroj O. *Snimanje iz blizine*. Beograd: Tehnička knjiga; 1974.
5. Davies A. *Close-Up and Macro Photography*. Oxford: Focal Press; 2010.
6. Irfan A. *Digital and Conventional Dental Photography: A Practical Clinical Manual*. Carol Stream, IL: Quintessence Publishing Co; 2004.
7. Peschke A. *Digital Photography of Clinical Cases*. Schaan, Liechtenstein: Ivoclar Vivadent AG; 2005.

---

Received: 17/06/2014 • Accepted: 20/08/2014

# „Oštrina u dubinu“ u dentalnoj fotografiji i metode njene kontrole

Zlatomir Dukić

Stomatološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

## KRATAK SADRŽAJ

Pojava fotografije predstavlja prekretnicu u razvoju društva čineći život ljudi bogatijim i sadržajnijim. Dentalna fotografija, kao grana kliničke medicinske fotografije, ima prvenstveno ulogu kao dokument, ali i kao sredstvo za obrazovanje studenata, odnosno u kontinuiranoj edukaciji doktora stomatologije. Cilj ovog rada je da predstavi mogućnosti primene klasične i digitalne fotografije u stomatologiji na današnjem stepenu tehnološkog razvoja. Dentalna fotografija u okviru svojih specifičnosti zahteva i neka znanja i opremu koja je neophodna za kvalitetne snimke struktura u usnoj duplji. Kontrola polja oštine u dubinu je jedan od bitnih faktora uspešne dentalne fotografije. Oštrina u dubinu se može kontrolisati promenom relativnog otvora objektiva, korišćenjem specijalnih objektiva s mogućnošću decentriranja da bi se postigao efekat Šajmpflugovog principa, kao i korišćenjem specijalizovanog softvera koji od serije fotografija sa selektivnim fokusom pravi kompozitnu fotografiju. Poseban značaj dentalne fotografije je dokumentacija, odnosno mogućnost da se maksimum informacija može zabeležiti u uslovima koji se mogu ponoviti. Standardizacija fotografskih uslova pri snimanju u usnoj duplji i pravilno čuvanje i arhiviranje dentalnih fotografija takode su značajan predušlov za kvalitetnu i upotrebljivu fotografiju.

**Ključne reči:** dentalna fotografija; oštrina u dubinu; relativni otvor objektiva; hiperfokalna distanca; Šajmpflugov princip

## UVOD

Bilo bi teško zamisliti bilo koji vid našeg postojanja koji nije u vezi s fotografijom. Njena skoro dvevekovna istorija predstavlja prekretnicu u razvoju društva, čineći život ljudi bogatijim i sadržajnijim. Fotografija je toliko uticala na svest, da je izreka da jedna slika vredi kao hiljadu reči prihvaćena kao notorna činjenica. Fotografija je danas prodrila u sve segmente života, obezbeđujući nove činjenice i saznanja u oblasti nauke, medicine, industrije, komunikacija i umetnosti. Fotograf je prisutan svuda oko nas, fotografiše sve i svakoga, pa broj dnevno snimljenih fotografija prevazilazi trenutni broj stanovnika na Zemlji. Ova opsednutost fotografijom posledica je njene suštine koja se ogleda u magiji privlačnoj svim ljudima: prkošenju vremenu i prolaznosti. Trenutno zabeleženi prizori na fotografijama ostaju trajan dokaz postojanja. Zbog toga je fotografski aparat postao jedan od najrasprostranjenijih uređaja koji skoro svakodnevno koristi najširi sloj populacije, bilo u amaterske ili profesionalne svrhe [1].

Dentalna fotografija, kao grana kliničke medicinske fotografije, ima prvenstveno dokumentacionu ulogu, ali i edukacionu, kako u obrazovanju studenata, tako i u procesu kontinuirane edukacije doktora stomatologije. Svakako ne bi trebalo zaboraviti veliku ulogu fotografije u reklamiranju stomatološke opreme i materijala.

Dentalna fotografija je postala moćno oruđe u predstavljanju plana stomatoloških intervencija samim pacijentima. Dobra fotografska prezentacija i efikasna komunikacija pojednostavljuju pacijentima teško razumljive stomatološke termine demonstrirajući ili potvrđujući potrebu za odgovarajućim postupkom. Bogata i dobro vođenja foto-arhiva omogućava kliničarima da prezentuju pacijentima ranije rešene slične slučajeve, vizuelno potvrđujući time nivo profesionalne sposobnosti [2].

Današnja fotografija nudi dve mogućnosti: 1) klasičnu fotografiju, koja koristi filmski materijal kao nosač slike i kod koje je neophodna laboratorijska obrada; i 2) digitalnu fotografiju, kod koje se slika stvara elektronskim putem i istoga trenutka je spremna za reprodukciju. Ova druga je na današnjem tehnološkom razvoju dostigla sve odlike klasične fotografije (kvanti-

tet vizuelnih informacija na pojedinačnom snimku, opseg kontrasta i reprodukciju boje), a u nekima, kao što je mogućnost skladištenja po jedinici zapremine, i prevazišla. Za razliku od klasične fotografije, koja je posle obrade realna i postoji na filmu, pa samim tim je i vidljiva, digitalna fotografija je kodirana, postoji samo u obliku jedinica i nula u elektronskoj memoriji ili nekom od magnetnih ili optičkih medija. Da bi bila vidljiva, moraju se koristiti još neki uređaji: sam foto-aparat, koji ima mali LCD ekran za prikazivanje već snimljenih fotografija, TV aparat ili video projektor ili ekran monitora računara koji se može priključiti na foto-aparat. Treba napomenuti da se u sva tri slučaja fotografija prikazuje u svom redukovanom obliku, jer nijedan od ovih ekrana ne može reprodukovati punu rezoluciju fotografije. Da bi se videle u svom punom sjaju, neophodno ih je odštampati na papiru u odgovarajućem formatu (fotografiju od 6 megapiksela treba povećati na format 18×24 cm).

## PREDNOSTI DIGITALNE FOTOGRAFIJE

Prednost digitalne fotografije nije u njenom kvalitetu u fotografskom smislu, već u tome što je trenutno nakon snimanja dostupna korisniku, što ju je moguće odštampati, arhivirati, kopirati i elektronskom poštom poslati u bilo koji kraj sveta. Takođe, njenom upotrebom moguće je eliminisati greške koje su odmah vidljive i neuspele fotografije odbaciti, a postupak snimanja ponavljati do uspešnog rezultata.

Za bavljenje fotografijom, bilo klasičnom ili digitalnom, osim odgovarajuće opreme potrebno je imati i neka osnovna znanja iz oblasti tehnologije fotografije koja podrazumevaju pravilno korišćenje tehnike, poznavanje osnova geometrijske optike, upotrebu osvetljenja, poznavanje fotografskih materijala i procesa, kao i osnove likovne kulture (konturu, oblik, boju, teksturu i kompoziciju).

Foto-aparat je mehaničko-optičko-elektronski uređaj za beleženje realnih statičnih slika na fotografskom filmu ili elektronskom senzoru. Za dentalnu fotografiju najbolja je primena malofomatnog 35-milimetarskog aparata s refleksnim tražilom

i mogućnošću izmene objektiv; što se tiče klasične fotografije, odnosno digitalnog aparata istih karakteristika, s rezolucijom od 6 megapiksela i više. Ovi aparati su relativno malih dimenzija, jednostavni za upotrebu i prilagodljivi za razne vrste snimanja. Kvalitet snimka je takav da omogućava kvalitetno povećanje do formata A4, kao i za sve vrste prezentacija.

Osnovni delovi foto-aparata su: kućište, tražilo, zatvarač i objektiv. Kućište ima ulogu da poveže sve delove aparata u jednu celinu, kao i da obezbedi za svetlo nepropustan prostor u kojem se nalazi filmski materijal ili fotoosetljivi senzor. Tražilo služi za određivanje željenog izreza i za podešavanje pravilnog fokusa. Uloga zatvarača je da propusti svetlo koje prolazi kroz objektiv u trenutku ekspozicije.

Objektiv je optičko-mehanički sklop zadužen za stvaranje realnog lika objekta snimanja. Od njegovog dizajna i karakteristika direktno zavise izgled i kvalitet fotografije (Slika 1).

Osnovne osobine objektiv se predstavljaju dvema veličinama: žižnom dužinom objektiv i njegovom svetlosnom jačinom. Žižna dužina utiče na veličinu formiranog lika, a time i na vidni ugao. Što je ona manja, manji je i lik, čime se vidni ugao povećava [3].

Svetlosna jačina objektiv je količnik vrednosti žižne dužine i prečnika najvećeg otvora dijafragme (irisa).

$$\frac{1}{f} = \frac{D}{F}$$

$D$  = prečnik maksimalnog otvora;  $F$  = žižna dužina;  $f$  = svetlosna jačina

Što je taj odnos manji, više svetlosti može da prođe kroz objektiv pri maksimalnom otvoru dijafragme, i za takve objektiv se kaže da su svetlosno jaki. Vrednost prečnika dijafragme je promenljiva i njom se reguliše osvetljenost površine fokalne ravni radi dobijanja ispravne vrednosti ekspozicije. Ako se prečnik otvora smanji za vrednost  $\sqrt{2}$ , površina otvora je upola manja, pa samim tim je i osvetljenost fokalne ravni smanjena na pola. Zbog toga je skala na prstenu za regulisanje otvora dijafragme predstavljena neimenovanim brojevima sa geometrijskom progresijom sa kvocijentom  $\sqrt{2}$  (1,4 2 2,8 4 5,6 8 11 16 22...). Ove vrednosti otvora dijafragme se nazivaju relativnim otvorom objektivom i predstavljaju istu osvetljenost fokalne ravni za objektivne različitih žižnih dužina (što je veća žižna dužina, to je veći i geometrijski otvor dijafragme).

Pored uloge u regulisanju osvetljenosti fokalne ravni, relativni otvor objektiv utiče i na polje fokusa duž ose objektiv. Za svaku vrednost relativnog otvora postoji vrednost hiperfokalne distance, koja predstavlja rastojanje od objektiv do fokusirane ravni, pri čemu se oštro reprodukuju svi objekti koji se nalaze u polju koje se prostire od polovine vrednosti hiperfokalne distance do veoma udaljenih objekata koji su u nedogledu i čije se rastojanje od objektiv označava znakom  $\infty$ .

$$H = \frac{F^2}{f \times Cc}$$

$H$  = hiperfokalna distanca;  $F$  = žižna dužina objektiv;  $Cc$  = krug rasipanja (0,025 mm)

Odnos veličina objekta snimanja i formiranog lika naziva se razmera preslikavanja. Promena rastojanja između objektiv i

fokusne ravni u zavisnosti od razmere vrši se u praksi pomeranjem objektiv jer je mesto formiranja lika nepromenljivo u odnosu na kućište aparata i određeno položajem filmske trake, odnosno fotoosetljivog čipa. To pomeranje se naziva izvlaka i kod standardnih objektiv iznosi maksimalno 1/7 žižne dužine. Objektiv koji imaju veću izvlaku, čak i do vrednosti jedne žižne dužine, nazivaju se makroobjektiv i koriste se za snimanje iz blizine. Upravo u tu kategoriju spada i dentalna fotografija, u kojoj se uglavnom vrše snimanja u razmeri od 1:10 do 1:1 [4].

## OŠTRINA SLIKE

Jedan od osnovnih problema pri snimanju u makro području predstavlja smanjena dubina fokusa koja određuje polje oštre slike po dubini, odnosno duž ose objektiv. Oštrom slikom se smatra fotografija povećana na format 20×25 cm posmatrana s rastojanja od 25 cm, s vidljivim detaljima od 0,2 mm. To znači da na originalnom negativu ili čipu ta vrednost treba da bude manja za faktor uvećanja, koji u ovom slučaju iznosi osam puta, što je 40 linija po milimetru, odnosno 0,025 mm. Ova vrednost se naziva krugom rasipanja. Ukoliko se detalji snimanog objekta reprodukuju s većom dimenzijom, uvećana slika se doživljava kao neoštra.

Tri su osnovna parametra koja utiču na oštrinu u dubinu: razmera preslikavanja, odnosno udaljenost do snimanog objekta, žižna dužina objektiv i relativni otvor. Žižna dužina je određena konstrukcijom objektiv, rastojanje do objekta snimanja daje željeni izrez, pa promena relativnog otvora ostaje jedina opcija za regulisanje oštine u dubinu. Što je on manji, to je veće polje dubinske oštine (Slika 2) [5].

Polje oštine u dubinu može se izračunati na osnovu sledeće formule:

$$FOD = DF - DN$$

$$DF = \frac{F^2}{H - (S - F)} \quad DN = \frac{H \times S}{H + (S - F)}$$

$DF$  = rastojanje od kamere do najdalje tačke oštine;

$DN$  = rastojanje od kamere do najbliže tačke oštine;

$H$  = hiperfokalna distanca;  $S$  = rastojanje od kamere do snimanog objekta;  $F$  = žižna dužina objektiv

Postoje i tablice polja oštine u dubinu za objektivne različitih žižnih dužina. Za kontrolisanje oštine u dubinu putem promene relativnog otvora objektiv treba imati u vidu da smanjenje otvora dijafragme utiče na ekspoziciju. Ako objektivu svetlosne jačine 1:2 smanjimo relativni otvor na vrednost 32, on propušta 128 puta manje svetlosti u odnosu na maksimalni otvor. To znači da je za toliko puta potrebno produžiti vreme ekspozicije ili koristiti 128 puta jače osvetljenje, što može u nekim slučajevima predstavljati ograničenje, jer je za osetljivost čipa ili filma vrednosti ISO 200 pri dužini trajanja ekspozicije od 1/60 s (što je granica za snimanje iz ruke) i sa relativnim otvorom 32 potrebna osvetljenost površine od 100.000 Lux, što odgovara osvetljenosti objekta sunčevom svetlošću (Slika 3).

Pored ovog načina kontrolisanja oštine u dubinu, koji se može primeniti na svakom foto-aparatu i sa svakim objektivom, postoje i drugi kod kojih je neophodna upotreba posebne fotografske tehnike i opreme.

## KONTROLA OŠTRINE U DUBINU

Kontrola oštine u dubinu se primenjuje samo kod snimanja objekata čija snimana površina nije paralelna s fokalnom ravni. To znači da se te dve ravni negde u prostoru seku. Ako se u isto vreme objektiv rotira oko ose koja je paralelna sa snimanom ravni tako da se zadnja glavna ravan objektiva seče s presekom snimane i fokalne ravni, onda će se celo vidno polje reprodukovati oštro u fokalnoj ravni bez obzira na relativni otvor objektiva. Ovo je Šajmpflugov (*Scheimpflug*) princip, poznat već više od veka (Slika 4).

Da bi mogao praktično da se primeni u fotografiji, neophodna je upotreba ili velikoformatnih kamera koje koriste film kao nosač slike, ili specijalnih objektiva za maloformatne kamere, bilo klasične ili digitalne. S obzirom na to da su velikoformatne kamere vrlo retko u upotrebi, a uz to nisu pogodne za snimanje iz blizine, korišćenje objektiva s mogućnošću decentriranja mnogo je prikladnije. Osim što poseduju mogućnost rotacije oko ose koja je u zadnjoj glavnoj ravni, ovi objektivni imaju mogućnost translatornog pomeranja optičke ose u jednom pravcu u oba smera. Ovo za posledicu ima ispravljanje geometrijske perspektive u fokalnoj ravni (paralelne linije u ravni koja je pod uglom u odnosu na fokalnu ravan ostaju paralelne bez obzira na udaljenost). Prvenstvena namena ovih objektiva je snimanje arhitekture, pa neki nemaju izvlastu za snimanje u makro području [5].

Ako im se poveća izvlasta postavljanjem međuprstenova, odnosno meha, ponašaju se kao makroobjektivi. Drugi način za povećavanje razmere snimanja je upotreba predleća. Ako se objektivu doda s prednje strane sabirno sočivo, ukupna žižna dužina se smanjuje tako što približava fokalnu ravan objektivu, što omogućava snimanje bliskih predmeta, odnosno povećanu razmeru. Pri tome se povećava i svetlosna jačina objektiva, pa ne postoji potreba za korekcijom ekspozicije [4].

Treći način kontrolisanja oštine u dubinu se koristi uglavnom kod snimanja vrlo malih objekata u povećanoj razmeri (1:1 i više). U tom slučaju objekat mora prilikom snimanja biti nepomičan, a foto-aparat se postavlja na stativ koji ima male pomične sanke. Posle postavke svetla i utvrđivanja optimalnog otvora dijafragme procenjuje se kolika je oština u dubinu. Zatim se snima serija fotografija sa sukcesivnim pomeranjem foto-aparata po sankama za vrednost procenjene oštine u dubinu, čime se dobija niz fotografija s fokusiranim pojedinačnim delovima snimanog objekta. Te fotografije se zatim obrađuju specijalizovanim softverom koji od svake fotografije koristi samo fokusirani segment i pravi kompozitnu fotografiju celog objekta koji je reprodukovan u potpunosti fokusiran. Ovi softveri su vrlo jednostavni za korišćenje, a pored komercijalnih, kao što je *Helicon Focus* firme *HeliconSoft Ltd.*, postoje i oni sa besplatnom licencom i otvorenim kodom, kao što je *CombineZM* Alana Hedlija, koji mogu biti prilagođeni individualnim potrebama autora uz poznavanje procesa kodiranja (Slika 5).

Glavni cilj dentalne fotografije je dokumentacija. To znači da što više informacija treba da se zabeleži u uslovima koji se mogu ponoviti. Samo na taj način na fotografiju se može gledati

kao na odgovarajući alat za prikupljanje informacija. Zbog toga je neophodna standardizacija u ovoj oblasti, kako u pogledu odabira foto-opreme, tako i u pogledu njenog korišćenja, tj. postavke osvetljenja i položaja u odnosu na pacijenta [6].

Posebnu pažnju treba obratiti na kontrolu oštine u dubinu, koja je jedan od osnovnih parametara uspešne fotografije pored pravilne ekspozicije i reprodukcije boja. Poznavanje osnova geometrijske optike i principa stvaranja fotografske slike neophodno je posebno za bavljenje makro fotografijom.

Najadekvatniji foto-aparat za ovu upotrebu je jednooki refleksi sa izmenljivim objektivima, bilo klasični s filmom od 35 mm, ili digitalni s rezolucijom od najmanje 8 megapiksela. Objektiv treba da bude žižne dužine od oko 100 mm s makro područjem do razmere 1:1. Ukoliko mogućnosti dozvoljavaju, preporučena je i upotreba objektiva s mogućnošću decentriranja u svrhu kontrolisanja geometrijske perspektive i polja oštine u dubinu. Odgovarajuće osvetljenje je elektronska bljeskalica, koja se montira na prednju stranu objektiva i ima dve lampe s reflektorima uz mogućnost rotacije oko ose objektiva. Upotreba prstenaste bljeskalice ili izvora sa svetlećim diodama je neophodna za intraoralne snimke.

Postoji pet osnovnih pogleda koji mogu da ilustruju intraoralni status pacijenta. To su frontalni pogled, dva lateralna i dva okluzalna, pri čemu je neophodna upotreba retraktora i ogledala. Kao dodatak postoji i šest spoljašnjih pogleda: dva bočna, frontalni, frontalni sa blago zabačenom glavom i dva fronto-lateralna pod uglom od 45 stepeni u odnosu na sagitalnu ravan.

Ovakva standardizacija fotografskih uslova omogućava uporedljivost fotografija čak i ako su snimljene u velikom vremenskom intervalu i od strane različitih fotografa. Samo na ovaj način dentalna fotografija može biti upotrebljena kao dragocena pomoć u dokumentaciji. Da bi ovaj vid dokumentacije bio lako i uvek pristupačan, potrebni su pravilno čuvanje i arhiviranje dentalnih fotografija. Razvijene negative i dijapozitive na filmskom materijalu najbolje je odmah digitalizovati i čuvati sa digitalnim fotografijama uz obavezno pravljenje kopija, koje, po mogućstvu, treba čuvati na odvojenim mestima. Fotografije čuvane u digitalnom obliku zauzimaju vrlo malo mesta i uz odgovarajuće softvere za organizaciju foto-dokumentacije momentalno su pristupačne [7].

## ZAKLJUČAK

Digitalna fotografija je danas sustigla – a u nekim aspektima i nadmašila – klasičnu fotografiju. Mnogi fotografi koriste ili isključivo digitalnu fotografiju, ili digitalnu u kombinaciji s klasičnom. Ovaj trend u korist digitalne fotografije se verovatno neće menjati u budućnosti. Upotreba digitalne fotografije u stomatološkoj praksi je jednostavna, brza i krajnje korisna u dokumentovanju postupka rada, sprovođenju edukacije pacijenata i obavljanju kliničkih istraživanja, obezbeđujući mnoge koristi stomatolozima i pacijentima. Dobra i uspešna dentalna fotografija prava je nagrada za uložena sredstva u nabavku opreme, i trud i vreme potrošeno u sticanje znanja iz ove oblasti.