In vitro comparative study on the relevance of dental radiographies in detection of dental caries

Studiu comparativ *in vitro* privind relevanța radiografiilor dentare în detectarea leziunilor carioase

Cornelia Bicleșanu, Anamaria Florescu, Alexandru Burcea, Laur Iacob, Ștefan Țigăeru
Polihroniade, Denisa Danilă

Facultatea de Medicină Dentară, Universitatea „Titu Maiorescu”, București

ABSTRACT

Radiography is the most used complementary means to diagnose dental caries.

The aim of this study is to verify the expertise in radiography interpretation of a group of clinicians with different experience and training and also of a group of last year dental medicine students.

Material and method. For this study, 18 extracted teeth were used on which proximal and occlusal demineralization, enamel preparations and dentin preparations were conducted. The teeth surfaces were then isolated with a nail polish except the preparations. Teeth were mounted in acrylic arcades and retro-alveolar radiographs, bite-wing radiographs and CBCT were performed. A questionnaire was developed that was sent online to the groups of dental clinicians and students.

Results and discussion. Retroalveolar radiographs, proximal preparations: 49% of respondents did not diagnose demineralization, 42% caries in enamel and 16% caries in dentin. Occlusal preparations: 88% of the respondents did not diagnose demineralization, 60% of the caries in the enamel, all the respondents diagnosed the caries in the dentine. Bitewing radiographs, proximal preparations: 2% of respondents did not diagnose demineralization, 12% caries in enamel and 2% caries in dentin. Occlusal preparations: 90% of the respondents did not diagnose demineralization, 26% caries in enamel, all diagnosed caries in the dentine. At CBCT, proximal preparations: 26% of respondents did not diagnose demineralization, 26% caries in enamel and 20% caries in dentin. At the occlusal level, 22% of respondents did not diagnose demineralization, 8% caries in enamel and 8% caries in dentin.

Conclusions. Following the radiological examinations conducted in this study, we can say that dental caries are diagnosed most quickly and correctly when they affect both the analyzed proximal and occlusal surfaces with evolution in dentin.

Keywords: demineralization, incipient caries, periapical X- rays, bitewing X- rays, Cone Beam Computer Tomography (CBCT)

REZUMAT

Radiografia reprezintă unul dintre cele mai uzuale mijloace complementare pentru diagnosticarea cariei dentare.

Scopul acestui studiu este să verifice expertiza unui grup de clinicieni cu experiență și pregătire diferite, precum și a unor studenți la Facultatea de Medicină Dentară în ani terminali în interpretarea Rx pentru detectarea cariei dentare.

Material și metodă. Studiul s-a efectuat pe 18 dinți extrași pe care s-au efectuat preparatii proximale și ocluzale, care au constat în demineralizare, cavități în smalț și în dentină. Suprafețele dinților au fost apoi izolate cu lac de unghii, mai puțin preparatiile realizate. Dinții au fost montați în arcade didactice de acrilat și au fost realizate radiografii retroalveolare, bitewing și CBCT. S-a conceput un chestionar care a fost trimis online unui grup de clinicieni și studenți la Medicină Dentară.

Rezultate și discuții. Radiografia retroalveolară, la nivel proximal: 49% dintre repondenți nu au diagnosticat demineralizare, 42% caria în smalț și 16% caria în dentină. La nivel ocluzal: 88% dintre repondenți nu au diagnosticat demineralizare, 60% caria în smalț, toți repondenții au diagnosticat caria în dentină. Radiografia bitewing, proximal: 42% dintre repondenți nu au diagnosticat demineralizare, 12% caria în smalț și 2% caria în dentină. Ocluzal, 90% din repondenți nu au diagnosticat demineralizare, 26% caria în smalț, toți caria în dentină. La CBCT, proximal: 26% dintre repondenți nu au diagnosticat demineralizarea, 26% caria în smalț și 20% caria în dentină. La nivel ocluzal, 22% dintre repondenți nu au diagnosticat demineralizare, 8% caria în smalț și 8% caria în dentină.

Concluzii. În urma examinărilor radiologice realizate în acest studiu, putem aprecia că detectarea cariei dentare este diagnosticată cel mai repede și corect atunci când interesează ambele suprafețe analizate, proximală și ocluzală, cu evoluție în stratul dentinar.

Cuvinte cheie: demineralizare, carie incipientă, radiografie retroalveolară, radiografie cu film mușcat (bitewing), tomografie computerizată cu fascicul conic (CBCT)

Corresponding author:

Șef Lucr. Dr. Alexandru Burcea

E-mail: alexandru.burcea@helpdent.ro

Article History:

Received: 16 May 2019

Accepted: 1 June 2019

INTRODUCERE

Metoda esențială de prevenire a cariei dentare este reprezentată de aplicarea unei igiene dentare corecte, a unei diete cu consum limitat de zaharuri și, nu în ultimul rând, monitorizare permanentă prin controale periodice la cabinetul dentar. În felul acesta se pot depista precoce leziunile carioase incipiente astfel încât remanența dintelui pe arcadă să fie mult prelungită.

Decizia de a restaura dinții este una importantă, deoarece este adesea începutul unui ciclu nefericit de înlocuire a restaurării în anii următori cu altele progresiv mai mari, ducând în cele din urmă la o restaurare masivă ce poate determina fractura, urmată de extracție. Abordările care întârzie plasarea primei restaurări pot fi o sursă esențială de îmbunătățire a eficacității pe termen lung a îngrijirii dentare și, prin urmare, a calității acesteia (1).

Diagnosticul precoce și corect al cariei este esențial pentru a putea institui un tratament adecvat, corelat cu particularitățile clinice ale fiecărui pacient în parte. Detectarea în faze incipiente a cariei dentare ar trebui să fie scopul primordial al fiecărui clinician.

De asemenea, asocierea examinării clinice cu o radiografie dentară convențională, de cele mai multe ori, nu mai reprezintă o opțiune viabilă pentru diagnosticarea cariei incipiente sau a demineralizărilor.

În aceste condiții, au apărut noi metode de investigație, reprezentate de radiografia digitală, metoda laser fluorescență, tomografia computerizată (CT) și, mai nou, CBCT, ultimele două fiind metode rar folosite totuși pentru diagnosticarea cariilor, datorită nivelului de radiație ridicat dar și costului ridicat.

Studiile arată că sistemul CBCT este superior în determinarea profunzimii cariilor comparativ cu radiografia convențională. De menționat că majoritatea studiilor sunt realizate pe localizările exclusiv proximale ale proceselor carioase și mai puține se referă la cariile situate pe suprafața ocluzală (2-8).

Scopul acestui studiu este să compare *in vitro* performanțele radiografiei bitewing, radiografiei retroalveolare și CBCT în evidențierea și determinarea profunzimii cariilor dentare. Obiectivul este reprezentat de realizarea comparației între sensibilitatea fiecărei metode de investigare propuse și

cuantificarea capacității de interpretare a acestor radiografii de către diverse categorii de clinicieni.

MATERIAL ȘI METODĂ

Studiul a fost realizat pe un lot de 18 molari și premolari indemni, extrași din motive ortodontice / parodontale / chirurgicale. Până la realizarea experimentului, dinții au fost stocați în ser fiziologic.

Cercetarea s-a realizat după obținerea consimțământului pacienților pentru utilizarea dinților pentru experimente de cercetare.

Dinții au fost împărțiți în 6 loturi a câte 3 dinți fiecare, care au fost supuse următoarelor preparatii:

Lot 1 – dinții au fost supuși unui proces de demineralizare: pe fața proximală a fost izolată o suprafață de aproximativ 2 mm care a fost demineralizată;

Lot 2 – pe una dintre suprafețele proximale ale dinților au fost realizate preparatii tip casetă cu localizare la nivelul smalțului;

Lot 3 – pe una dintre suprafețele proximale ale dinților au fost realizate preparatii tip casetă cu localizare la nivelul smalțului și dentinei;

Lot 4 – dinții au fost supuși unui proces de demineralizare pe fața ocluzală;

Lot 5 – preparare cavitate ocluzală la nivelul smalțului;

Lot 6 – preparare cavitate ocluzală la nivelul smalțului și dentinei.

Pentru determinarea adâncimii preparatiilor s-a folosit sonda parodontală, care are pe partea activă gradații din mm în mm. Preparatiile în smalț au fost realizate la 1,5 mm, iar cele în dentină la 3 mm. Suprafețele dentare au fost apoi izolate cu lac de unghii, mai puțin zonele preparate (fig. 1-3). Dinții au fost apoi introduși în soluție de acid acetic (pH=3,5) timp de 1,3,5 zile, în recipiente separate. După această perioadă, cele șase grupuri de dinți au fost montate în arcade artificiale ale modelelor didactice din material plastic, până la un nivel JSC și, pe cât posibil, să simuleze contactul interdental real; montarea dinților s-a făcut cu suprafața preparată în contact cu suprafața indemnă a dintelui vecin pentru preparatiile proximale, apoi au fost realizate radiografiile retroalveolare, RBW, CBCT (fig. 4).

Radiografiile bitewing au fost obținute prin proiectarea fasciculului pe direcție vestibulo-orală, tangențial la suprafețele proximale, distanța obiect-

film fiind de aprox 0,5 cm. Timpul de expunere de 0,2 sec, kV60, mA 7.

Pentru radiografiile retroalveolare timpul de expunere a fost de 0,2 s, kV60, mA 7.

Tomografiile au fost obținute cu o unitate CBCT, secțiunile au avut volum de 8x5 cm, timp expunere 12s, kV 75, mA 2.

Lot 1 – Prepararea fețelor distale

FIGURA 1. Măsurarea și determinarea adâncimii cavitațiilor

FIGURA 2. Cavități în smalț și dentină pe fețele distale

Lot 2 – Prepararea fețelor ocluzale

FIGURA 3. Cavități pe fețele ocluzale, dinți preparați pentru Rx

FIGURA 4. Schema protocolului de cercetare

Radiografiile au fost apoi trimise online, pentru interpretare, în cadrul unui chestionar, unor categorii diferite de practicieni: medici dentiști (absol-

venți ultimii 5 ani), medici specialiști, medici primari și studenți an 6.

CHESTIONAR

1. Distribuția pe sexe

- ☐ Masculin ☐ Feminin

2. Din ce categorie de vârstă faceți parte?

- ☐ 26-36 ani
☐ 37-46 ani
☐ 47-56 ani
☐ 57-66 ani

3. Vechime activitate

- ☐ 1-3 ani
☐ 3-10 ani
☐ peste 10 ani

4. Categorie de calificare

- ☐ medic dentist
☐ medic specialist
☐ medic primar
☐ student an 6 Facultatea de Medicină Dentară

5. Cât de des utilizați RX pentru detectarea cariei dentare?

- ☐ des ☐ foarte des ☐ rar

6. Vă rugăm să interpretați RX alăturate și să ordonați grupurile de Rx în funcție de interpretarea personală

Lot 1 carii distale		
Rx retroalv.	BW	CBCT
☐ demineralizare	☐ demineralizare	☐ demineralizare
☐ carie smalț	☐ carie smalț	☐ carie smalț
☐ carie smalț și dentină	☐ carie smalț și dentină	☐ carie smalț și dentină

Lot 2 carii ocluzale		
Rx retroalv.	BW	CBCT
☐ demineralizare	☐ demineralizare	☐ demineralizare
☐ carie smalț	☐ carie smalț	☐ carie smalț
☐ carie smalț și dentină	☐ carie smalț și dentină	☐ carie smalț și dentină

VĂ MULȚUMESC PENTRU COLABORARE!

REZULTATE

Au fost trimise un număr de 75 de chestionare, din care au fost returnate 50, rata de răspuns fiind de 48,2%. Lotul a fost împărțit, în funcție de vârstă, în 4 grupe: 26-36 ani, 37-46 ani, 47-56 ani, peste 56 ani (fig. 5).

FIGURA 5. Repartiție lot pe vârstă

50% dintre repondenți sunt încadrați în categoria de vârstă 26-36 ani și doar 10% au peste 56 ani.

Repartiția repondenților după nivelul de pregătire este prezentată în fig. 6.

FIGURA 6. Repartiție lot după pregătire

Se constată că dentiștii reprezintă aproximativ jumătate din lot, urmat de lotul studenților în ani terminali, care reprezintă aproximativ 1/3 din lot (30%), restul fiind reprezentat în mod aproape egal, 16% medici specialiști, respectiv 14% medici primari.

Repartiția repondenților pe sexe și nivelul de pregătire este prezentată în fig. 7.

Se constată că la toate categoriile sexul feminin este predominant procentual la toate categoriile analizate.

Repartiția pe vârstă și nivel pregătire a lotului analizat arată că medicii dentiști au reprezentarea majoritară în categoriile de vârstă 26-36 ani și 37-46 ani, iar în categoria peste 56 ani sunt prioritari medici primari. De asemenea, se evidențiază faptul că nu există studenți peste vârsta de 36 ani (fig. 8).

FIGURA 7. Repartiția pe sexe și nivel pregătire

FIGURA 8. Repartiția pe vârstă și nivel pregătire

Pentru a demonstra în ce măsură repondenții utilizează radiografiile ca metodă de diagnostic sau evaluare, am realizat repartiția lor după nivelul de pregătire și gradul de utilizare a Rx (fig. 9).

FIGURA 9. Repartiție lot după nivel și utilizare Rx

Se poate observa că 12% dintre medicii dentiști utilizează foarte des radiografia dentară, în timp ce 8% dintre studenți o folosesc foarte rar.

Din analiza efectuată pentru a vedea care dintre cele două sexe sunt mai interesate de recomandarea radiografiilor dentare, a rezultat că la toate categoriile de pregătire predomină sexul feminin (fig. 10).

FIGURA 10. Repartiția sexe și grad de utilizare Rx

Examen radiologic

1. Radiografii retro-alveolare – Proximal (distal) (fig. 11)
2. Radiografii retro-alveolare – Ocluzal (fig. 12)
3. Radiografii bitewing – Proximal (fig. 13)
4. Radiografii bitewing – Ocluzal (fig. 14)

FIGURA 11. Demineralizare distală, 26 cavitate distală în smalț; 27 cavitate distală în dentină

FIGURA 12. Carie mezială; nu se observă demineralizarea ocluzală; 26 cavitate ocluzală realizată în smalț /demineralizarea; 27 cavitate ocluzală în smalț și dentină

FIGURA 13. 15 demineralizare distală, 16 cavitate distală în smalț; 17 cavitate distală în smalț și dentină

FIGURA 14. 25 nu se observă demineralizarea ocluzală; 26 se observă cavitatea ocluzală realizată în smalț / demineralizarea; 27 cavitate ocluzală în smalț și dentină

5. CBCT proximal – Diferite secțiuni, fețele proximale (fig. 15)

6. CBCT ocluzal – Diferite secțiuni, fețele ocluzale CBCT (fig. 16)

Repartiția după recunoașterea diagnosticului

Radiografia retroalveolară, la nivel proximal: 49% dintre repondenți nu au diagnosticat demineralizare, 42% caria în smalț și 16% caria ocluzală în dentină.

La nivel ocluzal, 88% dintre repondenți nu au diagnosticat demineralizare, 60% caria în smalț, toți repondenții au diagnosticat caria în dentină (fig. 17).

Radiografia bitewing, la nivel proximal: 42% dintre repondenți nu au diagnosticat demineralizare, 12% caria în smalț și 2% caria în dentină. Puțin peste jumătate dintre repondenți cataloghează demineralizările și cariile caria în smalț drept dinți indemni.

La nivel ocluzal, 90% dintre repondenți nu au diagnosticat demineralizare, 26% caria în smalț și toți caria în dentină (fig. 18).

La CBCT, la nivel proximal: 26% dintre repondenți nu au diagnosticat demineralizare, 26% caria în smalț și 20% caria în dentină.

La nivel ocluzal, 22% dintre repondenți nu au diagnosticat demineralizare, 8% caria în smalț și 8% caria în dentină (fig. 19).

DISCUȚII

Examinarea și detectarea leziunilor carioase a fost în mod tradițional limitată la criterii fizice cum ar fi dimensiunea, adâncimea și prezența sau absența cavitației. Dar detectarea nu este suficientă, ea trebuie asociată cu evaluarea activității leziunii cariilor și, astfel, împreună pot concura la diagnosticarea cariei și la stabilirea unui tratament adecvat. În plus, evaluarea celorlalți factori etiologici ai cariei – respectiv igiena orală, numărul de microorganisme cariogene din placă și salivă, utilizarea fluorurilor, aportul de zahăr, precum și unele aspecte socio-economice precum venitul familiei și nivelul de educație al părinților – aduce elemente esențiale pentru a încadra pacientul într-o grupă de risc cariogen pentru a i se institui un tratament individualizat.

Din păcate, o observație a unei revizuirii a datelor a fost că metodele clinice de investigație a cariei dentare au avut tendința de a fi mai specifice decât sensibile (utilizarea lor are ca rezultat rezultate mai puțin fals negative decât constatările fals pozitive) (9). De

FIGURA 15. CBCT proximal

fapt, mai multe studii au arătat că între 25% și 42% dintre leziunile carioase rămân nedetectate prin examinarea clinică efectuată fără examinare radiografică (10,11). Evaluarea clinică pentru diagnosticarea leziunilor carioase incipiente sau de demineralizare trebuie asociată cu alte mijloace complementare, de regulă cu examenul radiologic.

Radiografiile sunt în general recomandate pentru detectarea leziunilor carioase proximale, iar

printre acestea, radiografiile bitewing au devenit cea mai frecventă examinare radiologică intraorală (12).

Conform unor rapoarte din literatură, 25-40% dintre leziunile cariei proximale nu pot fi detectate prin examinare clinică fără evaluare radiologică. Această situație evidențiază importanța diagnosticului acestor două examinări, care nu trebuie niciodată separate (13).

FIGURA 16. CBCT ocluzal

Acest studiu analizează capacitatea de a recunoaște în RxRA, RxBW și CBCT a proceselor de demineralizare, cariile incipiente în smalț și caria în dentină, situate proximal și ocluzal, de către mai multe categorii de practicieni (cu și fără experiență).

Rata de detecție radiografică a cariilor proximale este departe de a fi ideală, deoarece radiografiile bitewing standard detectează doar aproximativ 60% dintre leziunile proximale (14).

În studiul meu, la radiografia retroalveolară, la nivel proximal, 49% dintre repondenți nu au diagnosticat demineralizare, 42% caria în smalț și 16% caria în dentină.

La nivel ocluzal, 88% dintre repondenți nu au diagnosticat demineralizarea, 60% caria în smalț, toți repondenții au diagnosticat caria în dentină.

Studiul lui Hernandez J.A. et al. (2017) arată că 61,29% dintre interpretările Rx au fost clasificate radiologic eronat ca fără carie (15).

Aceste rezultate sunt de acord cu studiul efectuat de Bertella et al. în anul 2012, care a analizat Rx procese carioase incipiente (smalț), constatând că 67,4% dintre aceste leziuni nu au prezentat radio-transparență radiologică (16).

RxBW arată că în zona proximală 74% dintre repondenți cataloghează demineralizările și cariile în smalț drept dinți indemni, iar la nivel ocluzal 90% dintre repondenți nu au diagnosticat demineralizare, iar 26% caria în smalț.

Utilizarea radiografiilor bitewing pentru diagnosticarea cariilor ocluzale a fost pusă sub semnul întrebării, deoarece acestea au fost considerate mai utile pentru leziunile interproximale. Cu toate

FIGURA 17. Rx retroalveolară

acestea, studiul realizat de Ricketts et al. a constatat că RxBW sunt mai sensitive decât examinarea vizuală pentru diagnosticarea cariilor ocluzale. Totuși, utilizarea RxBW pentru a diagnostica leziunile carioase ocluzale ar trebui considerată ca o completare a diagnosticului vizual) (10).

CBCT arată procentul cel mai mic de (72% zonă proximală, 38% zonă ocluzală) de dinți indemni, dar, totuși, diferența nu este prea mare, probabil din

cauza utilizării sale limitate și lipsa informațiilor de interpretare a majorității repondenților.

Multe studii arată că ratele de detecție a cariilor prin CBCT sunt aproximativ echivalente cu modalitățile intraorale (17,18).

O actualizare recentă a literaturii arată că CBCT este echivalent cu tehnicile Rx intraorale în detectarea cariilor; structura dentară densă (smalțul), doza crescută de radiații, costul, timpul prelungit

FIGURA 18. Rx Bitewing

sunt factori limitativi care fac ca radiografiile bite-wing să reprezinte modalitatea preferată de detectare a cariilor proximale (19).

Un studiu recent care a realizat un review referitor la utilizarea CBCT-ului în detectarea cariilor dentare a arătat că, la nivel proximal, mai mult de jumătate dintre articole au arătat eficacitatea CBCT

în detectarea cariei proximale, dar cu mențiunea că nu există o diferență semnificativă între CBCT și radiografia 2D (20,21).

Unii dintre ei au declarat că CBCT are o eficacitate superioară (22), în timp ce Krzyżostaniak et al. (2015) (23) au constatat că CBCT are o eficacitate inferioară tehnicilor convenționale.

FIGURA 19. CBCT

În cazul cariilor ocluzale, s-a constatat o omogenitate de rezultate care acceptă că eficacitatea sistemelor CBCT a fost superioară metodelor convenționale de detectare a cariilor (24), în timp ce doar Krzyżostaniak et al. (2015) (23) au menționat că nu există nicio diferență semnificativă.

Conform unor cercetători, CBCT este excelentă pentru detectarea leziunilor carioase proximale (16).

CONCLUZII

1. În urma examinărilor radiologice realizate în acest studiu, putem spune că detectarea cariei dentare este diagnosticată cel mai repede și corect atunci când interesează ambele suprafețe analizate, proximală și ocluzală, cu evoluție în stratul dentinar.
2. Majoritatea repondenților nu au recunoscut remineralizarea în smalț atât pe suprafața ocluzală, cât și proximală.

3. De asemenea, valoarea reală a examenului radiologic este confirmată. Deși se observă o detectare a leziunilor carioase incipiente mai bună în cazul RxBW decât în cazul Rx retroalveolară, totuși, se constată că diferențele nu sunt mari. De asemenea, crește numărul leziunilor carioase detectate odată cu adâncimea lor.

4. CBCT este o investigație neuzuală pentru detectarea cariei dentare, clinicienii nu au exercițiul interpretării.

Mențiuni

Toți autorii au contribuție egală în realizarea acestui articol.

BIBLIOGRAFIE

1. Sonya T. Mitchell ST et al. Satisfaction with dental care among patients who receive invasive or non-invasive treatment for non-cavitated early dental caries: findings from one region of the National Dental PBRN. *BMC Oral Health*. 2017;17:70. doi: 10.1186/s12903-017-0363-8.
2. Haiter-Neto F, Wenzel A, Gottfredsen E. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography scans compared with intraoral image modalities for detection of caries lesions. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:18-22.
3. Akdeniz BG, Grondahl HG, Magnusson B. Accuracy of proximal caries depth measurements: comparison between limited cone beam computed tomography, storage phosphor and film radiography. *Caries Res* 2006;40:202-7.
4. Young SM, Lee JT, Hodges RJ, Chang TL, Elashoff DA, White SC. A comparative study of high-resolution cone beam computed tomography and charge-coupled device sensors for detecting caries. *Dentomaxillofac Radiol* 2009;38:445-51.
5. Qu X, Li G, Zhang Z, Ma X. Detection accuracy of in vitro approximal caries by cone beam computed tomography images. *Eur J Radiol* (in press).
6. Kamburoglu K, Murat S, Yüksel SP, Cebeci AR, Paksoy CS. Occlusal caries detection by using a cone-beam CT with different voxel resolutions and a digital intraoral sensor. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109:e63-9.
7. Kayipmaz S, Sezgin OS, Saricaoglu ST, Can G. An in vitro comparison of diagnostic abilities of conventional radiography, storage phosphor, and cone beam computed tomography to determine occlusal and approximal caries. *Eur J Radiol* (in press).
8. Young-Seok Park et al. Current status of dental caries diagnosis using cone beam computed tomography. *Imaging Science in Dentistry* 2011;41:43-51.
9. Bader JD, Shugars DA. A systematic review of the performance of a laser fluorescence device for detecting caries. *J Am Dent Assoc* 2004;135:1413-26.
10. Haak R, Wicht MJ, Noack MJ. Conventional, digital and contrast enhanced bite-wing radiographs in the decision to restore proximal carious lesions. *Caries Res* 2001;35:193-9.
11. Tam LE, McComb D. Diagnosis of occlusal caries: Part II. Recent diagnostic technologies. *J Can Dent Assoc* 2001;67:459-63.
12. Peker I, Toraman Alkurt M, Altunkaynak B. Film tomography compared with film and digital bitewing radiography for proximal caries detection. *Dentomaxillofac Radiol*. 2007Dec;36(8):495-9.
13. Baltacioglu IH et al. Comparison of diagnostic methods for early interproximal caries detection with near-infrared light transillumination: an in vivo study. *BMC Oral Health*. 2017;17:130.
14. Bader JD, Shugars DA, Bonito AJ. Systematic reviews of selected dental caries diagnostic and management methods. *J Dent Educ*. 2001 Oct; 65(10):960-8.
15. Hernandez JA et al. Correlation of clinical and radiographic diagnosis of carious lesions in posterior teeth. *Rev Fac Odontol Univ Antioq* vol.28 no.2 Medellín Jan./June 2017.
16. Bertella N, Moura dos S, Alves LS, Damé-Teixeira N, Fontanella V, Maltz M. Clinical and radiographic diagnosis of underlying dark shadow from dentin (ICDAS 4) in permanent molars. *Caries Res*, 2013;47(5):429-432.
17. Senel B, Kamburoglu K, Uçok O, Yüksel SP, Ozen T, Avsever H. Diagnostic accuracy of different imaging modalities in detection of proximal caries. *Dentomaxillofac Radiol*. 2010 Dec;39(8):501-11.
18. Wenzel A, Hirsch E, Christensen J, Matzen LH, Scaf G, Frydenberg M. Detection of cavitated approximal surfaces using cone beam CT and intraoral receptors. *Dentomaxillofac Radiol* 2013;42:39458105.
19. Wenzel A. Radiographic display of carious lesions and cavitation in approximal surfaces: Advantages and drawbacks of conventional and advanced modalities. *Acta Odontol Scand*. 2014 May; 72(4):251-64.
20. Kayipmaz S, Sezgin OS, Saricaoglu ST, Can G. An in vitro comparison of diagnostic abilities of conventional radiography, storage phosphor, and cone beam computed tomography to determine occlusal and approximal caries. *Eur J Radiol*. 2011 Nov; 80(2):478-82. 37.
21. Valizadeh S, Tavakkoli MA, Karimi Vasigh H, Azizi Z, Zarrabian T. Evaluation of Cone Beam Computed Tomography (CBCT) System: Comparison with Intraoral Periapical Radiography in Proximal Caries Detection. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2012;6:1-5.
22. Wenzel A, Hirsch E, Christensen J, Matzen LH, Scaf G, Frydenberg M. Detection of cavitated approximal surfaces using cone beam CT and intraoral receptors. *Dentomaxillofac Radiol*. 2013; 42(1):39458105.
23. Shahidi S, Zadeh NK, Sharafeddin F, Shahab S, Bahrampour E, Hamedani S. An in vitro comparison of diagnostic accuracy of cone beam computed tomography and phosphor storage plate to detect simulated occlusal secondary caries under amalgam restoration. *Dent Res J (Isfahan)*. 2015;12:161-6.
24. Krzyzostaniak J, Kulczyk T, Czarnecka B, Surdacka A. Comparative study of the diagnostic accuracy of cone beam computed tomography and intraoral radiographic modalities for the detection of noncavitated caries. *Clin Oral Investig*. 2015;19:667-72.