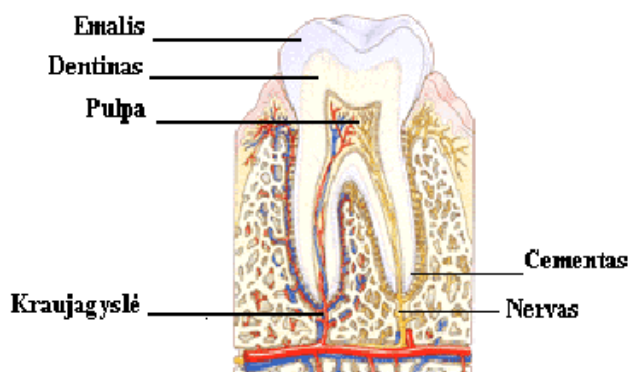


4. Optinė dantų ėduonies diagnostika

Ėduonis, arba kariesas, yra pagrindinė dantų praradimo priežastis. Pastaruoju metu, į dantų pastą dedant fluoro junginių ir vis daugiau dėmesio skiriant burnos higienai, gerokai sumažėjo atvejų, kai dėl ėduonies dantis visiškai suyra (Chauncey ir kt., 1989; Kaste ir kt., , 1996; Winn ir kt., 1996). Vis dėlto maždaug 80 % 17 metų amžiaus paauglių jau turi bent vieną sugedusį dantį, o du trečdaliai 35–40 metų amžiaus suaugusiųjų dėl ėduonies jau yra praradę bent vieną dantį. Vyresniame amžiuje dantys dažniausiai prarandami dėl šaknų ėduonies. Kaip ir daugeliu atvejų, sunkių ėduonies sukeliamų pasekmių galima išvengti laiku diagnozavus ėduonies atsiradimą.

Žmogaus dantį sudaro vainikas, kaklelis ir viena ar kelios šaknys. Danties viduje yra pulpa,



4.1 pav. Danties sandara

kuri atitinka sumažintus danties kontūrus.

Ją gaubia į kaulą panaši medžiaga dentinas. Vainiko srityje dentiną dengia dar kietesnė medžiaga emalis, o šaknies srityje – cementas. Kaklelio srityje emalis dengia cementą arba su juo tik susisiečia (4.1 pav.). Mineralizacija danties kietuosiuose audiniuose bei kauluose yra skirtinga: kaulai < cementas < dentinas < emalis. Emalis – labiausiai mineralizuotas

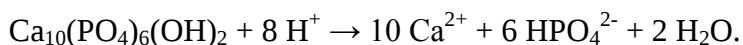
ir kietiausias organizmo audinys. Jo storis įvairiose danties vainiko vietose yra skirtingas: danties kaklelio srityje ploniausias (0,01 mm), ant kramtomojo paviršiaus – storiausias (1–2 mm). Emalis neturi nei ląstelių, nei kraujagyslių, nei nervų. Jo struktūrinis vienetas – emalio prizmės, kurių skersmuo – 4–5 μm. Kiekviena prizmė tęsiasi per visą emalio storį. Prizmes susieja nedidelis kiekis organinių medžiagų. Emalis yra iš dalies laidus. Pro jį gali patekti vanduo, jame ištirpę jonai, alkoholis, dažikliai ir kt. Emalis saugo dentiną ir pulpą nuo išorinių dirgiklių – temperatūros, cheminių, biologinių veiksnių poveikio. Emalyje yra net 95 % (sausos svorio) mineralinių medžiagų, 4 % vandens ir 1 % organinių medžiagų. Svarbiausias emalio, kaip ir kitų danties kietųjų audinių bei kaulų mineralas yra hidroksiapatitas $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Be pagrindinių mineralinių medžiagų, kalcio ir fosforo, danties apatito kristalinių gardelių sudėtyje yra kitų katijonų bei anijonų: CO_3^{2-} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Cl^- , F^- .

Dentinas yra kietas danties audinys, bet ne toks mineralizuotas negu emalis. Dentine nėra kraujagyslių. Maisto medžiagos į jį patenka per kanalėlius (tubules), išsidėsčiusius statmenai dentino–emalio ir dentino–cemento ribai. Tubulės yra svarbios dantų augimui. Jų ilgis iki kelių

milimetrų, skersmuo 100 nm–3 µm. Tik 70 % dentino tūrio sudaro hidroksiapatitas, 20 % sudaro organinės medžiagos (daugiausia kolageno pluoštai) ir 10 % vanduo.

Pulpa – purus jungiamasis audinys, užpildantis danties ertmę. Visiškai nemineralizuotas. Pulpoje yra daug kraujagyslių, limfagyslių, vegetacinių ir juntamųjų nervinių skaidulų, patenkančių pro šaknies viršūnės angą, todėl pulpa yra jautri visiems dirgikliams (šalčiui, šilumai, slėgiui ir kt.). Taip pat yra odontoblastai ir fibroblastai. Odontoblastai – tai atsarginė medžiaga, iš kurios formuojasi dentinas, o fibroblastai dalyvauja stabilumo ir reguliaciniuose procesuose. Pulpa su periferiniais kraujo indais jungiasi mažais šaknų kanalais. Pats dantis įsitvirtinęs minkštame audinyje – dantenose, kurios palaiko dantį vietoje ir apsaugo nuo bakterijų.

Dažniausia danties patologinė būseną vadinama ėduonimi, arba kariesu. Jis atsiranda dėl kariogeninės mitybos ir netinkamos burnos higienos. Danties paviršiuje dauginasi mikroorganizmai ir formuoja apnašų sluoksnį. Šie organizmai gamina pieno ir acto rūgštis, taip sumažina pH iki maždaug 3,5. pH labai susijęs su hidroksiapatito tirpumu:



Tokios reakcijos metu emalis gali būti demineralizuojamas vos per kelias dienas. Hidroksiapatito sudėtyje esantis kalcis yra paverčiamas jonu ir išplaunamas seilių. Šis procesas paverčia dantų emalį į labai porėtą ir laidžią struktūrą. Paprastai ši ėduonies rūšis susijusi su danties spalvos patamsėjimu. Tačiau kartais ėduonies sukelti pažeidimai danties paviršiuje būna šviesūs ir tokius sunku aptikti. Pažengusios stadijos ėduonis taip pat demineralizuoja ir dentiną. Šiuo atveju mikroorganizmai gali infekuoti ir pulpą, ir jos vidų, tai dažnai sukelia smarkų skausmą. Stomatologas turi pašalinti infekuotą medžiagą ir užpildyti danties ertmę tinkamais lydiniais, auksu, keramika ar kompozitais. Seniau iš visų lydinų labiausiai buvo paplitusi amalgama. Tačiau šiuo metu šis pasirinkimas nebėra toks populiarus, dėl amalgamos nuodingumo, nes joje yra gana daug gyvsidabrio.

Šiuo metu ėduonis dažniausiai aptinkamas vizualios apžiūros ir dantų tikrinimo metaliniais chirurginiais instrumentais metu. Tačiau tokiais atvejais ėduonis jau būna pažeidęs sveiko danties struktūrą ir susilpninęs dantį. Tada jau yra reikalingas chirurginis įsikišimas ir danties atkūrimas. Prasidėjusį ėduonį yra ypatingai sudėtinga aptikti sukandimo vietose bei tarpdančiuose. Ėduonis taip pat labai dažnai atsiranda prie danties atkūrimo (plombavimo) vietų, todėl diagnozuojant reikia nustatyti, ar esamų plombų nereikia pakeisti naujomis, papildomai išvalyti susidariusią danties ertmę. Deja, bet net ir moderniausi šiuolaikiniai ėduonies aptikimo metodai, tokie kaip rentgenografija, tinka tik pažengusioms ėduonies stadijoms (kai dantyje jau yra atsiradusių

skylių) aptikti, o pradinių stadijų ėduonį, kai dar nereikia plombavimo, šaknų arba antrinių ėduonių nustatyti yra sunku. Taigi nauji diagnostikos metodai, leidžiantys aptikti pradinių stadijų pažeidimus, yra labai reikalingi siekiant išsaugoti natūralius žmogaus dantis. Čia labai patogūs ir tinkami yra optiniai metodai – pirmiausia dėl to, kad jų jautrumas yra labai didelis, ir antra, – jie yra neinvaziniai. Šiuo metu plačiausiai yra taikomi optinio peršvietimo, optinės koherentinės tomografijos bei fluorescenciniai metodai.

Optinio peršvietimo metodas plačiausiai taikomas tarpdančių diagnostikai. Tai yra vizualia apžiūra nepasiekiamos vietos ir įprasta diagnostika atliekama rentgenografu. Deja, ketvirtadalis visų tarpdančiuose atsirandančių ėduonių atvejų rentgeno spinduliais yra neaptinkami (Pine, 1996; Pine ir Bosch, 1996). Optinis peršvietimas ėduoniui aptikti buvo taikomas dar iki atrandant rentgeno spindulius. Šiuo metu, atsiradus didelės galios šviesos šaltiniams bei šviesolaidinėms sistemoms, susidomėjimas šiuo metodu vėl išaugo (Pine, 1996; Peltola ir Wolf, 1981; Barenie ir kt., 1973; Holt ir Azevedo, 1989; Mitropoulis, 1985).

Šviesolaidinio peršvietimo (angl. *fiber-optic transillumination*, FOTI) metu ėduonies paveiktos vietos atrodo tamsesnės. Tai sąlygoja sumažėjęs danties pralaidumas šviesai dėl didesnės sklaidos ir sugerties. Šiuo metu jau yra sukurta skaitmeninė šviesolaidinė peršvietimo sistema



4.2 pav. Vienkartinis instrumento antgalis yra uždedamas ant tiriamo danties; šviesolaidžiu atvesta spinduliuote jis peršviečiamas ir vaizdas perduodamas į rankenoje esančią CCD kamerą

(DIFOTI – *digital fiber-optic transillumination*), kurioje danties peršvietimui naudojama regimoji šviesa ir aukštos kokybės vaizdas fiksuojamas skaitmenine kamera (4.2 pav.). Yra galimi keli DIFOTI variantai: kai dantis apšviečiamas iš vieno šono ir pralaidumo vaizdas fiksuojamas kitame danties šone, ir kitas – kai dantis apšviečiamas iš šono, o vaizdas fiksuojamas viršuje. Didelės skyros nuotrauka yra padaroma beveik akimirksniu, o vos per keletą minučių galima gauti visų dantų pralaidumo vaizdus, iš kurių nesunkiai galima nustatyti net ir pačią ėduonies pradžią. Tačiau tam tikrais atvejais DIFOTI negali pakeisti rentgenografijos. Kol kas DIFOTI metodas taikomas tik

matomos danties dalies peršvietimui ir jis nėra tinkamas danties šaknų tikrinimui. DIFOTI nuotraukų pavyzdžiai pateikti 4.3 paveiksle.

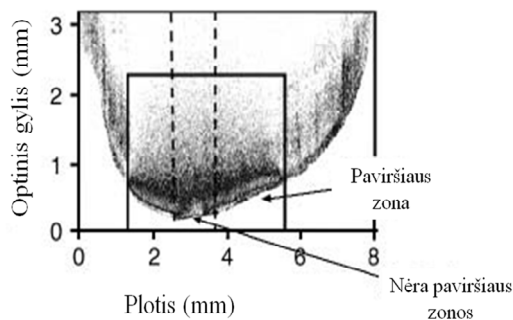


4.3 pav. Kairiajame paveikslėlyje matomas aplink danties plombą pradėjęs vystytis antrinis ėduonis. Viduriniajame paveiksle matomas sukandimo vietoje prasidėjęs ėduonis. Dešiniajame – tarpdantyje prasidėjęs ankstyvasis ėduonis

Dantys paprastai fluorescuoja apšvietus juos UV ir regimosios spektro srities spinduliuote (Alfano ir Yao, 1981; Alfano ir kt., 1984). Buvo parodyta, kad lazerio spinduliuotės sužadinta dantų endogeninių fluoroforų fluorescencija gali būti taikoma ėduoniui aptikti. Apšvietus artimojo UV ir regimąją šviesą, o vaizdą registruojant raudonojoje spektro srityje (600–700 nm), demineralizuotos/ėduonies paveiktos vietos atrodo tamsiau. Kol kas nėra nustatyta, kokios medžiagos yra atsakingos už danties fluorescenciją raudonojoje srityje. Taip pat buvo nustatytas sumažėjusio fluorescencijos intensyvumo ir emalio demineralizacijos stadijos ryšys (Hafstroem-Bjoerkman ir kt., 1992). Toks optinis pažeidimo lygio nustatymo metodas buvo pavadintas kiekybine lazerio spinduliuote sužadinta fluorescencija (angl. *quantitative laser fluorescence*, QLF). QLF metodu taip pat galima nustatyti pažaidos hidratacijos lygį, kuris parodo ėduonies aktyvumą (Van der Veen ir kt., 1999). Deja, kol kas sunku QLF metodu aptikti ėduonį sukandimo vietose bei tarpdančiuose – būtent tose vietose, kuriose pažeidimus pastebėti yra sunkiausia.

Bakterijos gamina didelius kiekius porfirinų ir dantų apnašos fluorescuoja apšvietus raudona spinduliuote (Koenig ir kt., 1994). Šiuo atradimu yra paremta ir nauja ėduonies aptikimo sistema DIAGNOdent™. Tai yra optinės diagnostikos sistema, kurioje fluorescencijos žadinimui yra naudojamas diodinis lazeris, o fluorescencija registruojama šviesolaidiniu zondų (Hibst ir kt., 2001). Ši gana pigi sistema yra didelis žingsnis link geresnio ėduonies aptikimo „paslėptose“ vietose, t. y. kai pažaida jau yra pasiekusi dentiną, bet dar yra per maža, kad būtų aptikta rentgenu (Shi ir kt., 2000). DIAGNOdent sistema yra nelabai jautri esant ankstyvosioms emalio pažaidoms.

Dar vienas neinvazinis optinis ėduonies diagnostikos metodas – optinė koherentinė tomografija (OKT) (žr. 5 skyrių). Tai labai jautrus metodas ankstyvajam ėduoniui aptikti. Pirmosios kietųjų ir minkštųjų burnos ertmės audinių OKT nuotraukos buvo padarytos maždaug prieš 10 metų (Colston ir kt., 1998 a; Colston ir kt., 1998 b), o truputį vėliau buvo atlikta ir poliarizacinė optinė tomografija POKT (Baumgartner ir kt., 1998; Baumgartner ir kt., 2000). Šiuo metu POKT atliekama naudojant

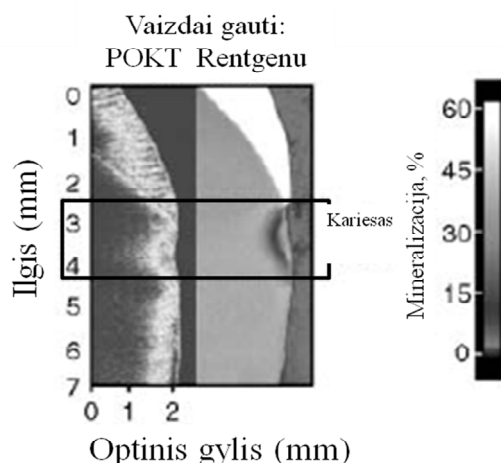


4.4 pav. Tarpdančio, kuriame pradėjęs vystytis ėduonis, POKT nuotrauka

paviršiaus, kuriose yra mažesnė sklaida, galbūt vyksta remineralizacijos procesai ir šios pažaidos vietos gali būti nebeaktyvios. Srityje, kuri nuotraukoje pažymėta brūkšninėmis linijomis, sklaida prie paviršiaus yra labai didelė. Tai gali būti progresuojanti aktyvi pažaidos zona. Taigi galimybė nustatyti pažaidos aktyvumą, t. y. ar ji yra aktyvi ir reikalingas gydymas/plombavimas, ar ji yra nebeaktyvi ir joks išsikišimas nereikalingas, yra labai svarbi gydymo procesui, tačiau kol kas jokiais kitomis technologijomis nustatyti pažaidų aktyvumo neįmanoma.

Maždaug 70 % chirurginės stomatologijos sudaro jau taisytų danties vietų gydymas (Kidd, 1992). To priežastis yra antrinis kariesas. Jam aptikti taip pat gali būti naudojama POKT. Plombavimui naudojamų medžiagų sklaidos savybės yra kitokios nei sveiko danties kietųjų audinių, todėl galima atskirti emalį nuo plombų ir aptikti aplink plombas atsirandantį ėduonį (Colston ir kt., 1998; Feldchtein ir kt., 1998). Taikant POKT, taip pat galima įvertinti po plombomis esančių

pažeidimų demineralizacijos pobūdį (Fried ir kt., 2002 a; Fried ir kt., 2002 b).



4.5 pav. Rentgeno ir POKT vaizdų palyginimas. Nedidelė pažaida yra po cemento–emalio sandūra (apvesta juoda linija). POKT vaizdo intensyvumas kinta nuo 12 dB iki -45 dB. Vietos, kuriose intensyvumas didesnis nei -5dB, pavaizduotos pilka spalva, o tos, kur intensyvumas mažesnis nei -35 dB, pavaizduotos juoda spalva. Rentgeno vaizde emalis yra baltas, sveikas dentinas yra pilkas, o demineralizuotos pažaidos zonos yra beveik juodos (Fried ir kt., 2002 a; Fried ir kt., 2002 b)

Vis daugiau problemų kyla vyresnio amžiaus žmonėms dėl dantų šaknų ėduonies, tai yra svarbiausia vyresnių nei 44 metų asmenų dantų praradimo priežastis. Dentino sklaidos koeficientas yra daug didesnis nei emalio, todėl šviesos įsiskverbimo gylis į dentiną yra mažesnis. Ankstyvasis dantų šaknų ėduonis yra aptinkamas dentino ir cemento paviršiuje ir jį nustatyti nepažeidžiant trapius ir nelabai mineralizuoto danties audinio yra labai sudėtinga. Tai gali

būti atliekama aukštos skyros rentgenografija, kuria gaunamas danties mineralų tankio pasiskirstymas su 9 μm skiriamąja geba (Kinney ir kt., 1995; Kinney ir kt., 1994) ir POKT metodu. 4.5 paveiksle pateikti tos pačios danties pažaidos (ankstyvasis šaknų ėduonis) rentgeno ir POKT vaizdai. Ėduonis yra atsiradęs po cemento–emalio sandūra. Esminis rentgenografijos privalumas yra tas, kad atlikus diagnostiką gaunamas trimatis vaizdas ir pažeidimas gali būti apžiūrėtas iš bet kurios pusės. POKT vaizdų gavimą labai sunkina didelė emalio ir dentino sklaida, tačiau gautas vaizdas labai gerai koreliuoja su rentgeno nuotrauka. Tiek rentgenogramoje, tiek POKT vaizde aiškiai matoma pusrutulio formos pažaida. Taigi neinvazinis ir nekenksmingas POKT metodas ir šioje srityje puikiai gali atstoti rentgeno spindulius, o ateityje gali ir visai juos pakeisti. Tačiau jau dabar stomatologai, derindami tradicinius diagnostikos metodus su naujausiomis optinėmis biopsijos technologijomis, sugeba aptikti ėduonį gerokai anksčiau, kai sveiko danties audinio pašalinti dar nereikia.

Literatūra

Alfano R.R., W. Lam, H.J. Zarrabi, M.A. Alfano, J. Cordero, D.B. Tata (1984) Human teeth with and without caries studied by laser scattering, fluorescence and absorption spectroscopy. IEEE J. Quantum Electron., 20, 1512.

Alfano R.R., S.S.Yao (1981) Human teeth with and without dental caries studied by visible luminescent spectroscopy. J. Dent. Res., 60, 120.

Barenie J., G. Leske, L.W. Ripa (1973) The use of fiber optic transillumination for the detection of proximal caries. Oral Surg., 36, 891.

Baumgartner A., S. Dicht, C.K. Hitzenberger, H. Sattmann, B. Robi, A. Moritz, W. Sperr, A.F. Fercher (2000) Polarization-sensitive optical coherence tomography of dental structures. Caries Res., 34, 59.

Baumgartner A., C.K. Hitzenberger, S. Dicht, H. Sattmann, A. Moritz, W. Sperr, A.F. Fercher (1998) Optical coherence tomography for dental structures. In: Lasers in Dentistry IV, R. Featherstone, D. Fried (eds.), Proc. SPIE, 3248, 130.

Chauncey H.H., R.L. Glass, J.E. Alman (1989) Dental caries, principal cause of tooth extraction in a sample of US male adults. Caries Res., 23, 200.

Colston B., M. Everett, L. Da Silva, L. Otis, P. Stroeve, H. Nathel (1998 a) Imaging of hard and soft tissue structure in the oral cavity by optical coherence tomography. Appl. Opt., 37, 3582.

- Colston B.W., M.J. Everett, L.B. Da Silva, L.L. Otis (1998 b) Optical coherence tomography for diagnosis of periodontal diseases. In: Coherence Domain Optical Methods in Biomedical Science and Clinical Applications II. V.V. Tuchin, V.V. Izatt (eds.), Proc. SPIE, 3251, 52.
- Colston B.W., U.S. Sathyam, L.B. Da Silva, M.J. Everett, P. Stroeve (1998) Dental OCT. Opt. Express, 3, 230.
- Feldchtein, F.I., G.V. Gelikonov, V.M. Gelikonov, R.R. Iksanov, R.V. Kuranov, A.M. Sergeev, N.D. Gladkova, M.N. Ourutina, J.A. Warren, D.H. Reitze (1998) *In vivo* OCT imaging of hard and soft tissue of the oral cavity. Opt. Express, 3, 239.
- Fried D., J. Xie, S. Sha, J. Featherstone, T.M. Breunig, C.Q. Lee (2002 a) Imaging caries lesions and lesion progression with polarization optical coherence tomography. In: Lasers in Dentistry VIII. P. Rechmann, D. Fried, T. Hennig, (eds). Proc. SPIE, 4610, 124.
- Fried D., J. Xie, S. Sha, J.D.B. Featherstone, T. Breunig, C.Q. Lee (2002 b) Early detection of dental caries and lesion progression with polarization sensitive optical coherence tomography. J. Biomed. Opt., 7, 618.
- Hafstroem-Bjoerkman U., F. Sundstroem, E. de Josselin de Jong, A. Oliveby, B. Angmar-Mansson (1992) Comparison of laser fluorescence and longitudinal microradiography for quantitative assessment of *in vitro* enamel caries. Caries Res., 26, 241.
- Hibst R., R. Paulus, A. Lussi (2001) Detection of occlusal caries by laser fluorescence: basic and clinical investigations. Med. Laser Appl., 16, 205.
- Holt R.D., M.R. Azevedo (1989) Fiber optic transillumination and radiographs in diagnosis of approximal caries in primary teeth. Community Dent. Health, 6, 239.
- Kaste L.M., R.H. Selwitz, R.J. Oldakowski, J.A. Brunelle, D.M. Winn, L.J. Brown (1996) Coronal caries in the primary and permanent dentition of children and adolescents 1–17 years of age: United States, 1988–1991. J. Dent. Res., 75, 631.
- E.A.M. Kidd (1992) Secondary caries. Int. Dent. J., 42, 127.
- Kinney J.H., M. Balooch, D.L. Haupt, S.J. Marshall, G.W. Marshall (1995) Mineral distribution and dimensional changes in human dentin during demineralization. J. Dent. Res., 74, 1179.
- Kinney J.H., D.L. Haupt, M.C. Nichols, T.M. Breunig, G.W. Marshall, S.J. Marshall (1994) The x-ray tomographic microscope: three-dimensional perspectives of evolving structures. Nucl. Instrum. Meth. A, 347, 480.
- Koenig K., H. Schneckenburger, J. Hemmer, B.J. Tromberg, R.W. Steiner, W. Rudolf (1994) *In vivo* fluorescence detection and imaging of porphyrin-producing bacteria in the human skin and in the oral cavity for diagnosis of *acne vulgaris*, caries, and squamous cell carcinoma. In: Advances in Laser and Light Spectroscopy to Diagnose Cancer and Other Diseases, R.R. Alfano (ed.) Proc. SPIE, 2135, 129.

Mitropoulis C.M. (1985) The use of fiber optic transillumination in the diagnosis of posterior approximal caries in clinical trials. *Caries Res.*, 19, 379.

Peltola J., J.Wolf (1981) Fiber optics transillumination in caries diagnosis. *Proc. Finn. Dent. Soc.*, 77, 240.

Pine C.M. (1996) Fiber–optic transillumination (FOTI) in caries diagnosis. In: *Early Detection of Dental Caries*. G.K. Stookey (ed.) Indiana University, Indianapolis, 66.

Pine C.M. J.J. Bosch (1996) Dynamics of and diagnostic methods for detecting small carious lesions. *Caries Res.*, 30, 381.

Shi X.Q., U. Welanders, B. Angmar–Mansson (2000) Occlusal caries detection with Kavo DIAGNOdent and radiography: an *in vitro* comparison. *Caries Res.*, 34, 151.

Van der Veen M.H., E. de Josselin de Jong, S. Al–Kateeb (1999) Caries activity detection by dehydration with qualitative light fluorescence. In: *Early Detection of Dental Caries*. G.K. Stookey (ed.), Indiana University, Indianapolis, 251.

Winn D.M., J.A. Brunelle, R.H. Selwitz, L.M. Kaste, R.J. Oldakowski, A. Kingman, L.J. Brown (1996) Coronal and root caries in the dentition of adults in the United States, 1988–1991. *J. Dent. Res.*, 75, 642.