

Laserfluoresens – et effektivt hjelpemiddel for deteksjon av okklusal dentinkaries?

Av
Tormod Bjartveit Krüger
&
Unni Drotninghaug

Veileder Ivar Espelid
Biveileder Helgi Hansson



Institutt for klinisk odontologi
Avdeling for pedodonti og atferdsfag
Det Odontologiske Fakultet
Universitetet i Oslo

2006

INNHold

1 Forord	s. 3
2 Sammendrag	s. 4
3 Introduksjon	s. 5
4 Materiale	s. 7
4.1 Litteraturstudie	s. 7
4.1.1 Inklusjon av artikler	s. 7
4.1.2 Eksklusjonskriterier	s. 7
4.2 In vitro studie	s. 8
5 Metode	s. 9
5.1 DIAGNOdent	s. 9
5.2 Litteraturstudie	s. 11
5.3 In vitro studie	s. 12
6 Resultat	s. 16
6.1 Litteraturstudie	s. 16
6.2 In vitro studie	s. 19
7 Diskusjon	s. 23
7.1 Hovedfunn	s. 23
7.1.1 Måling med LF har høy sensitivitet, men noe lav spesifisitet	s. 23
7.1.2 LF med DIAGNOdent har god reproduserbarhet	s. 23
7.1.3 Rtg og VI har en tendens til å underdiagnostisere	s. 24
7.2 Styrker og svakheter med in vitro studien	s. 24
7.2.1 Styrker	s. 24
7.2.2 Svakheter	s. 25
8 Konklusjon	s. 26
9 Ordliste	s. 27
Referanser	s. 29

1 FORORD

Dette prosjektet ble gjennomført av to avgangsstudenter ved Det odontologiske fakultet, UiO, avdeling for pedodonti og atferdsfag. Arbeidet er en del av en større studie som spesialistkandidat Helgi Hansson jobbet med, men ble også stående uavhengig av hans materiale.

Vi vil takke veileder professor Ivar Espelid og biveileder tannlege Helgi Hansson for god hjelp og oppfølging. En varm hilsen går også til avdeling for oral kirurgi og oral medisin, og avdeling for pedodonti, som takk for hjelp med innsamling av tenner. Og til slutt vil vi takke Mari for alle gode råd.

Oslo, november 2006

Unni Drotninghaug og Tormod Bjartveit Krüger

2 SAMMENDRAG

Laserfluoresens - et effektivt hjelpemiddel for deteksjon av okklusal dentinkaries?

Krüger T. B., Drotninghaug U.

Laserfluoresens (LF) har blitt introdusert som et alternativ til visuell inspeksjon (VI) og bitewing radiografi (BW) for deteksjon av karies. Det foreligger flere studier som undersøker verdien av LF. Få studier har tatt hensyn til om måten tennene oppbevares på før måling har betydning for måleverdien. Målet med denne studien var å gjøre gjennomføre en egen, begrenset validitetsundersøkelse av LF-basert diagnostikk av karies okklusalt på nyekstraherte tenner. Vi ønsket også å undersøke foreliggende faglitteratur med tanke på validiteten for LF brukt i kariesdiagnostikk okklusalt. Materialet for in vitro undersøkelsen var 31 tredjemolarer som var uten fyllinger. Noen tenner var klinisk friske, mens andre hadde okklusalkaries uten store, åpenbare kaviteter. Etter ekstraksjon ble tennene straks pakket i plastfolie. Tennene ble sandblåst og diagnostisert med VI. De ble deretter målt med KaVo DIAGNOdent 2 ganger innen det var gått 2 timer. Den høyeste verdien ble ført inn på en standardisert skisse av okklusalrelieffet. Tennene ble deretter røntgenfotografert og lagt i formalin for oppbevaring. Til slutt ble tennene fotografert før de ble boret opp for å bestemme de eventuelle lesjonenes dybde (gullstandard). To observatører gjorde uavhengig diagnostikk med VI og røntgen.

Sensitiviteten og spesifisiteten var henholdsvis 1,0 og 0,38. Reproduserbarheten mellom to målinger ble beregnet med Spearmans korrelasjonskoeffisient til 0,97. Interobservatør-samsvaret med røntgendiagnostikk ga en kappaverdi på 0,6. Etter å ha sammenlignet røntgendiagnostikken etter repetert diagnostikk, ble det funnet at den ene observatøren hadde intraobservatør-verdi på 0,1 og den andre 0,6. Tendensen fra litteraturstudien var delvis sammenfallende med våre egne funn, da den viste en medianverdi for sensitivitet på 0,80 og 0,75 for spesifisitet.

3 INTRODUKSJON

Kariesprevalensen og alvorlighetsgraden av kariesangrep har gått markant ned i mesteparten av den vestlige verden de siste tiårene, som et resultat av forbedret egenhygiene og økt fluorbruk (1-3). Likevel har norske 18-åringer i snitt 5 tenner med karieserfaring (DMFT =5, tall fra Statistisk sentralbyrå). Hos 12 år gamle barn er 75 % av all karies lokalisert til 6'ere, og da hovedsakelig okklusalt (4). Disse tallene er basert på registrering av fyllingskrevende lesjoner bedømt av klinikere i den offentlige tannhelsetjenesten. Dette betyr en viss underregistrering fordi de fleste emaljelesjoner ikke regnes med. Den relative andelen okklusale kariesangrep har økt, og tradisjonelle metoder for undersøkelse, som visuell inspeksjon (VI), bitewing (BW) og sondering, har vist seg å ha klare svakheter i form av under- og overregistrering (5-8). I tillegg viser studier at det kan bli gjort skader på fissurer ved sondering (9;10). Nyere studier har fokusert på metoder og teknikker som kan forbedre diagnostikken, og gi mer reproducerbare funn (11-15). Måling av laserfluoresens (LF) med DIAGNOdent (DD) fra KaVo, har kommet som et resultat av dette, og er det apparatet og den metoden som er brukt i dette prosjektet.

I dag finner man ikke så ofte de store åpne kaviteterne okklusalt som følge av jevnlig tilførsel av fluor. Tilsynelatende intakte fissurer kan derimot skjule underliggende karieslesjoner. Disse lesjonene kan være vanskelig å diagnostisere, i og med at tannens overflate er styrket av fluor. VI med god tørrlegging og godt lys er den tradisjonelle metode for diagnose, sammenholdt med BW. Disse metodene har likevel sine svakheter (16). VI er svært avhengig av den enkelte klinikers øyesyn, betraktninger, forventninger og systematikk. Det kan være lett å overse en okklusal lesjon dersom et barn i årevis har vært kariesfritt og forventningene om å finne noe er lav. Det kan være krevende å diagnostisere emaljekaries eller begynnende dentinkaries på BW. Emaljekaries blir kamuflert av den store andelen av emalje på tannens krone som tegner seg kraftig på røntgenbildet. I overgangen til dentin kan Mach-band effekten eller en røntgenprojeksjon som ikke er ortoradiell gjøre det vanskelig å stille riktig diagnose. Tidligere bruk av sonden til å fysisk kjenne etter heng i fissurene er nå en metode som ikke lenger brukes ved utdanningsinstitusjonene. Dette med tanke på den skade man vet det kan påføre en fissur med en begynnende lesjon der det ikke er brudd i emaljen. Det er også gjort studier som viser at sensitiviteten ved bruk av sonde er så lav som 0,5-0,6 (8).

I den kliniske hverdagen er det spesielt interessant i å skille mellom karies i dentinet og karies begrenset til emaljen, da det har betydning for hva vi velger av terapi. Det tradisjonelle er at man der karies har nådd dentin anser at lesjonen har behov for operativ

terapi. En emaljesjon kan behandles interseptivt ved hjelp av intensiv profylaksebehandling, som fluorpensling eller eventuelt en fissurforsegling. Med tanke på svakhetene ved tradisjonelle former for diagnostikk av tidlige lesjoner, og viten om at okklusalkaries er den hyppigste formen for karies hos barn, er det av stor klinisk interesse om det kan utvikles en sikker og objektiv metode for tidlig diagnose.

Målsetting for prosjektet

Målsettingen for prosjektet var å undersøke om laserfluoresens (LF) gir en pålitelig diagnostikk av dentinkaries okklusalt, sammenlignet med konvensjonelle metoder som bitewing (BW), visuell inspeksjon (VI) og sondering.

- a) Undersøke foreliggende faglitteratur med tanke på validiteten for LF brukt i kariesdiagnostikk okklusalt.
- b) Gjennomføre en egen begrenset validitetsundersøkelse av LF-basert diagnostikk av karies okklusalt på nyekstraherte tenner.

4 MATERIALE

4.1 Litteraturstudie

4.1.1 Inklusjon av artikler

For å finne frem til artikler som omhandlet diagnostikk av okklusalkaries med DIAGNOdent fra KaVo, ble det gjort et elektronisk søk på PubMed med kriteriene: diagnodent, occlusal og in vitro; ”diagnodent AND occlusal AND in vitro”. Resultatet var 32 artikler, der 18 ble valgt ut til å bli brukt i prosjektet på grunnlag av visse kriterier. 14 artikler ble ekskludert, og årsaken til eksklusjon blir kommentert i avsnittet om resultater.

I første omgang ble abstraktet til alle 32 artiklene lest. Alle inkluderte artikler ble lest i sin helhet. Artiklene ble vurdert med tanke på bevisføring, relevans og hvilke data som ble oppgitt. Et viktig kriterium var at artikkelen skulle omtale sensitivitet og spesifisitet på kariesdiagnostikk i dentin. Det ble også sett på om det hadde blitt beregnet et intraobservatør-samsvar. Gjennomgående viste det seg at flertallet av artiklene som passet søkeprofilen også ga en god fremstilling av dette. De fleste av de som ble valgt ut hadde gjort beregninger på D3-nivå, noen hadde i tillegg utregninger for emaljekaries og en artikkel hadde til og med tall for en in vivo del av studien(17).

Noe av det siste som ble sett på, hvis resten av artikkelen ble ansett for å kunne inkluderes, var hva som hadde vært gullstandarden/referansem metode for verifisering av de verdiene man hadde funnet ved målingene. Histologi, oppboring eller lignende metoder som ga direkte innsyn, og dermed en sikker bekreftelse av karieslesjonens utbredelse i tannen, mente vi var den beste formen for verifisering. Bare en av de utvalgte artiklene hadde ikke brukt histologi eller oppboring som gullstandard, men den studien så kun på diagnodentens evne til å reprodusere resultater og hadde derfor ingen grunn til verifisering av måleresultater(18).

4.1.2 Eksklusjonskriterier

Artikler ble ekskludert på følgende grunnlag:

- 1) Formålet med artikkelen var forskjellig fra vår studie
 - a. Sekundærkaries
 - b. Effekt av tannkremrester
 - c. Annet
- 2) Var skrevet på annet språk enn engelsk /norsk/svensk/dansk
- 3) Studien var basert på for få tenner ($n < 40$)

- 4) Kunne ikke framskaffes, til tross for bestilling via Det odontologiske fakultetsbibliotek, UiO

4.2 In vitro studie

Materialet i denne studien ble innsamlet mellom august 2005 og mai 2006. Avdeling for oral kirurgi og oral medisin ved Det odontologiske fakultet, UiO, bidro med tredjemolarer som hadde blitt fjernet, enten kirurgisk eller ved ekstraksjon.

35 permanente tredjemolarer ble samlet inn, hvorav 31 ble inkludert. 4 tenner ble ekskludert fordi de hadde omfattende skader eller store kariesangrep på okklusalflaten, eller på glattflater som ville overlape det aktuelle måleområdet med tanke på røntgenprojeksjonen. De fleste tennene var fra unge voksne pasienter.

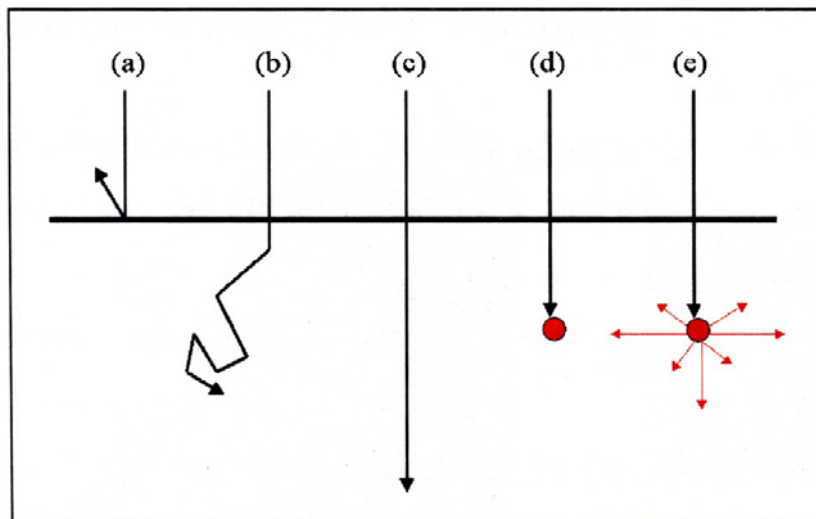
5 METODE

5.1 DIAGNOdent

DIAGNOdent fra KaVo er en innretning som bruker diode laserfluoresens for å diagnostisere karies, og kom for første gang på markedet i 1998. Produsenten opplyser om at hensikten med DD kan deles opp i to hovedpunkter; å oppdage karieslesjoner som ikke blir funnet med konvensjonelle metoder, og å følge progresjonen av en karieslesjon over tid.

DD sender ut lys med bølglengde på 655nm via optiske fibere i en laser diode. Både organiske og uorganiske molekyler absorberer lyset med bølglengde fra 550 – 670nm og en infrarød fluoresens oppstår. Fluoresens øker når emaljen/dentinet blir kariøst. Det er fortsatt noe usikkert hva som skaper fluorescensen, men metabolitter fra bakterier, porfyriner, er en rådende teori (19;20).

Figur 1 Lysets oppførsel mot tannsubstans

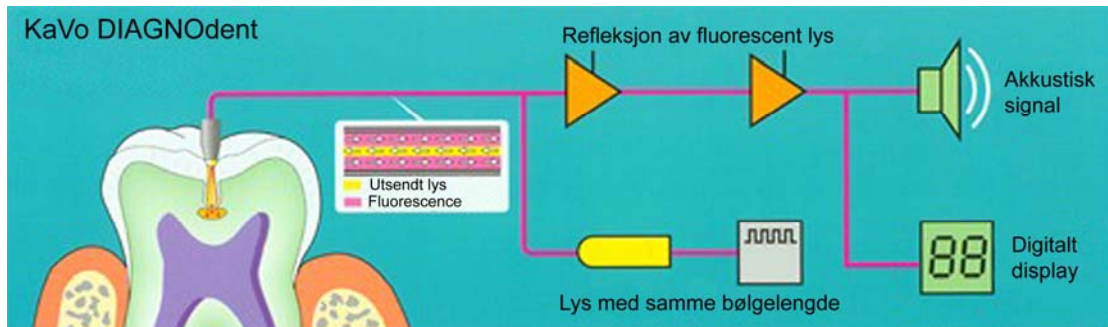


Figur 1 er hentet fra Sofia Tranaeus' doktorgrad, 2002(21)

a)Refleksjon b)Spredning c)Transmisjon d)Absorpsjon e)Absorpsjon og fluoresens

Optiske fibere i dioden transporterer fluoresensen tilbake til en fotocelle i apparatet og overføres til en digital tallverdi mellom 0 og 99 som vises på et display. Samtidig konverteres verdien til et akustisk signal.

Figur 2 Skjematisk tegning av hvordan DIAGNOdent fungerer



Hentet fra KaVo

Man fører dioden langs fissuren og lytter til apparatet som avgir signal med varierende intensitet. Ved mistenkelige punkter, eller der man får en tydelig verdiøkning, roterer man dioden som en pendel om punktet for å finne den høyeste verdien. Den høyeste verdien under en måling vil stå igjen til høyre i displayet som "peak verdi". Samtidig vises det til venstre den fortløpende endrende verdien mens man fører dioden langs fissuren.

Figur 3 DIAGNOdent



Før måling av tannen skal den være grundig rengjort, da plakk, tannstein og misfarginger fra røyk og kaffe etc. kan gi feilaktige måleverdier (22). Man kan bruke pussepasta, sandblåser eller lignende rengjøringsmetoder, avhengig av hvilket belegg som finnes på tannen. Den rengjorte tannen luftblåses deretter tørr, og man foretar målingen umiddelbart.

Figur 4 og 5 LF-måling i dyp fissur



5.2 Litteraturstudie

Sensitivitet og spesifisitet

Sensitivitet og spesifisitet er vesentlige begreper for karakterisering av diagnostiske tester.

Ved en diagnostisk test av f. eks en sykdom kan man ved hvert diagnosetilfelle skille mellom fire utslag

- En sann positiv (SP) diagnose er tilfellet når diagnosen er positiv og dette stemmer med tilstedeværelse av sykdommen.
- En sann negativ (SN) diagnose er tilfellet når diagnosen er negativ og sykdommen er fraværende.
- En falsk positiv diagnose er tilfellet der diagnosen er positiv mens sykdommen ikke er tilstede. (FP).
- En falsk negativ diagnose er tilfellet der diagnosen er negativ mens sykdommen faktisk er tilstede (FN).

Tabell 1

		Test resultat		
Faktisk tilstand	Syk	T+	T-	(SP + FN)
		Ikke syk	SP	
	FP		SN	(FP + SN)
	(SP + FP)		(FN + SN)	

$$\text{Sensitivitet} = SP / (SP + FN)$$

Andel av de som har sykdommen som er korrekt identifisert som syke.

$$\text{Spesifisitet} = SN / (FP + SN)$$

Andel av de som ikke har sykdommen og som er korrekt identifisert til ikke å ha sykdommen

De to begrepene sensitivitet og spesifisitet sier oss i hvilken grad den diagnostiske testen gir oss riktig informasjon.

Først ble dataene som vi hentet ut lagt inn i en tabell i Microsoft Access (Microsoft® Access 2002, Microsoft Corporation, One Microsoft Way, Redmond, WA 98052-6399), for å kunne fortløpende evaluere de resultatene vi fant og for å få en bedre oversikt. Etter at alle artiklene var grundig gjennomgått, ble resultatene for sensitivitet og spesifisitet plottet inn i ny tabell i Word (Microsoft® Word 2000, Microsoft Corporation, One Microsoft Way, Redmond, WA 98052-6399). Denne tabellen var konstruert slik at den viste tendenser i de inkluderte artiklene.

5.3 In vitro studie

Etter at tennene ble fjernet fra alveolen, ble de pakket i plastfolie, for så å bli målt med DD senest 2 timer etter ekstraksjon.

Framgangsmåte

1. Forberedelse til måling





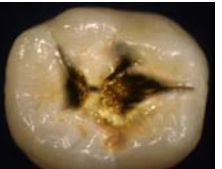
Det første som ble gjort ved hver eneste måleseanse, var at DD ble kalibrert. Dette ble gjort uten unntak og standardisert etter fabrikantens anvisning. Før målingene ble utført, ble tennene rengjort etter følgende rutine; først ble organisk materiale som blod og rester av bløtvev fjernet fra tannens overflate med kaldt vann, sonde og pinsett. Deretter ble tannen

renset grundig okklusalt med KaVo PROPHYflex for å få emaljens overflate helt ren, også nede i fissursystemet. Tannen ble så skylt med vann og tørrlagt i fem sekunder med luft fra treveissprøyte.

2. Vurdering av klinisk bilde av tannen

Det kliniske bildet av bildet av tannen ble vurdert, og man noterte om tannen var frisk eller hvilket nivå av kariesangrep den så ut til å ha. Kariesangrepet ble gradert i henhold til Espelid og Tveit (se tabell 2). Denne registreringen skjedde vanligvis etter at tennene hadde vært lagret på formalin noen uker. Observatørene diagnostiserte uavhengig av hverandre, og kjente ikke til måleverdiene funnet med DD. Ved ulike diagnoser ble enighet oppnådd ved diskusjon.

Tabell 2 Klassifisering i følge kriteriene til Espelid og Tveit, 1998

				
GRAD 1 (O1) Karies karakterisert ved en hvitlig/brunlig misfarging i emaljen uten substansstap (ingen kavitetsdannelse). Ingen røntgenologiske funn.	GRAD 2 (O2) Lite substansstap med brudd i emaljeoverflaten, eller misfarget fissur med grålig/opak tilstøtende emalje og/eller karies begrenset til emaljen røntgenologisk.	GRAD 3 (O3) Moderat substansstap og/eller karies i ytre tredjedel av dentin røntgenologisk.	GRAD 4 (O4) Betydelig substansstap og/eller karies i midtre tredjedel av dentin røntgenologisk.	GRAD 5 (O5) Stort substansstap og/eller karies i indre tredjedel av dentin røntgenologisk.

3. Måling nr 1 med DIAGNOdent

Målingene ble utført samme dag, og på samme måte for hver eneste tann; man kontrollerte at apparatet ikke ga falske positive utslag ved å sette den mot frisk emalje på en av den aktuelle tannens glatte flater. Hvis falske positive verdier ble registrert, ble apparatet kalibrert på nytt. Under selve målingen ble spissen på DD ført sakte over tannens okklusalflate, og da særlig over fissursystemet. Dette ble gjort vinkelrett på tannens okklusalflate. Hvis det ble gjort funn som tydet på karies, eller man så områder som så suspekter ut, ble spissen beveget som en

pendel med kontaktpunktet på tannen som festested. Etter at det punktet som ga den høyeste måleverdien ble merket av på en prefabrikkert tannskisse, og verdien notert, ble tannen på nytt fuktet og tørrlagt som før første måling.

4. Måling nr 2 med DIAGNOdent

Andre måling ble gjort umiddelbart etter første måling. Nå ble det bare målt på det punktet som ga høyest utslag ved første måling, ellers ble målingen utført slik som første gang. Den høyeste verdien ved andre måling ble notert, og tannen ble lagt på et merket glass med formalin.

5. Røntgenundersøkelse

Etter målingene ble hver tann bevart i hver sin merkede beholder med formalin. De ble deretter tatt ut og skylt med vann før røntgenfotografering. Vi brukte et Planmeca Intra røntgenapparat. Bildene ble eksponert med 63kV, 8 mA og en eksponeringstid på 0,250 s. Hver tann ble lagt på en voksbit som støttet den opp, slik at tannens lengdeakse ble liggende parallell med underlaget og bukkalflaten opp mot konus. Et 9 mm tykt pleksiglass ble festet til konus for å etterligne kliniske forhold med røntgenstråler gjennom bløtvev. Avstanden fra fokuspunkt på apparatet og ned til tannen var 32 cm. Tennene ble røntgenfotografert puljevis og bildene fremkalt etter hvert i en helautomatisk Nova XR 24. Tennene som ble fotografert i en pulje hadde altså blitt oppbevart i formalin under ulik tidslengde. Samme røntgenapparat og fremkallermaskin ble brukt på alle tennene i studien, med samme innstilling og fremgangsmåte.

Bildene ble først omkodet til en tilfeldig rekkefølge av en tredje, uavhengig person, noen som betydde at diagnostiseringen ble gjort blindt. På lysbord og med røntgenkikkert ble de så gransket 2 ganger av 2 uavhengige observatører, med ca 3 uker mellom hver gang. Resultatene fra første gjennomgang ble ikke vurdert før andre granskning, og observatørene hadde ikke kjennskap til måleresultater funnet med LF.

6. Oppboring

Hver tann ble tatt ut av beholderen med formalin, skylt i vann og blåst tørr. Det ble tatt bilde med digitalt kamera av tennene før oppboring.

Oppboringen ble utført av to erfarne klinikere. Det ble brukt turbin med sylinderdiamant. Sakte ble tannsubstansen inn mot punktet på tannen hvor det var funnet høyest LF-verdi fjernet. Dette punktet var ved måling med DD-apparatet tegnet av på en

skisse av tannens okklusalrelieff for å kunne identifiseres ved oppboring. Når man hadde boret seg inn til punktet der den eventuelle lesjonen var dypest, ble dybden av lesjonen bestemt ved hjelp av sondering og VI. Det ble brukt mikroskop for å nøyaktig avgjøre dybden. Dybdeangivelsen var resultat av felles diskusjon mellom to erfarne operatører, der den ene boret og den andre var observatør. Kombinasjonen av fargeforandring og sondering var kriteriet for dybdeangivelse i dentinet.

Tabell brukt ved klinisk vurdering:

Grad 1: Karies i ytre halvdel av emaljen

Grad 2: Karies inntil indre halvdel av emaljen

Grad 3: Karies inntil ytre tredje del av dentin

Grad 4: Karies inntil midtre del av dentin

Grad 5: Karies inntil innerste del av dentin

Figur 6 Oppboring



6 RESULTAT

6.1 Litteraturstudie

Som tidligere nevnt var sensitivitet og spesifisitet på DDs funn av karieslesjoner i ytre tredjedel av dentin noe av den informasjonen vi var på jakt etter i artiklene. En oversikt over dette som viser eventuelle tendenser, gjør det lettere å gå inn i litteraturen for å se etter mulige feilkilder.

Tabell 3 Sensitivitet og spesifisitet for DIAGNOdent basert på inkludert litteratur

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Karieslesjoner i dentin (D3):																					
Costa, 2002 ⁽²³⁾																	X		O		
Angnes, 2005 ⁽²⁴⁾ ,nr1														O			X				
Angnes, 2005 ⁽²⁴⁾ ,nr2														O		X					
Reis, 2006 ⁽¹⁷⁾												O				X					
Bamzahim, 2002 ⁽²⁵⁾																	X				O
Kordic, 2003 ⁽¹⁶⁾																O			X		
Attrill, 2001 ⁽²⁶⁾ ,nr1																X	O				
Attrill, 2001 ⁽²⁶⁾ ,nr2																	X	O			
Alwas-Danowska, 2002 ⁽²⁷⁾ ,nr1, 1998												O							X		
Alwas-Danowska, 2002 ⁽²⁷⁾ nr2, 1998												O							X		
Alwas-Danowska, 2002 ⁽²⁷⁾ nr1, 1999											O										X
Alwas-Danowska, 2002 ⁽²⁷⁾ nr2, 1999										O										X	
Lussi, 1999 ⁽²⁸⁾																O	X				
Shi, 2000 ⁽²⁹⁾																	X				O
Cortes, 2003 ⁽³⁰⁾ nr1, n=152														O			X				
Cortes, 2003 ⁽³⁰⁾ nr2, n=92															O				X		
Franscescut, 2003 ⁽³¹⁾ (primære tenner)																	X	O			
Franscescut, 2003 ⁽³¹⁾ (permanente tenner)														O	X						
Lussi, 2003 ⁽³²⁾																		X	O		
Mendes, 2004 ⁽²²⁾																	X				O
Lussi, 2006 ⁽³³⁾																O	X				
In vivo:																					
Reis, 2006 ⁽¹⁷⁾											O					X					
Sensitivitet på D3, spesifisitet på D1:																					
Baseren, 2003 ⁽³⁴⁾																O					X

X= sensitivitet, O= spesifisitet

I vurderingen av resultat fra tidligere studier, ble det bare sett på de verdiene som kommer under overskriften "Karieslesjoner i dentin" i Tabell 3. To studier av ikke relevante verdier ble utelatt(17;34). Det er en klar tendens til at sensitiviteten er bedre enn spesifisiteten. Medianverdien på sensitiviteten er på 0,82 (range 0,73-1,00), og for spesifisiteten er den 0,76 (range 0,47-1,00).

Det sees tre verdier som skiller seg ut, da de har en spesifisitet på 1,00 (15, 25, 31). Bamzahim et al hadde et materiale på 87 premolarer som ble målt med LF, og kontrollert med histologi (25). Tennene hadde enten intakte okklusalflater, eller karieslesjoner uten kavitedannelse. Det ble funnet et samsvar mellom to atskilte målinger, utført av samme observatør, på 0,97. En cut-off verdi på 18 ble beregnet i etterkant på bakgrunn av histologi. Studien skiller seg fra de fleste andre i tabellen ved at tennene ble oppbevart i en mettett tymolløsning. De ble kun tørket av med papir før måling.

Shi et al fant i sin studie fra 2000 også en spesifisitet på 1,00, med en reproduserbarhet på 0,96 (29). I denne studien hadde de et materiale på 48 molarer og 28 premolarer, som ble målt med LF 2 ganger av samme observatør. Tennene hadde enten intakte okklusalflater, eller karieslesjoner uten kavitedannelse. En cut-off verdi på 21,5 ble beregnet i etterkant på bakgrunn av histologi. Også i denne studien ble tennene oppbevart i en mettett tymolløsning før målingene ble gjort.

I deres artikkel fra 2004, fant Mendes et al. også en spesifisitet på 1,00 ved LF-måling av karieslesjoner i 60 temporære molarer i overgangen mellom emalje og dentin (22). Alle tennene hadde minst ett suspekt område med karies. Det ble gjort flere målinger under ulike forhold i denne studien, og de verdiene som ble inkludert i tabell 3 var de som ble funnet under tilnærmet identiske forhold som vår egen in vitro studie; tannen ble rensset, fuktet, og tørket med en treveissprøyte i 3 sekunder, for så å bli målt med LF. Det ble brukt en observatør under målingene, og tennene ble oppbevart i en ukjent mettett saltløsning før målingene.

Tabell 4 Oversikt over de artikler som ble ekskludert fra litteraturstudien

Artikkel:	Forskjellig formål	Annet språk	For få tenner	Ikke å oppdrive
Lizarelli, 2004 ⁽³⁵⁾	X		X	
H.-Weltzien, 2003 ⁽³⁶⁾	X			
Astvaldsdottir, 2004 ⁽³⁷⁾	X		X	
Hosoya, 2003 ⁽³⁸⁾			X	
Naphausen, 2002 ⁽³⁹⁾		X		
Bamzahim, 2004 ⁽⁴⁰⁾	X			
Burin, 2005 ⁽⁴¹⁾				X
Nemes, 2001 ⁽⁴²⁾		X		
Kesler, 2003 ⁽²⁰⁾				X
Fung, 2004 ⁽⁴³⁾	X		X	
Iwamy, 2003 ⁽⁴⁴⁾	X		X	
Tam, 2001 ⁽⁴⁵⁾	X			
Iwamy, 2004 ⁽⁴⁶⁾	X		X	
Lussi, 2005 ⁽⁴⁷⁾	X		X	

14 artikler ble ekskludert fra studien. Fire artikler ble ekskludert på grunnlag av abstract; to artikler kunne ikke skaffes(20;41), og to var på engelsk/skandinaviske språk(39;42). De 10 andre artiklene ble ekskludert etter gjennomlesning, på grunnlag av kriteriene 1 og 3 i de tidligere nevnte eksklusjonskriteriene.

6.2 In vitro studie

Tabell 5 Røntgen diagnose sammenliknet med oppboring

		Lesjonens dybde ved oppboring (misf + sondeheng ved dentinkaries)						Total
		Kariesfri ved oppboring	Karies i ytre emalje-halvdel	Karies i indre emalje-halvdel	Karies i ytre dentin - tredjedel	Karies i midtre dentin-tredjedel	Karies i indre dentin-tredjedel	
RTG Utledet gjennomsnittscore basert på karies1-karies4. Høyeste score er valgt ved 2 like alternativer	Frisk okklusallflate bedømt på rtg	1	2	3	3	1	1	11
	Okklusalkaries rtg grad 2	0	0	1	0	0	0	1
	Okklusalkaries rtg grad 3	6	1	1	4	1	0	13
	Okklusalkaries rtg grad 4	0	0	1	2	1	0	4
	Okklusalkaries rtg grad 5	0	0	0	0	2	0	2
Total		7	3	6	9	5	1	31

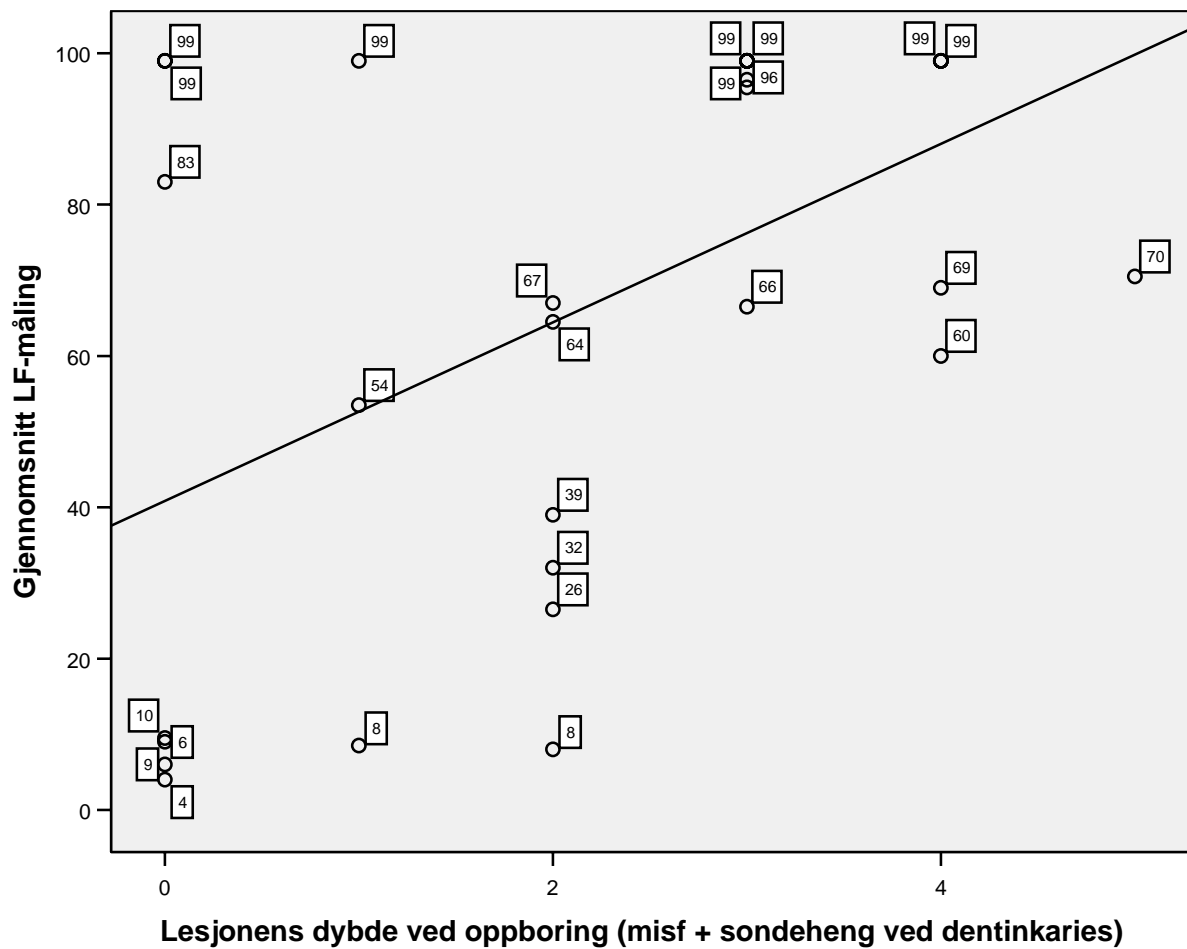
Tabell 5 viser at det ut fra røntgenbilder ble konkludert med 6 kariesangrep grad 3, når tannen i virkeligheten var frisk. Videre sees det også en tendens til underdiagnostisering, da 11 tenner ble røntgenologisk diagnostisert som friske, og at det etter oppboring viste seg at 5 av dem hadde karies i dentin. Interoperatør-samsvaret på rtg ble beregnet til 0,60 (kappa).

Tabell 6 Kliniske funn sammenliknet med oppboring

		Lesjonens dybde ved oppboring (misf + sondeheng ved dentinkaries)						Total
		Kariesfri ved oppboring	Karies i ytre emalje-halvdel	Karies i indre emalje-halvdel	Karies i ytre dentin-tredjedel	Karies i midtre dentin-tredjedel	Karies i indre dentin-tredjedel	
KLINISK Okklusalkaries (konsensus HH&IE)	Frisk okklusallflate (bedømt klinisk)	6	0	2	0	0	0	8
	Okklusalkaries klinisk grad 1	1	3	3	3	1	1	12
	Okklusalkaries klinisk grad 2	0	0	1	2	1	0	4
	Okklusalkaries klinisk grad 3	0	0	0	4	1	0	5
	Okklusalkaries klinisk grad 4	0	0	0	0	2	0	2
Total		7	3	6	9	5	1	31

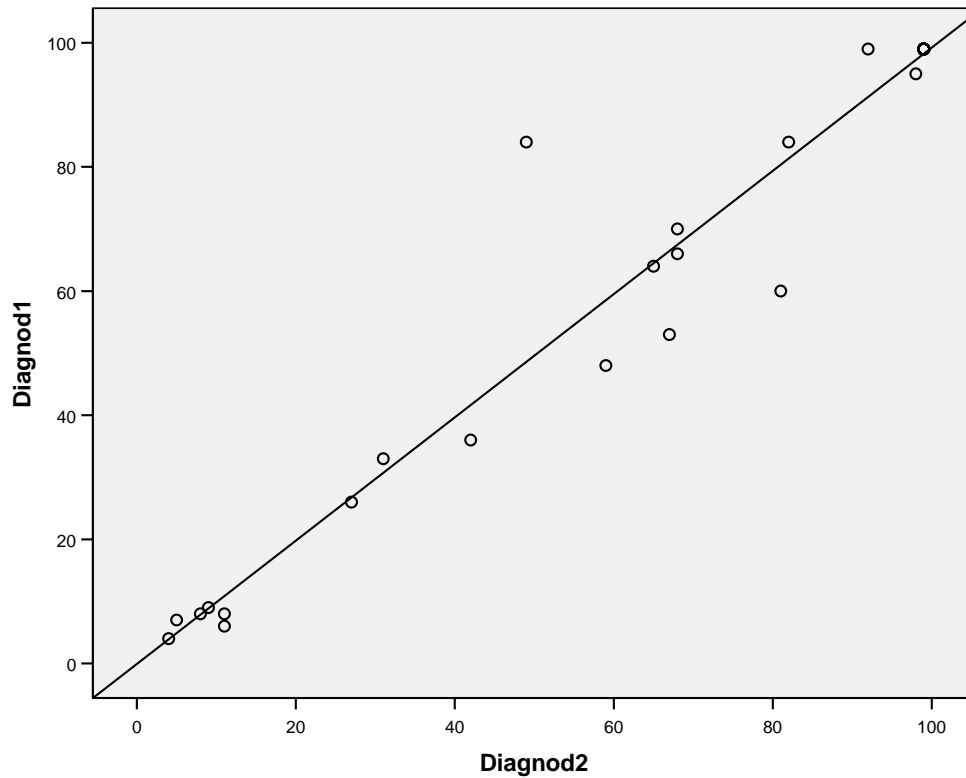
Tabell 6 viser at når kliniske funn ble sammenliknet med oppboring, sees det også her en klar tendens til underdiagnostisering. Særlig når det så ut til å være små karieslesjoner (grad 1 og 2), ble det konstatert at lesjonen faktisk var dypere.

Figur 7 Sammenhengen mellom LF-måling og lesjonens dybde funnet ved oppboring



Figur 5 viser en oversikt over gjennomsnittet av LF-måling 1 og 2, sammenlignet med karieslesjonens sanne utstrekning funnet ved oppboring. Det sees en stor spredning i verdier funnet med LF, sammenlignet med samsvarende lesjon funnet ved oppboring. Enkelte høye verdier sees hvor det ikke ble konstatert dentinkaries ved oppboring. Dette representerer falske positive registreringer. Linjen viser trenden i datamaterialet (fit line), men her er det ikke tatt høyde for usikkerheten i målingene.

Figur 8 Samsvar mellom første og andre måling av LF



I Figur 6 ovenfor viser samsvaret mellom første og andre måling av LF. Med enkelte unntak gir de oppgitte punktene en rettlinjert graf, som tyder på at målingene har god korrelasjon, dvs. at de lar seg reproducere. Spearmans korrelasjonskoeffisient er 0,97.

Tabell 7 Oversikt over friske tenner/ tenner med emaljekaries og tenner med dentinkaries, funnet med LF -måling og ved oppboring etter bruk av cut –off verdi

		Snitt av LF-målinger		Total
		Dentinkaries (≥ 18)	Frisk/emaljekaries (< 18)	
Oppboring	Dentinkaries	15	0	15
	Frisk/emaljekaries	10	6	16
Total		25	6	31

Verdi for cut-off ble satt til 18, og er hentet fra artikkelen Bamzahim et al., fra 2002(25). Det vil si at verdier funnet over dette, ble regnet for å være karies i dentin. For oppboring gjaldt de samme kriteriene, altså at karies som ikke hadde nådd dentin ble regnet som ”frisk/emaljekaries”. Tallene for LF-måling er et gjennomsnitt av måling 1 og 2, og er listet under ”snitt av LF-målinger”. Sensitiviteten var da på 1,00 og spesifisiteten 0,38, basert på tallene fra Tabell 7.

7 DISKUSJON

7.1 Hovedfunn

3 hovedpoeng hentet fra in vitro studie og litteraturstudie

1. Måling med LF har høy sensitivitet, men noe lav spesifisitet.
2. LF med DIAGNOdent har god reproduserbarhet.
3. Rtg og VI har en tendens til å underdiagnostisere.

7.1.1 Måling med LF har høy sensitivitet, men noe lav spesifisitet.

Den foreliggende undersøkelsen har begrenset generaliseringsverdi pga lavt antall tenner. Vi fant at LF identifiserte alle 15 dentinlesjonene i materialet på 31 tenner. Dette gir altså en sensitivitet på 1,0 som er utmerket. Sensitiviteten er høyere enn for resultatene fra de fleste av artiklene vi gjennomgikk i litteraturstudien. Likevel er det en gjennomgående tendens som viser god sensitivitet fra 0,73 til 1,0. Vår studie hadde en spesifisitet på 0,38, noe som betyr at man får svært mange falske positive. Andre studier har vist at LF-målinger har spesifisitet mellom 0,47 og 1,0 (Tabell 3). Som screening av alle okklusalflater i en befolkning med lite karies vil dette ikke være akseptabelt, men dersom en undersøker flater som ansees som suspekter etter konvensjonelle metoder, kan den være et meget godt supplement grunnet den høye sensitiviteten.

Vi brukte en cut-off verdi på 18 for å skille frisk tann/emaljekaries fra dentinkaries. Enkelte av studiene i litteraturdelen opererte med høyere cut-off og brukte altså strengere kriterier for hva som skal tolkes som dentinkaries (16;17;29). Valg av cut-off verdi vil virke inn på resultatene. En cut-off verdi som er for lav vil gi flere falske positive registreringer og dermed trekke ned spesifisiteten. En kunstig høy grenseverdi vil gi bedre spesifisitet, men sensitiviteten vil gå ned. At det er tilnærmet lik cut-off verdi er en viktig faktor når man skal tolke resultatene fra ulike studier og trekke en felles konklusjon. Det kan være verdt å merke seg at vi ikke oppnår noen merkbar forandring på resultater ved å flytte grenseverdien til 30 (se Figur 7).

7.1.2 LF med DIAGNOdent har god reproduserbarhet

En Spearmans korrelasjonskoeffisient på 0,97 tyder på god reproduserbarhet fra DD-målingene. Flere av studiene vi gjennomgikk viste også til god reproduserbarhet av målingene gjort med DD. Samsvaret mellom flere operatører er også vist å være godt (18;28;48). God

reproduserbarhet gjør det mulig å observere lesjoner over lengre tid med god pålitelighet, uavhengig om det er samme operatør som gjør målingene.

7.1.3 Rtg og VI har en tendens til å underdiagnostisere

Tabell 5 og 6 viser resultatene fra diagnose med visuell inspeksjon og røntgen. Tabell 5 illustrerer problemet med røntgendiagnostikk av okklusalkaries. Emaljekaries er svært vanskelig å diagnostisere korrekt på rtg. I overgangen mellom emalje og dentin er det også vanskelig å gi korrekt diagnose, bl.a. grunnet Mach-band effekten. I tabell 5 er det registrert 6 tenner som så friske ut på rtg, men ble diagnostisert etter oppboring til å ha karies i ytre dentin tredjedel. Av 11 tenner som fikk diagnosen friske, var kun 1 faktisk frisk. De resterende 10 var fordelt på alle kategorier fra emaljekaries til dyp dentinkaries. Dette viser både en overdiagnostisering og en underdiagnostisering. Ved Det odontologiske fakultet ved UiO blir det undervist at røntgen er et supplement til den kliniske undersøkelse, og skal ikke alene bære grunnlaget for diagnosen. Hvorfor illustreres i vår undersøkelse.

For å undersøke samsvar ble Cohens Kappa benyttet. To operatører hadde på forhånd kalibrert seg i henhold til diagnose av okklusalkaries på røntgen, med et interobservatør-samsvar på 0,67. Dette ble gjort ved å studere 110 røntgenbilder i dataprogrammet DIL (Digital Interaktiv Læring), og diagnostisere dem med hensyn på okklusalkaries. I vårt in vitro forsøk fikk den ene av operatørene en kappaverdi på 0,13 og den andre 0,60. Interoperatør – samsvaret i materialet var 0,60. Det kan hevdes at mer erfarne klinikere ville gjort en mer presis diagnostikk på røntgenbildene. Andre studier viser imidlertid også svakheter med røntgendiagnostikk(26).

Den visuelle inspeksjonen gjør det noe bedre, men underdiagnostisering ser ut til å være et problem. 16 tenner ble diagnostisert til å ha emaljekaries etter Espelid og Tveits kriterier. Av disse hadde 8 tenner dentinkaries; 5 i ytterste del, 2 i midtre del og 1 i innerste del av dentinet. Andre studier rapporterer om lav sensitivitet for VI. Costa et al fra 2002 fant sensitivitet på kun 0,14 for dentinkaries(23), og Cortes et al fra 2003 fant 0,55(30). Derimot er VI en god metode men hensyn på å identifisere friske tenner. Spesifisiteten i de samme artiklene er henholdsvis 1,00 og 0,90.

7.2 Styrker og svakheter med in vitro studien

7.2.1 Styrker

I vår in vitro studie ble det lagt vekt på å bruke nyekstraherte tenner som ikke var behandlet kjemisk eller var utsatt for uttørking, dette for at resultatene i størst mulig grad skulle kunne

overføres til en klinisk situasjon. Francescut et al fant i 2006 at lagring i tymol, formalin og kloramin påvirket LF-målingene, mens oppbevaring i frossen tilstand ikke hadde noen innvirkning(49). I de fleste andre studier som vi gjennomgikk er det ikke lagt vekt på oppbevaringsmedium eller lagringstid.

Røntgendiagnostikken var blindet, og observatørene jobbet helt uavhengig av hverandre og uten å kjenne til resultater fra måling med LF. Dette gir resultater som ikke er påvirket av annen informasjon enn det som kan sees på det aktuelle røntgenbildet.

Standardiserte metoder ble benyttet under hele vår in vitro studie som oppgitt under avsnittet ”metode”.

7.2.2 Svakheter

I vår studie ble det ikke gjort uavhengige LF-målinger. To observatører delte på oppgaven med å gjøre målingene, så vi kunne ikke regne ut en eventuell interobservatør -variasjon. Dette utgjør en usikkerhetsfaktor når vi skal tolke resultatene. Men tidligere studier har vist at det er godt samsvar mellom målinger gjort av flere operatører ved bruk av DD-apparatet. Costa et al. fant i 2002 en Spearman korrelasjonskoeffisient på 0,89 mellom to operatører (23), og Tranæus et al fant i 2004 en kappaverdi mellom 0,71 og 0,87 (48).

Et annet viktig punkt er at tredje permanente molars kompliserte okklusalrelieff ikke trenger å være representativt for resten av tannsettet (3). Flere av tennene i materialet har ikke vært i okklusjon, noe som kombinert med rester av emaljepitel i dype fissurer kan bidra til at måleresultater blir misvisende. Dette på tross at av at tennene blir grundig rensset før måling.

De fleste artiklene i litteraturstudien har brukt histologi som gullstandard. Dette er ansett som en god metode for å nøyaktig bestemme lesjonens dybde. Ved å bruke oppboring har man introdusert andre typer usikkerhetsmomenter enn ved histologi. En kan tenke seg at en operatør kan bore for langt eller kort i forhold til lesjonens dypeste punkt, eller at tolkningen av lesjonen kan bli mer subjektiv. Ved å bruke en standardisert skisse hvor punktet på tannen med dypeste målingen ble tegnet inn, kan det ha også ha blitt gjort feil i og med at noen av tennene hadde en annen morfologi enn skissene. At gullstandarden er annerledes enn fra andre studier i litteraturen kan påvirke hvorvidt vi kan sammenligne resultatene.

I litteraturdelen var det ønskelig at det skulle være minst to observatører i de studiene som ble inkludert. Etter en litteraturgjennomgang viste det seg å være det seg at dette kravet skulle være vanskelig å overholde, så vi endte opp med at flere av artiklene kun hadde en observatør på selve bruken av DD. Det ble imidlertid tatt hensyn til at det da bare var en

observatør, og de artiklene det gjaldt ble det stilt strengere krav til på de andre vurderingsområdene.

8 KONKLUSJON

Litteraturgjennomgangen viser gode tall med hensyn på sensitiviteten ved bruk av LF til diagnostisering av dentinkaries, med en medianverdi på 0,82 (range 0,73-1,00). Spesifisiteten er noe lavere, men likevel tilfredsstillende, med en medianverdi på 0,76 (range 0,47-1,00). I vår egen in vitro studie, ble det funnet en sensitivitet på 1,0 og en spesifisitet på 0,38. Sensitiviteten ligger da innenfor de verdier som litteraturstudien representerer, mens spesifisiteten ligger noe lavere. Litteraturgjennomgangen viser til god reproduserbarhet, og i in vitro studien ble det beregnet en Spearmans korrelasjonskoeffesient på 0,97. Konklusjonen av disse resultatene, er at man ved ukritisk bruk av LF i en populasjon med lav kariesprevalens risikerer å ende opp med mange falske-positive. Apparatet lar seg påvirke av misfarginger og pussepasta, noe som også kan bidra til dette.

DIAGNOdenten har verdi som et supplement til tradisjonell diagnostikk med kombinert VI og BW, men representerer ikke en fullverdig erstatning for de gamle metodene. Klinikeren som anskaffer apparatet i sin praksis bør være oppmerksom på forhold som påvirker målingene og tolke resultatene kritisk før valg av terapi gjøres.

9 ORDLISTE

LF	= Laserfluoresens
DD	= DIAGNOdent fra KaVo; apparat som er laget for kariesdiagnostikk basert på laserfluoresens
Cut-off	= verdi bestemt med hensyn på det man skal undersøke (grenseverdi)
Prevalens	= Antall personer med en sykdom/antall karieslesjoner i en populasjon på et gitt tidspunkt eller utbredelsen av en sykdom
VI	= Visuell inspeksjon
Rtg	= Røntgen
BW	= Bitewing
Sondering	= Taktil undersøkelse med en odontologisk sonde
in vitro	= Studie gjort utenfor munnen, under kontrollerte omgivelser
in vivo	= Studie gjort på pasienten/under kliniske forhold
PubMed	= Database for medisinske artikler, National Library of Medicine (www.pubmed.com)
Reproduserbarhet	= Forteller noe om hvor mange ganger man får samme resultat når man gjentar en test; evnen til å reprodusere resultat
Gullstandard	= referansem metode i en studie
Validitet	= Hvorvidt en test gir et korrekt svar i forhold til gullstandard
Observatør	= En som bruker en innretning (DD), eller gransker noe (BW, VI)
Histo	= Histologi; undersøkelse av finsnittet preparat med mikroskop
Mach-band effekt	= På rtg vil den store kontrasten mellom den lyse emaljen og det mørke dentinet avgi et mørkt bånd i overgangen mellom de to, og dette kan fremstå som karies (etter Ernst Mach, 1838-1916).
Sensitivitet	= Et mål på hvor nøyaktig en diagnostisk metode korrekt kan identifisere individer med en sykdom, oppgitt i en tallverdi mellom 0,00 og 1,00. Verdien 1,00 betyr at ingen av de syke har blitt identifisert som frisk.
Spesifisitet	= Et mål på hvor nøyaktig en diagnostisk metode korrekt kan identifisere friske individer, oppgitt i en tallverdi mellom 0,00 og 1,00. Verdien 1,00 betyr at ingen av de friske er diagnostisert som syk
DMFT	= Decayed Missing Filled Teeth
D3	= Karies i ytre tredjedel av dentin.

Cohens Kappa	= statistisk metode som måler samsvar mellom to grupper testresultater av samme materiale, der 1 er fullstendig enighet og 0 er uenighet.
Spearman's korelasjonskoeffisient	= non -parametrisk mål for korrelasjon, der 1 er perfekt reproduserbarhet og 0 er fullstendig diskrepans
Intraobservatør-samsvar	= Gir informasjon om i hvilken grad resultatene fra en test varierer mellom to eller flere tester av samme objekt utført av samme person.
Interobservatør-samsvar	= Gir informasjon om i hvilken grad resultatene fra en test av samme objekt varierer når de blir utført av ulike personer.

REFERANSER

- (1) Marthaler TM. Changes in dental caries 1953-2003. *Caries Res* 2004 May;38(3):173-81.
- (2) ten Cate JM. Review on fluoride, with special emphasis on calcium fluoride mechanisms in caries prevention. *Eur J Oral Sci* 1997 Oct;105(5 Pt 2):461-5.
- (3) Fejerskov O, Kidd E. *Dental Caries, The Disease and its Clinical Management*. 1 ed. Blackwell Munksgaard; 2003.
- (4) Wang NJ, Nodeland KI, Truong HT. Dental caries experience in permanent teeth in twelve-year-olds. *Nor Tannlegeforen Tid* 2006;(116):152-6.
- (5) Lussi A. Comparison of different methods for the diagnosis of fissure caries without cavitation. *Caries Res* 1993;27(5):409-16.
- (6) Pitts NB. The use of bitewing radiographs in the management of dental caries: scientific and practical considerations. *Dentomaxillofac Radiol* 1996 Jan;25(1):5-16.
- (7) Kidd EA, Joyston-Bechal S, Smith MM, Allan R, Howe L, Smith SR. The use of a caries detector dye in cavity preparation. *Br Dent J* 1989 Aug 19;167(4):132-4.
- (8) Lussi A. Validity of diagnostic and treatment decisions of fissure caries. *Caries Res* 1991;25(4):296-303.
- (9) Ekstrand K, Qvist V, Thylstrup A. Light microscope study of the effect of probing in occlusal surfaces. *Caries Res* 1987;21(4):368-74.
- (10) van Dorp CS, Exterkate RA, ten Cate JM. The effect of dental probing on subsequent enamel demineralization. *ASDC J Dent Child* 1988 Sep;55(5):343-7.
- (11) Angmar-Mansson B, al-Khateeb S, Tranaeus S. Monitoring the caries process. Optical methods for clinical diagnosis and quantification of enamel caries. *Eur J Oral Sci* 1996 Aug;104(4 (Pt 2)):480-5.
- (12) Pine CM, ten Bosch JJ. Dynamics of and diagnostic methods for detecting small carious lesions. *Caries Res* 1996;30(6):381-8.
- (13) Ekstrand KR, Ricketts DN, Kidd EA. Reproducibility and accuracy of three methods for assessment of demineralization depth of the occlusal surface: an in vitro examination. *Caries Res* 1997;31(3):224-31.
- (14) Ferreira Zandona AG, Analoui M, Beiswanger BB, Isaacs RL, Kafrawy AH, Eckert GJ, et al. An in vitro comparison between laser fluorescence and visual examination for detection of demineralization in occlusal pits and fissures. *Caries Res* 1998;32(3):210-8.
- (15) Huysmans MC, Longbottom C, Pitts N. Electrical methods in occlusal caries diagnosis: An in vitro comparison with visual inspection and bite-wing radiography. *Caries Res* 1998;32(5):324-9.

- (16) Kordic A, Lussi A, Luder HU. Performance of visual inspection, electrical conductance and laser fluorescence in detecting occlusal caries in vitro. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2003;113(8):852-9.
- (17) Reis A, Mendes FM, Angnes V, Angnes G, Grande RH, Loguercio AD. Performance of methods of occlusal caries detection in permanent teeth under clinical and laboratory conditions. *J Dent* 2006 Feb;34(2):89-96.
- (18) Kuhnisch J, Ziehe A, Brandstadt A, Heinrich-Weltzien R. An in vitro study of the reliability of DIAGNOdent measurements. *J Oral Rehabil* 2004 Sep;31(9):895-9.
- (19) Verdonschot EH, van d, V. [Lasers in dentistry 2. Diagnosis of dental caries with lasers]. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2002 Apr;109(4):122-6.
- (20) Kesler G, Masychev V, Sokolovsky A, Alexandrov M, Kesler A, Koren R. Photon undulatory non-linear conversion diagnostic method for caries detection: a pilot study. *J Clin Laser Med Surg* 2003 Aug;21(4):209-17.
- (21) Tranaeus S. Clinical application of QLF and DIAGNOdent -two new methods for quantification of dental Caries Karolinska Institutet, Institute of Odontology, Huddinge; 2002.
- (22) Mendes FM, Hissadomi M, Imparato JC. Effects of drying time and the presence of plaque on the in vitro performance of laser fluorescence in occlusal caries of primary teeth. *Caries Res* 2004 Mar;38(2):104-8.
- (23) Costa AM, Yamaguti PM, De Paula LM, Bezerra AC. In vitro study of laser diode 655 nm diagnosis of occlusal caries. *ASDC J Dent Child* 2002 Sep;69(3):249-53, 233.
- (24) Angnes G, Angnes V, Grande RH, Battistella M, Loguercio AD, Reis A. Occlusal caries diagnosis in permanent teeth: an in vitro study. *Pesqui Odontol Bras* 2005 Dec;19(4):243-8.
- (25) Bamzahim M, Shi XQ, ngmar-Mansson B. Occlusal caries detection and quantification by DIAGNOdent and Electronic Caries Monitor: in vitro comparison. *Acta Odontol Scand* 2002 Dec;60(6):360-4.
- (26) Attrill DC, Ashley PF. Occlusal caries detection in primary teeth: a comparison of DIAGNOdent with conventional methods. *Br Dent J* 2001 Apr 28;190(8):440-3.
- (27) Alwas-Danowska HM, Plasschaert AJ, Suliborski S, Verdonschot EH. Reliability and validity issues of laser fluorescence measurements in occlusal caries diagnosis. *J Dent* 2002 May;30(4):129-34.
- (28) Lussi A, Imwinkelried S, Pitts N, Longbottom C, Reich E. Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries in vitro. *Caries Res* 1999 Jul;33(4):261-6.
- (29) Shi XQ, Welander U, ngmar-Mansson B. Occlusal caries detection with KaVo DIAGNOdent and radiography: an in vitro comparison. *Caries Res* 2000 Mar;34(2):151-8.

- (30) Cortes DF, Ellwood RP, Ekstrand KR. An in vitro comparison of a combined FOTI/visual examination of occlusal caries with other caries diagnostic methods and the effect of stain on their diagnostic performance. *Caries Res* 2003 Jan;37(1):8-16.
- (31) Francescut P, Lussi A. Correlation between fissure discoloration, Diagnodent measurements, and caries depth: an in vitro study. *Pediatr Dent* 2003 Nov;25(6):559-64.
- (32) Lussi A, Francescut P. Performance of conventional and new methods for the detection of occlusal caries in deciduous teeth. *Caries Res* 2003 Jan;37(1):2-7.
- (33) Lussi A, Hellwig E. Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in vitro. *J Dent* 2006 Jan 20.
- (34) Baseren NM, Gokalp S. Validity of a laser fluorescence system (DIAGNOdent) for detection of occlusal caries in third molars: an in vitro study. *J Oral Rehabil* 2003 Dec;30(12):1190-4.
- (35) Lizarelli RF, Bregagnolo JC, Lizarelli RZ, Palhares JM, Villa GE. A comparative in vitro study to diagnose decayed dental tissue using different methods. *Photomed Laser Surg* 2004 Jun;22(3):205-10.
- (36) Heinrich-Weltzien R, Kuhnisch J, Oehme T, Ziehe A, Stosser L, Garcia-Godoy F. Comparison of different DIAGNOdent cut-off limits for in vivo detection of occlusal caries. *Oper Dent* 2003 Nov;28(6):672-80.
- (37) Astvaldsdottir A, Holbrook WP, Tranaeus S. Consistency of DIAGNOdent instruments for clinical assessment of fissure caries. *Acta Odontol Scand* 2004 Aug;62(4):193-8.
- (38) Hosoya Y, Matsuzaka K, Inoue T, Marshall GW, Jr. Influence of tooth-polishing pastes and sealants on DIAGNOdent values. *Quintessence Int* 2004 Sep;35(8):605-11.
- (39) Naphausen MT, Riemersma M, Verdonschot EH. [Diagnosis of occlusal caries lesions using laser fluorescence measurements]. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2002 Jan;109(1):3-7.
- (40) Bamzahim M, Shi XQ, ngmar-Mansson B. Secondary caries detection by DIAGNOdent and radiography: a comparative in vitro study. *Acta Odontol Scand* 2004 Feb;62(1):61-4.
- (41) Burin C, Burin C, Loguercio AD, Grande RH, Reis A. Occlusal caries detection: a comparison of a laser fluorescence system and conventional methods. *Pediatr Dent* 2005 Jul;27(4):307-12.
- (42) Nemes J, Csillag M, Toth Z, Fazekas A. [Reproducibility of the laser fluorescence method for the diagnosis of occlusal caries. Clinical study]. *Fogorv Sz* 2001 Feb;94(1):33-6.
- (43) Fung L, Smales R, Ngo H, Moun G. Diagnostic comparison of three groups of examiners using visual and laser fluorescence methods to detect occlusal caries in vitro. *Aust Dent J* 2004 Jun;49(2):67-71.

- (44) Iwami Y, Shimizu A, Yamamoto H, Hayashi M, Takeshige F, Ebisu S. In vitro study of caries detection through sound dentin using a laser fluorescence device, DIAGNOdent. *Eur J Oral Sci* 2003 Feb;111(1):7-11.
- (45) Tam LE, McComb D. Diagnosis of occlusal caries: Part II. Recent diagnostic technologies. *J Can Dent Assoc* 2001 Sep;67(8):459-63.
- (46) Iwami Y, Shimizu A, Narimatsu M, Hayashi M, Takeshige F, Ebisu S. Relationship between bacterial infection and evaluation using a laser fluorescence device, DIAGNOdent. *Eur J Oral Sci* 2004 Oct;112(5):419-23.
- (47) Lussi A, Reich E. The influence of toothpastes and prophylaxis pastes on fluorescence measurements for caries detection in vitro. *Eur J Oral Sci* 2005 Apr;113(2):141-4.
- (48) Tranaeus S, Lindgren LE, Karlsson L, ngmar-Mansson B. In vivo validity and reliability of IR fluorescence measurements for caries detection and quantification. *Swed Dent J* 2004;28(4):173-82.
- (49) Francescut P, Zimmerli B, Lussi A. Influence of different storage methods on laser fluorescence values: a two-year study. *Caries Res* 2006;40(3):181-5.