

Abstract

## Tandlæger kan identificere osteoporose

Osteoporose er en sygdom, der rammer et stort antal personer, især postmenopausale og ældre kvinder. Følgerne er en hyppig forekomst af knoglebrud, og sygdommen udgør et betydeligt folkesundhedsmæssigt problem.

Medicinske undersøgelser er komplicerede og dyre, og der foretages ikke systematiske scanninger af den ældre kvindelige befolkning. Tandlægerne har mulighed for ud fra røntgenundersøgelser udført i anden anledning i daglig praksis og ved simpel udspørgen med en vis sikkerhed at identificere kvinder med osteoporose. De kan dermed bidrage til tidlig diagnostik af sygdommen og dermed til forebyggelse af dennes alvorlige følger.

Emnet har været genstand for intens forskning i en årrække. Senest er der udført en stor europæisk multicenterundersøgelse (OSTEODENT-projektet).

I nærværende oversigtsartikel gennemgås de forhåndenværende metoder til identifikation og deres diagnostiske værdi med vægt på resultaterne af OSTEODENT-projektet.

**Emneord:**  
Osteoporosis;  
postmenopausal;  
bone loss

# Identifikation i tandlægepraksis af patienter med osteoporose

Ib Sewerin, docent, dr.odont. Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet

Osteoporose (knogleskørhed) betegner en systemisk knoglesygdom, der er karakteriseret ved en reduceret knoglemasse (osteopeni) samt ombygninger af knoglestrukturen, der tilsammen medfører en reduceret knoglestyrke. Herved opstår en øget risiko for knogleskader. De almindeligste former er underarms- og hoftebrud samt ryghvirvelsammenfald. Osteoporose medfører ingen kliniske symptomer. Første sygdomsmanifestation er derfor oftest et knoglebrud.

Sygdommen udgør et stort sundhedsproblem. Det skønnes, at ca. 300.000 danskere har osteoporose (1). Der opstår ca. 10.000 hoftebrud årligt, og ca. hver tredje kvinde vil opleve et hoftebrud i løbet af sit livsforløb (2).

Trods sygdommens udbredelse er det hverken praktisk eller økonomisk muligt at foretage befolkningsscreening (2,3). Sundhedsstyrelsen anbefaler imidlertid, at personer, der har en særlig risiko for at få osteoporotiske knoglebrud, bør tilbydes medicinsk behandling (3). Med henblik på iværksættelse af profylaktiske foranstaltninger over for følger (frakturer) er identifikation af patienter, der er ramt af sygdommen eller er i en højrisikogruppe, derfor vigtig.

Tandlæger har hyppig patientkontakt, og tænder og kæber hører til de hyppigst røntgenfotograferede regioner/organer/strukturer i organismen. Tandlægerne kan derfor bidrage til identifikation af patienter med eller i risiko for at udvikle osteoporose (4,5). Det er påpeget, at tandlæger har samme sundhedsfaglige ansvar mht. til diagnostik af osteoporose som til diagnostik af oral cancer og til forebyggelse af tobaksskader (6).

Formålet med nærværende artikel er at beskrive metoder til identifikation i tandlægepraksis af patienter med osteoporose eller tilhørende en højrisikogruppe mhp. henvisning til lægelig udredning.

## Inddelinger og definitioner

Osteoporose inddeles traditionelt i primær osteoporose, hvor der ikke foreligger nogen påviselig udløsende årsag, og sekundær

osteoporose, hvor tilstanden er udløst af en kendt lidelse eller behandling (2). Yderligere kan sygdommen inddeles i postmenopausal osteoporose, der er hormonelt betinget, og som rammer kvinder, og i senil osteoporose, som er aldersbetinget og rammer såvel kvinder som mænd.

Som diagnostisk kriterium anvendes en værdi for BMD (Bone Mineral Density), der afviger mindst 2,5 standarddeviationer fra »peak bone mass« af den gennemsnitlige BMD-værdi målt i enten hofte-region, underarm eller columna lumbalis (L2-L4) hos unge raske kvinder (2,3,7,8). Knogletætheden måles i  $g/cm^2$ . Værdier mellem 1 og 2,5 standarddeviationer er udtryk for kalciumfattige knogler (osteopeni).

### Diagnostik: guldstandard

BMD, der i alle undersøgelser betragtes som guldstandard for en patients knoglestatus, måles med en dual-foton- eller dual-røntgen-knoglescanner. Undersøgelsesmetoden, som introduceredes i 1987 (9), kaldes DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry) eller blot DXA.

### Diagnostik: kliniske risikoindeks

Der er udviklet flere metoder til sygdomsidentifikation, der bygger på selvrapportering og anamnestic registrering af risikofaktorer, kombineret med simple målinger af vægt mv. Oplysningerne og fundene omsættes i indices, som har vist sig at have en betydelig prædiktiv værdi (10,11) og især at øge den prædiktive værdi af dento-maxillo-faciale radiografiske mål (5,12,13). Disse indices er derfor særligt anvendelige i tandlægepraksis (se senere).

Eksempler på indices er OPERA (Osteoporosis Prescreening Risk Assessment) (14), ORAI (Osteoporosis Risk Assessment Instrument) (10), OST (Osteoporosis Self-Assessment Tool) (15,16), OSIRIS (Osteoporosis Index of Risk) (17), SCORE (Simple Calculated Osteoporosis Risk Estimation) (18), SOFSURF (Study of Osteoporotic Fractures Simple Useful Risk Factors) (19).

I Tabel 1 er vist eksempler på indices med tilhørende faktorer og vægtningsværdier, der danner basis for udregning af de forskellige indices.

### Diagnostik: dento-maxillo-faciale registreringer

Kæberne rammes ligesom det øvrige knoglesystem af osteoporotiske forandringer, og kæberne kan scannes ved anvendelse af det samme udstyr, som anvendes ved scanning af kropsknogler. Samtidig er der udviklet en række morfometriske og densitometriske målinger specielt mhp. anvendelse på kæbestrukturer:

#### DEXA-undersøgelse af kæberne

BMD kan måles i kæberne efter samme retningslinjer som i den hvilken som helst anden region. Kæberne er imidlertid karakteriseret ved en uensartet knoglestruktur og tilstedeværelse af tænder. Der skal udvælges et område, der viser få anatomiske variationer, og som er uafhængigt af dentale strukturer. Hyppigt anvendt er den basale del af mandiblen i præmolar- og molar-

Kliniske indices	
Navn – Faktorer	Score
<b>SCORE (18)</b>	
Vægt	÷ 1 pr. 4,5 kg
Østrogenoterapi	+ 1 hvis negativ
Alder	+ 3 pr. decennium
Tidl. fraktur efter 45 år	+ 4 pr. fraktur år op til maksimum 12
Reumatoid arthritis	+ 4
Race anden end sort	+ 5
<b>ORAI (10)</b>	
Østrogenoterapi	+ 2 hvis negativ
Vægt 60-69 kg	+ 3
Alder 55-64 år	+ 5
Vægt < 60 kg	+ 9
Alder 65-74 år	+ 9
Alder > 75 år	+ 15
<b>OSIRIS (17)</b>	
Alder (år)	÷ 0,2 x alder
Tidl. frakturer	÷ 2
Vægt (kg)	+ 0,2 x vægt
Hormonoterapi	+ 2
<b>OST (15)</b>	
Vægt (kg)	
Alder (år)	0,2 x (legemsvægt ÷ alder)

Tabel 1. Fire hyppigt anvendte kliniske indices, byggende på simple målinger og anamnesticke registreringer.

*Table 1. Four frequently used clinical indices based on simple measurements and subjective registrations.*

regionen (7,20). Der findes ikke DEXA-apparatur til måling af kæberne tilgængeligt på markedet.

#### Mandibulær basal cortex-bredde (MCT, mandibular cortical width)

Det har vist sig, at bredden af den mandibulære basale cortex reduceres ved osteoporose. Bredden fremstår tydeligt på panoramaoptagelser og kan måles med stor sikkerhed i præmolar- og molarregionen. Da bredden gerne aftager hen imod angulus mandibulae, skal målingen ske i et standardiseret målepunkt. Ofte anvendes skæringspunktet for en linje gennem foramen mentale vinkelret på en tangent til basis (21), men også punkter længere dorsalt er anvendt (22). Målingen kan ske visuelt med passer (21,23), gradnet (24) eller med computerbaseret aflæsning (22,25,26).

#### Mandibulær bukkal og lingval cortex-bredde

Ligesom den basale cortex undergår forandringer, sker der også ændringer af den bukkale og lingvale cortex. Bredden af cortex

hhv. bukkalt og lingvalt kan måles på tomografiske tværsnitbil-  
leder, fx CT-scanninger af mandiblen. Der er anvendt snit både  
anteriort og posterior for foramen mentale (27,28).

#### *Mandibulær basal cortex-morfologi (MCI/CI, mandibular cortical index)*

Foruden at den basale cortex ændres i bredde, sker der også æn-  
dringer af knoglestrukturen i retning af, at cortex bliver genstand  
for en opløsning (7,9). Morfologi og struktur af den basale cortex  
vurderes på panoramaoptagelser i præmolar- og molarregionen  
og henføres gerne til én af følgende tre kategorier: 1) den basale  
cortex fremstår skarpt aftegnet superiort og inferiort, 2) den  
superiore afgrænsning fremstår uregelmæssig med lakunære  
erosioner, og 3) cortex fremstår tydeligt porøs og med omfattende  
substanstab (23,29).

#### *PMI-ratio (panoramic mandibular index)*

Den absolutte bredde af den mandibulære basale cortex varierer  
naturligvis med patientens kæbebygning og statur. I PMI-ratio  
måles bredden af den basale cortex og omsættes i et indeks i for-  
hold til afstanden fra foramen mentale til basis (30-32).

#### *Bredde af processus alveolaris*

En reduceret knoglemasse kan give sig udslag i en reduceret  
faciolingval dimension af processus alveolaris i de interdental  
områder. Bredden kan måles med skydelære på gipsmodeller  
(33).

#### *Trabekelstruktur*

Osteoporotiske knogleforandringer menes at ske mere udbredt i  
spongios end i kortikal knogle, givende sig udtryk ved ændringer  
i trabekelbredde og -tæthed. Strukturen kan vurderes visuelt eller  
densitometrisk i udvalgte zoner (fx regio 65 ÷ 56 (31), angulus-  
regionen eller hjørnetands-/præmolarregionen (34-37)).

#### *Fraktalanalyse*

Vurdering af trabekelstrukturen kan også ske ved fraktalanalyse.  
Udvalgte områder rummende spongios knogle digitaliseres. Det  
er vigtigt at undgå områder med inklusion af tandstrukturer,  
parodontalspalter o.l. Efter subtraktion skabes binære billeder,  
der skeletoniseres til kun enkelte pixelrækker, som så danner  
basis for optællinger af grene og frie ender af knogletrabekler pr.  
arealenhed (32,34,38).

### **OSTEODENT-projektet**

#### *Omfang og formål*

I 2003 indledtes et multicenterstudie, finansieret af EU's femte  
rammeprogram, der skulle strække sig over tre år, og som omfat-  
tede deltagelse af fem forskningscentre (Athen (Grækenland),  
Leuven (Belgien), Malmø (Sverige), Manchester (UK) og Am-  
sterdam (Holland)). Formålet var på grundlag af et større pa-

#### **Faktaboks**

- Ved en bredde af den mandibulære basale cortex ud for foramen mentale på under 3 mm på panoramaradio-  
grammer er der en betydelig risiko for, at kvinden lider af  
sygdommen eller befinder sig i en højriskogruppe. Sand-  
synligheden underbygges ved resorptioner og en porøs  
struktur af den mandibulære basale cortex.
- Mistanken bestyrkes desuden ved en løs trabekelstruktur  
iagttaget på intraorale billeder.
- Ved kombination af radiografiske forandringer og enkle  
kliniske observationer og anamnesticke spørgsmål  
(se teksten) kan mistanken yderligere underbygges.

tientmateriale og ud fra fælles kriterier at bestemme den/de mest  
effektive metode(r) til i tandlægepraksis at identificere kvinder  
med lav BMD/osteoporose.

#### *Patientmaterialet*

Indsamlingen af patienter og data strakte sig over to år. Det ende-  
lige materiale omfattede 654 kvinder i alderen 45-70 år. Patienter  
med formodet sekundær osteoporose og med diverse sygdomme  
og tilstande med mulig indflydelse på BMD udelukkedes.

#### *Undersøgelser*

Kvinderne fik foretaget DEXA-scanninger af hofteregion, femur-  
kondyl og lumbalhvirvler. De fik desuden foretaget en panorama-  
radiografisk optagelse samt intraorale optagelser af præmolar-  
regionen i over- og underkæben.

#### *Resultater*

Af de 654 kvinder fik 141 (22 %) ved DEXA-undersøgelsen kon-  
stateret en BMD-værdi med T-score > 2,5 i mindst én af de tre  
undersøgte lokalisationer og blev klassificeret som osteoporotiske  
(5,24,35).

Undersøgelsen har resulteret i publikation af 10 artikler, som  
omhandler 1) aflæsning af røntgenbilleder med hhv. a) enkle  
visuelle metoder (13,24,35,39) og b) computerbaserede pro-  
grammer (5,6,25,36,37,40), samt 2) kombination af aflæsning  
af røntgenbilleder og brug af kliniske indices (5,13,39).

#### *Mandibulær basal cortex-bredde*

Ved visuel aflæsning med 6 x forstørrelse fandtes i gruppen af  
kvinder med bredde < 2,7 mm en prævalens af osteoporose på  
64 % og hos kvinder med bredde > 3,7 mm en prævalens på 9  
% (24).

På grundlag af digitaliserede billeder fandtes en statistisk  
signifikant forskel i cortex-bredde hos kvinder med og uden osteo-  
porose. Bredden var i gennemsnit 3,0 mm (variation 1,8-5,2 mm)  
hos osteoporotiske kvinder og 3,7 mm (variation 2,2-5,8 mm) hos  
raske kvinder. Arealet under en ROC-kurve var 0,82 (5).

Karayianni et al. (13) fandt en specificitet, der for forskellige

observatører varierede mellem 82 % og 90 %, og en sensitivitet på mellem 41 % og 60 %.

#### *Mandibulær basal cortex-morfologi*

Horner et al. (39) lod fem radiologer, hvoraf tre var trænede og to mindre trænede, bedømme røntgenbillederne og klassificere patienterne efter Mandibular Cortex Index (MCI) i henhold til Klemetti et al.s kriterier (29).

Forfatterne konkluderede, at den mandibulære cortex-morfologi var en mindre pålidelig indikator for osteoporose, og at resultaterne var dårligere end ved brug alene af det kliniske OSIRIS-indeks.

Devlin et al. (24) sammenlignede den prædiktive værdi af ændringer i mandibulær basal cortex-bredde og af mandibulær basal cortex-morfologi og fandt, at sidstnævnte havde lavere værdi.

#### *Trabekelstruktur*

Værdien af ændringer i trabekelstruktur som prædiktør for osteoporose blev vurderet ved såvel klinisk som densitometrisk aflæsning.

Knoglestrukturen på intraorale optagelser af præmolarregionen i hhv. over- og underkæben blev aflæst visuelt og klassificeret som 1) tæt (dense homogenuos), 2) heterogen (heterogenuos) eller 3) løs (sparse homogenuos). Ved sammenhold med DXA-dokumenterede BMD-værdier konkluderedes, at vurdering af trabekelstrukturen på intraorale røntgenbilleder »is a potential method to identify women at risk of having osteoporosis« (35).

Ud fra en tilsvarende densitometrisk aflæsning konkluderedes, at tæthed (sværtningsgraden) på intraorale præmolaroptagelser repræsenterer »a fair diagnostic accuracy« mht. til at identificere osteoporosepatienter (40).

Ved at kombinere værdier fra over- og underkæben opnåedes en betydelig sikrere prædiktions af BMD, og det betød mindre, om der målt i »ren« knogle eller i knogle + tandstrukturer (37). Tilsvarende opnåedes en større diagnostisk sikkerhed ved at kombinere værdier fra intraorale billeder og panoramaradiogrammer (6).

#### *Kombinerede undersøgelser*

Devlin et al. (5) kombinerede registrering af mandibulær basal cortex-bredde og kliniske data (OSIRIS, Osteoporosis Index of Risk) og konkluderede, at det betød en øget diagnostisk sikkerhed.

#### *Metoder, som ikke indgik i OSTEODENT-projektet*

Flere metoder, som i tidligere undersøgelser har vist ingen eller kun tvivlsom korrelation mellem krops-BMD og dento-maxillofaciale registreringer, eller som bygger på andre registreringer end radiografiske, blev ikke inkluderet i OSTEODENT-projektet. Det gælder fx DEXA-måling af mandiblen (20), måling af PMI-ratio (30,31), måling af bukkal og lingval knogletykkelse (27,28) måling af faciolingval interdental dimension (33), fraktal dimensionsanalyse (32,33) og pixelintensitet (33).

#### **KLINISK RELEVANS**

Omkring 300.000 danskere har osteoporose. Sygdommen udgør derfor et stort samfundsmæssigt sundhedsproblem, ligesom de personlige omkostninger i form af smerter, funktionstab og hospitalsophold også er store. Men på trods af sygdommens udbredelse er det hverken praktisk eller økonomisk muligt at foretage befolkningscreeninger. Tandlæger har dog mulighed for at identificere patienter med manifest osteoporose eller identificere patienter, som tilhører en højrisikogruppe. Identifikationen kan ske gennem både intraorale røntgenbilleder og panoramaradiogrammer, ligesom tandlægens hyppige patientkontakt og nogle simple spørgsmål kan bidrage til at identificere osteoporosepatienter.

#### **Diskussion**

Der er i årenes løb publiceret et betydeligt antal artikler om sammenhæng mellem dokumenteret osteoporose og lav BMD og radiografiske forandringer af kæberne.

Sammenligning af resultaterne vanskeliggøres af, at forskellige undersøgelser omfatter grupper af kvinder med forskellig menopausal status, forskellig alderssammensætning og forskellig tandstatus (tandløse/ betandede), ligesom der er anvendt forskellige kriterier og terminologi (41).

Osteoporose ytrer sig forskelligt i forskellige knogler afhængigt af disses sammensætning og opbygning. Mandiblen rummer fx mere kompakt knogle end maksillen (9). Remodellering af knogle finder i højere grad sted i trabekulær knogle end i kortikal knogle (35). Det er derfor et generelt problem, at måling af BMD i forskellige knogler, herunder kæberne i forhold til andre, viser forskellige resultater (30).

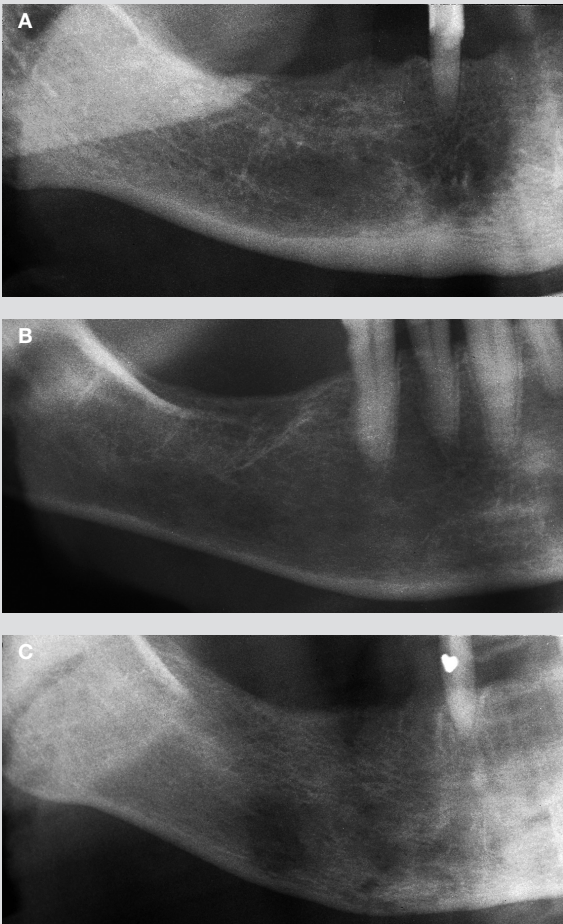
Isolerede afvigelse kan derfor ikke tillægges en sådan værdi, at de kan danne basis for definitive konklusioner. Det skal yderligere tages med i betragtning, at flere undersøgelser har vist betydelig interobservatørvariation (35,42).

OSTEODENT-projektet var et forsøg på at skabe klarhed over de mange forskelligartede resultater fra tidligere. Projektet viste, at tandlæger med en betydelig sikkerhed ud fra aflæsning af røntgenbilleder taget i tandlægepraksis har mulighed for at identificere patienter med manifest osteoporose eller lav BMD.

OSTEODENT-projektet viste, at en reduceret mandibulær basal cortex-bredde er en relativt sikker prædiktør for forekomst af osteoporose. En visuel aflæsning blev fundet mindst lige så sikker som en computerbaseret (25).

Hos raske kvinder er målt en gennemsnitlig bredde på 4,94 mm (variation 2,35-7,6 mm) (12). Ved en cut-off-værdi på 3 mm vil et betydeligt antal kvinder med eller i risiko for at udvikle osteoporose identificeres. Denne kortikalbredde anses derfor for grænseværdien for, hvilke patienter det vil være rimeligt at

## Radiografi



**Fig. 1.** Eksempler på variation i bredde og struktur af den mandibulære basale cortex. Patienternes BMD-værdier er ukendte. De anførte mål er korrigeret for 33 % forstørrelse. A: 74-årig kvinde; kaudalt for foramen mentale måler den basale cortex 4,7 mm. B: 77-årig kvinde; kaudalt for foramen mentale måler den basale cortex 2,6 mm. C: 65-årig kvinde; den basale cortex viser resorptioner og porositeter.

**Fig. 1.** Examples of variation in width and structure of the mandibular basal cortex. BMD-values of the patients are unknown. Width measures stated are adjusted for 33 % image magnification. A: 74-year-old woman; caudally to the mental foramen the basal cortex measures 4,7 mm. B: 77-year-old woman; caudally to the mental foramen the basal cortex measures 2,6 mm. C: 65-year-old woman; the basal cortex exhibits erosions and porosities.

henviser til medicinsk udredning og evt. DEXA-undersøgelse (5,24,25,43) (Fig. 1A, B).

Objektive fund, som kan understøtte en mistanke, er en porøs mandibulær basal cortex og en stor- og finmasket spongiosastruktur (Fig. 1C).

Da kliniske indices har vist en høj prædiktiv værdi (5,10), kan mistanken yderligere bestyrkes ved registrering og oplysning om kendte prædisponerende risikofaktorer: 1) høj alder, 2) lav kropsvægt, 3) spinkel kropsbygning, 4) familær disposition, 5) tidlig menopause, 6) rygning, 7) højt alkoholforbrug, 8) såvel lav som overdreven fysisk aktivitet, 9) længerevarende behandling med binyrebarkhormon, 10) tidligere frakturer efter udramatiske fald og 11) hysterektomi (3).

### Slutbemærkning

Der pågår fortsat en intens forskning på området. Siden OSTEODENT-projektet er udviklet et CAD-system (computer-aided diagnosis) til bedømmelse af mandibulær basal cortex-morfologi med høj prædiktiv værdi (44). Der pågår et omfattende internationalt samarbejde i det japansk styrede Osteoporosis Screening Project (OSPD), som har publiceret resultater af undersøgelser udført med 69 observatører fra 16 lande (45). ■

### Abstract (English)

#### Identification in dental practice of patients with osteoporosis

Osteoporosis is a disease affecting a great number of patients, particularly postmenopausal and elderly women. Results are frequent bone fractures, and the disease represents a great health burden.

Medical examinations are expensive and complicated, and screenings of the elderly female population are not feasible.

Dentists may contribute to the identification of women with osteoporosis or with a low bone mass density from observations on radiographs taken for other purposes combined with simple questioning. They may contribute to an early diagnosis of the disease and prevention of its serious consequences.

Correlation of dentomaxillofacial radiographic changes and osteoporosis have been investigated intensely, and lately in a large scale European collaborative project, the OSTEODENT-project.

The present survey article summarizes the methods of identifying patients with osteoporosis and with low "Bone Mineral Density" in dental practice with focus on the results of the OSTEODENT-project.

## Litteratur

1. Sundhedsstyrelsen. Knogle-skørhed: fakta og forebyggelse. København: Sundhedsstyrelsen; 2005.
2. Mosekilde L, Kassem M. Calcium-metaboliske sygdomme og forstyrrelser i fosfat- og magnesium-stofskiftet. I: Hansen NE, Haunsø S, de Muckadell OBS. Medicinsk kompændium. Bd. 2. København: Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck, 2004; 2309-95.
3. Sundhedsstyrelsen. Osteoporose. Forebyggelse, diagnostik og behandling. København: Sundhedsstyrelsen, 2000.
4. White SC. Oral radiographic predictors of osteoporosis. Dentomaxillofac Radiol 2002; 31: 84-92.
5. Devlin H, Allen P, Graham J, Jacobs R, Nicopoulou-Karayianni K, Lindh C et al. The role of the dental surgeon in detecting osteoporosis: the OSTEODENT study. Br Dent J 2008; 204: E16, discussion 560-1.
6. Geraets WG, Verheij JG, van der Stelt PF, Horner K, Lindh C, Nicopoulou-Karayianni K et al. Prediction of bone mineral density with dental radiographs. Bone 2007; 40: 1217-21.
7. Wöwern N von. Osteoporose i kæberne. En litteraturoversigt. Tandlægebladet 2001; 105: 944-50.
8. WHO Study Group. Assessment of fracture risk and its implication to screening for postmenopausal osteoporosis. WHO Technical Report. Volume 843. Geneva: World Health Organization, 1984.
9. Hildebolt CF. Osteoporosis and oral bone loss. Dentomaxillofac Radiol 1997; 26: 3-15.
10. Cadarette SM, Jaglal SB, Kreiger N, McIsaac WJ, Darlington GA, Tu JV. Development and validation of the osteoporosis risk assessment instrument to facilitate selection of women for bone densitometry. CMAJ 2000; 162: 1289-94.
11. Cadarette SM, Jaglal SB, Murray TM, McIsaac WJ, Joseph L, Brown JP. Evaluation of decision rules for referring women for bone densitometry by dual-energy-X-ray absorptiometry. JAMA 2001; 286: 57-63.
12. Horner K, Devlin H, Harvey L. Detecting patients with low skeletal bone mass. J Dent 2002; 30: 171-5.
13. Karayianni K, Horner K, Mitsea A, Berkas L, Mastoris M, Jacobs R et al. Accuracy in osteoporosis diagnosis of a combination of mandibular cortical width measurement on dental panoramic radiographs and a clinical risk index (OSIRIS): the OSTEODENT project. Bone 2007; 40: 223-9.
14. Salaffi F, Silveri F, Stancati A, Grassi W. Development and validation of the osteoporosis prescreening risk assessment (OPERA) tool to facilitate identification of women likely to have low bone density. Clin Rheumatol 2005; 24: 203-11.
15. Koh LK, Sedrine WB, Torralba TP, Kung A, Fujiwara S, Chan SP et al. A simple tool to identify asian women at increased risk of osteoporosis. Osteoporos Int 2001; 12: 699-705.
16. Richy F, Gourlay M, Ross PD, Sen SS, Radican L, de Ceulaer F et al. Validation and comparative evaluation of the osteoporosis self-assessment tool (OST) in a Caucasian population from Belgium. QJM 2004; 97: 39-46.
17. Sedrine WB, Chevallier T, Zegels B, Kvasz A, Micheletti MC, Gelas B et al. Development and assessment of the osteoporosis index of risk (OSIRIS) to facilitate selection of women for bone densitometry. Gynecol Endocrinol 2002; 16: 245-50.
18. Lydick E, Cook K, Turpin J, Melton M, Stine R, Byrnes C. Development and validation of a simple questionnaire to facilitate identification of women likely to have low bone density. Am J Manag Care 1998; 4: 37-48.
19. Black DM, Palermo L, Abbott T, Johnell O. SOFSURF: A simple, useful risk factor system can identify the large majority of women with osteoporosis. Bone 1998; 23: S605.
20. Horner K, Devlin H. The relationship between mandibular bone mineral density and panoramic radiographic measurements. J Dent 1998; 26: 337-43.
21. Lee K, Taguchi A, Ishii K, Suei Y, Fujita M, Nakamoto T et al. Visual assessment of the mandibular cortex on panoramic radiographs to identify postmenopausal women with low bone mineral densities. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2005; 100: 226-31.
22. Allen PD, Graham J, Farnell DJ, Harrison EJ, Jacobs R, Nicopoulou-Karayianni K et al. Detecting reduced bone mineral density from dental radiographs using statistical shape models. IEEE Trans Inf Technol Biomed 2007; 11: 601-10.
23. Vlasiadis KZ, Skouteris CA, Zelegrakis GA, Fragouli I, Neratoulakis JM, Damilakis J et al. Mandibular radiomorphometric measurements as indicators of possible osteoporosis in postmenopausal women. Maturitas 2007; 58: 226-35.
24. Devlin H, Karayianni K, Mitsea A, Jacobs R, Lindh C, van der Stelt P et al. Diagnosing osteoporosis by using dental panoramic radiographs: the OSTEODENT project. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007; 104: 821-8.
25. Devlin H, Allen PD, Graham J, Jacobs R, Karayianni K, Lindh C et al. Automated osteoporosis risk assessment by dentists: a new pathway to diagnosis. Bone 2007; 40: 835-42.
26. Arifin AZ, Asano A, Taguchi A, Nakamoto T, Ohtsuka M, Tsuda M et al. Computer-aided system for measuring the mandibular cortical width on dental panoramic radiographs in identifying postmenopausal women with low bone mineral density. Osteoporos Int 2006; 17: 753-9.
27. Klemetti E, Kolmakov S. Morphology of the mandibular cortex on panoramic radiographs as an indicator of bone quality. Dentomaxillofac Radiol 1997; 26: 22-5.
28. Naitoh M, Kurosu Y, Inagaki K, Katsumata A, Noguchi T, Arijii E. Assessment of mandibular buccal and lingual cortical bones in postmenopausal women. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007; 104: 545-50.
29. Klemetti E, Kolmakov S, Kröger H. Pantomography in assessment of the osteoporosis risk group. Scand J Dent Res 1994; 102: 68-72.
30. Benson BW, Prihoda TJ, Glass BJ. Variations in adult cortical bone mass as measured by a panoramic mandibular index. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1991; 71: 349-56.
31. Klemetti E, Kolmakov S, Heiskanen P, Vainio P, Lassila V. Panoramic mandibular index and bone mineral densities in postmenopausal women. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1993; 75: 774-9.
32. Ya ar F, Akgünlü F. The differences in panoramic mandibular indices and fractal dimension between patients with and without spinal osteoporosis. Dentomaxillofac Radiol 2006; 35: 1-9.
33. Jonasson G, Kiliaridis S, Gunnarsson R. Cervical thickness of the mandibular alveolar process and skeletal bone mineral density. Acta Odontol Scand 1999; 57: 155-61.
34. Tosoni GM, Lurie AG, Cowan AE, Burleson JA. Pixel intensity and fractal analyses: detecting osteoporosis in perimenopausal and postmenopausal women by using digital panoramic images. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2006; 102: 235-41.
35. Lindh C, Horner K, Jonasson G, Olsson P, Rohlin M, Jacobs R et al. The use of visual assessment of dental radiographs for identifying women at risk of having osteoporosis: the OSTEODENT project. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008; 106: 285-93.
36. Geraets WG, Verheij JG, van der Stelt PF, Horner K, Lindh C, Nicopoulou-Karayianni K et al. Osteoporosis and the general dental practitioner: reliability of some digital dental radiological measures. Community Dent Oral Epidemiol 2007; 35: 465-71.
37. Geraets WG, Verheij JG, van der Stelt PF, Horner K, Lindh C, Nicopoulou-Karayianni K et al. Selecting regions of interest on intraoral radiographs for the prediction of bone mineral density. Dentomaxillofac Radiol 2008; 37: 375-9.
38. White SC, Rudolph DJ. Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1999; 88: 628-35.
39. Horner K, Karyianni K, Mitsea A, Berkas L, Mastoris M, Jacobs R et al. The mandibular cortex on radiographs as a tool for osteoporosis risk assessment: the OSTEODENT project. J Clin Densitom 2007; 10: 138-46.
40. Nackaerts O, Jacobs R, Devlin H, Pavitt S, Bleyen E, Yan B et al. Osteoporosis detection using intraoral densitometry. Dentomaxillofac Radiol 2008; 37: 282-7.
41. Ledgerton D, Horner K, Devlin H, Worthington H. Radiomorphometric indices of the mandible in a British female population. Dentomaxillofac Radiol 1999; 28: 173-81.
42. Devlin CV, Horner K, Devlin H. Variability in measurement of radiomorphometric indices by general dental practitioners. Dentomaxillofac Radiol 2001; 30: 120-5.
43. Devlin H, Horner K. Diagnosis of osteoporosis in oral health care. J Oral Rehabil 2008; 35: 152-7.
44. Nakamoto T, Taguchi A, Ohtsuka M, Suei Y, Fujita M, Tsuda M et al. A computer-aided diagnosis system to screen for osteoporosis using dental panoramic radiographs. Dentomaxillofac Radiol 2008; 37: 274-81.
45. Taguchi A, Asano A, Ohtsuka M, Nakamoto T, Suei Y, Tsuda M et al. Observer performance in diagnosing osteoporosis by dental panoramic radiographs: results from the osteoporosis screening project in dentistry (OSPD). Bone 2008; 43: 209-13.