

ABSTRACT

I et tandløst område, hvor det er tiltænkt at erstatte en eller flere manglende tænder med en protetisk restaurering, vil valg af behandlingsstrategien ofte være afhængigt af flere faktorer, herunder højden og bredden af processus alveolaris. Dette gælder ved erstatning med en konventionel bro, en aftagelig protese og i særdeleshed, hvis en implantatunderstøttet protetisk restaurering vælges. Ved manglende tandanlæg, mistede tænder som følge af traume eller kirurgisk fjernelse vil dimensionerne af processus alveolaris ofte være reducerede, således at der kan være behov for knoglegenopbygning enten før eller i forbindelse med implantatindsættelsen. Omhyggelig behandlingsplanlægning omfattende en klinisk og radiologisk undersøgelse af processus alveolaris er derfor vigtigt for at afdække behovet for knoglegenopbygning og gennemføre behandlingen med et forudsigeligt behandlingsresultat. Nærværende oversigtsartikel gennemgår forskellige metoder til klinisk og radiologisk vurdering af dimensionerne i det tandløse område med særlig fokus på efterfølgende implantatindsættelse inklusive anbefalinger for anvendelse af cone beam computer-tomografi.

EMNEORD Alveolar ridge augmentation | cone beam computed tomography | dental implants | diagnostic techniques and procedures | treatment planning



Korrespondanceansvarlig førsteforfatter:
LARS SCHROPP
schropp@dent.au.dk

Behandlingsplanlægning for lateral genopbygning af processus alveolaris med henblik på implantatbehandling

LARS SCHROPP, lektor, tandlæge, ph.d., Sektion for Oral Radiologi, Institut for Odontologi og Oral Sundhed, Health, Aarhus Universitet

SIMON STORGÅRD JENSEN, professor, overtandlæge, specialtandlæge i tand-, mund- og kæbekirurgi, dr.odont., Afdeling for Kæbekirurgi, HovedOrtoCentret, Rigshospitalet, og Fagområde Oral Kirurgi, Sektion for Oral Biologi og Immunpatologi, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet

THOMAS STARCH-JENSEN, klinisk professor, overtandlæge, specialtandlæge i tand-, mund- og kæbekirurgi, postgraduat klinisk lektor, ph.d., Kæbekirurgisk Afdeling, Aalborg Universitetshospital, og Klinisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet

► Accepteret til publikation den 9. september 2021

Tandlægebladet 2022;126:410-7

NÅR MANGLENDE TÆNDER skal erstattes med en protetisk restaurering, vil valg af behandlingsstrategien ofte være afhængigt af flere faktorer, herunder højden og bredden af processus alveolaris. Dette gælder, uanset om rehabiliteringen udføres ved hjælp af en tandforankret bro, aftagelig protese eller implantatbaseret protetik. Et større svind af processus alveolaris vil influere på æstetikken og mulighederne for sufficient renhold i relation til en tandbro samt funktionen (stabilitet og retention) af en aftagelig hel- eller delprotese. Tilsvarende vil højden og bredden af processus alveolaris i høj grad være medbestemmende for, om et eller flere implantater kan indsættes i en ideel position. Implantatets position i processus alveolaris er med til at sikre en korrekt æstetisk og funktionel udformning af den senere protetiske restaurering, idet implantatets vertikale og horisontale placering samt hældning influerer på implantatets emergence profile. I de patienttilfælde, hvor forholdene ikke umiddelbart

Smal processus alveolaris

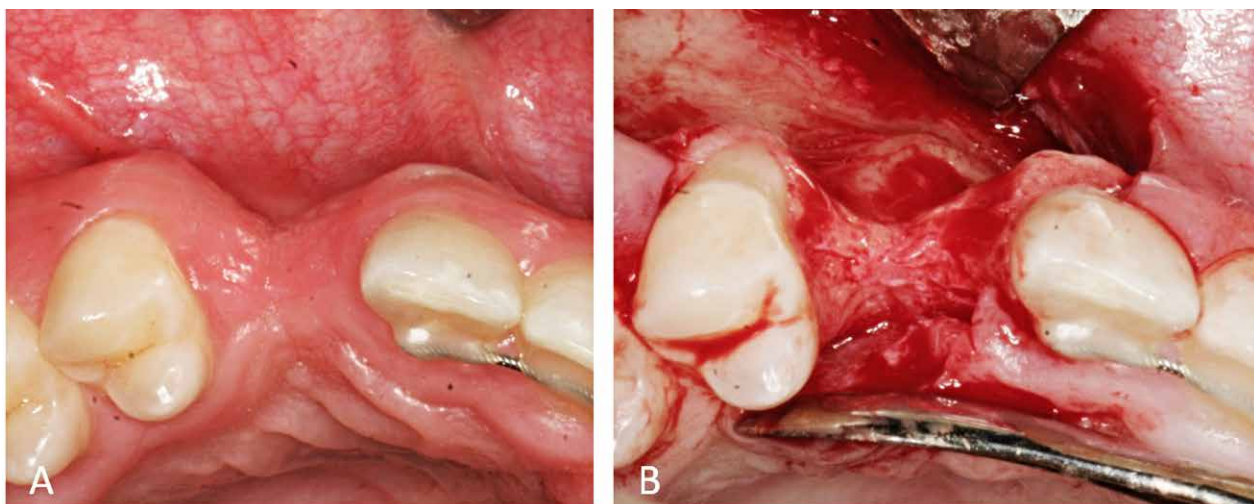


Fig. 1. Svarende til regio 3,2+ ses en markant reduceret bredde af processus alveolaris før (A) og efter frirugnering af slimhinden (B).

Fig. 1. The upper right canine and lateral incisor region is characterized by significantly reduced width of the alveolar process is seen before (A) and after flap elevation (B).

tillader indsættelse af et implantat med en passende diameter for den kommende protetiske restaurering, er det næste at tage stilling til, om kirurgisk forbehandling i form af lateral og/eller vertikal genopbygning af processus alveolaris er nødvendig enten før eller i forbindelse med implantatindsættelsen.

Nærværende oversigtsartikel omhandler behandlingsplanlægning før lateral knoglegenopbygning af processus alveolaris med fokus på relevante kliniske og radiologiske undersøgelser til vurdering af processus alveolaris' dimensioner.

RESORPTION AF PROCESSUS ALVEOLARIS EFTER TAB AF TÆNDER

Ved manglende tandanlæg eller tab af tænder som følge af traume eller kirurgisk fjernelse vil processus alveolaris ofte være reduceret i højden og/eller bredden (Fig. 1). Radiologiske og histologiske undersøgelser på mennesker og dyr har beskrevet helingsprocesserne i en ekstraktionsalveole, som basalt set består af vævsremodellering i form af resorption og knogledannelse (1-3).

De morfologiske ændringer af processus alveolaris og mundslimhinden efter tandekstraktion og efterfølgende heling af ekstraktionsalveolen er dokumenteret i flere videnskabelige artikler helt tilbage til 1960'erne ved hjælp af laterale kranieoptagelser (4-6) samt målinger på studiemodeller (7-10). Nyere undersøgelser har gjort brug af mere moderne teknikker, inklusive Cone Beam Computer-Tomografi (CBCT) og intraorale overfladescanninger, til vurdering af dimensionerne af processus alveolaris og mundslimhinden (11). Ved hjælp af software er det muligt at kombinere data (fusionere) fra en intraoral scanning af slimhinden og en CBCT-scanning og herved lave en virtuel model af kæben, som gengiver knogle- og slimhin-

dekonturerne (12). Flere studier har gjort brug af disse teknikker i forbindelse med vævs-genopbygning eller vævsbevarende procedurer (alveolar ridge preservation) (13-15).

Tilsvarende undersøgelser har set på en række ætiologiske faktorer, herunder lokale og systemiske faktorer, som kan påvirke de morfologiske ændringer (16), og som kan inddeles i anatomiske, protetiske, metaboliske og funktionelle (17). Eksempelvis er det foreslået, at ansigtsmorfologien, belastning, muskelaktivitet, protesefunktion, kost og osteoporose kan have betydning for graden af knogleresorption (18-21). Svind af knogle og omliggende mundslimhinde som følge af fx parodontal sygdom, traume, periapikale læsioner eller andre sygdomsprocesser (cyster, tumorer), der eventuelt er sket inden fjernelse af én eller flere tænder, vil naturligvis bidrage til den samlede reduktion af processus alveolaris' dimensioner.

Tidligere undersøgelser har vist, at det største vævstab sker i løbet af de første 3-6 måneder efter tandekstraktion, og at der op til et år efter fortsat sker forandringer svarende til ekstraktionsalveolen og den omgivende knogle (2,22). Ligeledes har studier dokumenteret, at processus alveolaris reduceres mere i bredden end i højden, og at vævstabet er mest udtalt i molarregionen (22,23). Flere oversigtsartikler har rapporteret en gennemsnitlig breddereduktion på ca. 3-4 mm og en højdereduktion på ca. 1-2 mm inden for det første år baseret på kliniske og radiologiske målemetoder (22,23).

Det er ikke denne artikels formål at redegøre for behandlingsmetoder til at mindske eller undgå morfologiske ændringer af processus alveolaris efter tandfjernelse. Det skal dog nævnes, at belastning/påvirkning af ekstraktionsstedet, fx med en aftagelig protese, kan forværre knogleresorptionen i området, mens indsættelse af et eller flere tandimplantater ►

Implantat indsat i smal processus alveolaris

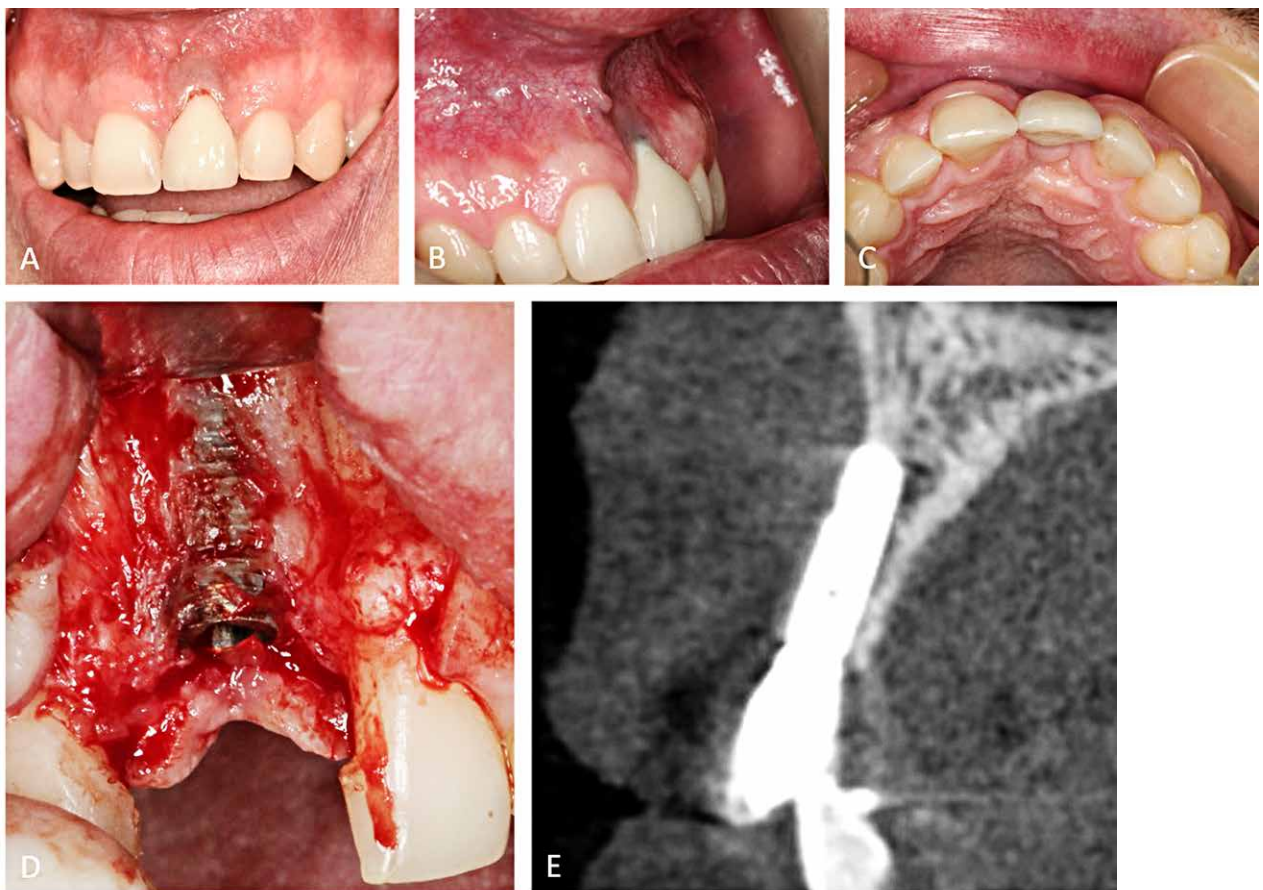


Fig. 2. Implantat erstattende +1 indsat i en smal processus alveolaris. **A-B.** Efter montering af en enkelttandskrone ses retraction af slimhinden og metalgennemskin facialt. **C.** Den smalle kontur af processus alveolaris ses tydeligt, når man betragter okklusalt fra. **D.** Ved efterfølgende operation ses implantatet eksponeret uden knogledække facialt. Implantatet blev fjernet pga. periimplantitis og kompromitteret æstetik. **E.** Tværsnit fra CBCT-scanning viser, at knoglebredden, den valgte implantatdiameter samt placeringen ikke har tilladt fuld indlejring af implantatet i knogle. Umiddelbart ses ingen facial knoglevæg.

Fig. 2. Implant replacing the upper left central incisor placed in a narrow alveolar process. **A-B.** After mounting of a single-tooth crown, recession of the peri-implant soft tissue and mucosal discoloration are seen facially. **C.** The narrow contour of the alveolar process is clearly disclosed from the occlusal view. **D.** At the subsequent operation, the implant is exposed without bone coverage facially. The implant was removed because of peri-implantitis and compromised esthetics. **E.** A cross-section from a CBCT scan shows that the bone width, the selected implant diameter, and the position have not allowed full bone integration of the implant. It seems that there is no facial bone wall present.

straks eller kort tid efter tandekstraktionen eller vævsbevarende procedurer kan minimere svind af processus alveolaris (24).

SAMMENHÆNG MELLEM PROCESSUS ALVEOLARIS' MORFOLOGI OG IMPLANTATINDSÆTTELSE

Processus alveolaris' form og dimensioner har som allerede nævnt betydning for at sikre en ideel implantatindsættelse og behandlingssucces på kort og lang sigt. Et studie har vist, at der er en sammenhæng mellem processus alveolaris' morfologi og kompleksiteten ved planlægningen af implantatindsættelse i den bagerste del af underkæben (25). Et implantat skal i forbindelse med implantatindsættelsen ideelt set være omgivet af knogle på hele dets overflade. Generelle anbefalinger foreslår,

at implantatet indsættes med en afstand på mindst 1,5 mm til nabotænderne og 3 mm til naboimplantaterne. Endvidere skal implantatet i hele sin udstrækning være dækket af mindst 1,5-2 mm omliggende knogle både facialt og oralt. Hvis implantatindsættelsen udføres uden tilstrækkelig dækkende knogle og fastbundet omliggende slimhinde, vil der være øget risiko for kompromitteret æstetik som følge af retraction af slimhinden eller gennemskin af metal, udvikling af periimplantitis og i værste fald tab af implantatet (Fig. 2). I forbindelse med kirurgisk fjernelse af en tand vil en tynd facial knoglevæg kunne beskadiges, hvilket vil øge risikoen for svind af den faciale knoglevæg og derved nødvendiggøre lateral knoglegenopbygning før eller i forbindelse med implantatindsættelsen.

Den nødvendige bredde af processus alveolaris afhænger ligeledes af implantatets diameter. Et implantat skal have en vis længde og bredde for at kunne modstå belastningskræfterne og minimere risikoen for fraktur. Samtidig skal diameteren af implantatet modsvare den tand, som implantatet skal erstatte. Normalt vil man indsætte et bredt implantat i kindtandsregionerne, hvor en implantatdiameter på 4,5-6 mm ofte er mest optimal. Svarende til de centrale incisiver i overkæben samt hjørnetands- og præmolarregionerne foretrækkes i de fleste tilfælde en diameter på 4-5 mm. I modsætning hertil anvendes ofte en implantatbredde på 3-3,5 mm ved erstatning af de laterale incisiver i overkæben samt incisiverne i underkæben. Dette betyder således, at bredden af processus alveolaris som minimum skal være ca. 6-7 mm i fronten og 8-9 mm i molarområderne.

Det er også vigtigt, at implantatet bliver indsat hensigtsmæssigt i kæben i forhold til den efterfølgende protetiske behandling (26). Implantatet skal placeres i den korrekte dybde og facioorale retning med en så optimal hældning som muligt af hensyn til belastningsforholdene. Traditionelt har man tilstræbt en tilnærmelsesvis aksial belastning af implantatet, som kan være afgørende for bevarelse af den marginale knogle samt implantatets overlevelse (27). Det skal dog nævnes, at flere oversigtsartikler har dokumenteret, at prognosen for ikke-aksialt belastede implantater er god og meget lig den for aksialt belastede implantater ved del- og fuldbroer efter en kort eller mellemlang observationsperiode svarende til højst ca. 3,5 år (28,29). Positionen og hældningen af implantatet (et eller flere) er endvidere medbestemmende for, om den protetiske rekonstruktion kan udformes hensigtsmæssigt, således at renhold, tyggefunktion, fonetik og æstetik tilgodeses bedst muligt.

Vurderes det, at forholdene i kæben ikke umiddelbart opfylder ovenstående krav til indsættelse af implantater, skal det besluttes, om genopbygning af processus alveolaris kan foretages samtidigt med implantatindsættelsen, eller om den skal gennemføres ved en selvstændig forudgående procedure.

VURDERING AF PROCESSUS ALVEOLARIS' BREDE OG BEHOVET FOR LATERAL KNOGLEGENOPBYGNING

Omhyggelig behandlingsplanlægning før knoglegenopbygning og efterfølgende implantatindsættelse er vigtigt, så behandlingen er så velforberedt som muligt, og patienten kan være bedst muligt informeret om behandlingsforløbet, inklusive risici, inden behandlingen påbegyndes. Dette minimerer risikoen for, at der bliver behov for at ændre på eller afbryde behandlingen undervejs, eller at der må indgås kompromiser.

Behandlingsplanlægningen består af forskellige elementer, inklusive anamnese, klinisk vurdering, modelanalyse og røntgenundersøgelse. Anamnesen skal i første omgang afklare patientens ønsker og behov samt sammen med den kliniske undersøgelse vurdere, om der er helbredsforhold, medicinforbrug eller generelle orale forhold, som kontraindicerer behandlingen eller forringer prognosen. Disse helbredsrelevante overvejelser i forbindelse med implantatbehandling og knoglegenopbygning er detaljeret beskrevet tidligere i en artikel i Tandlægebladet og vil ikke blive nærmere gennemgået her (30). ▶

klinisk relevans

Omhyggelig behandlingsplanlægning forud for implantatbaseret protetisk behandling er en væsentlig forudsætning for at kunne opnå et forudsigeligt behandlingsresultat. Behandlingsplanlægningen har bl.a. til formål at vurdere dimensionerne af processus alveolaris med henblik på at afklare, om der er behov for lateral knoglegenopbygning før eller i forbindelse med implantatindsættelsen. I den sammenhæng er det vigtigt at have kendskab til de relevante kliniske og radiologiske undersøgelsesmetoder samt at gennemføre undersøgelserne i henhold til de anbefalede retningslinjer.

Ridge mapping

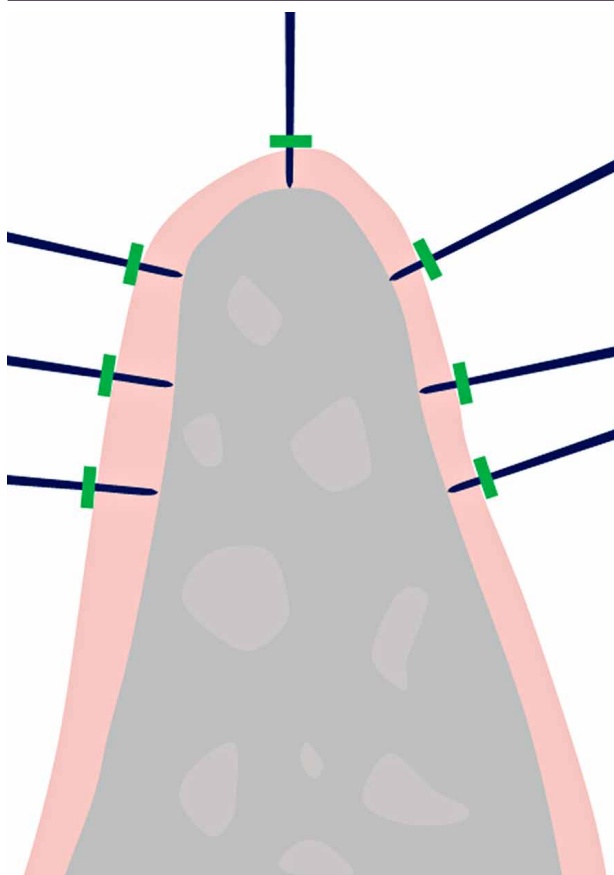


Fig. 3. Målinger af slimhindetykkelsen facialt, på toppen og oralt for processus alveolaris foretaget med en endodontisk fil.

Fig. 3. Measurements of the soft tissue thickness, facially, at the top, and oral to the alveolar process using an endodontic file.

Ud over en vurdering af pladsforholdene i forbindelse med den protetiske restaurering (fx afstand mellem nabotænder og til antagonist) kan den kliniske undersøgelse give et indtryk af processus alveolaris' dimensioner og morfologi i det tandløse område. Imidlertid vil det være påkrævet at vurdere slimhindens tykkelse for at få et mere præcist billede af knogleforholdene. Til det formål kan anvendes ridge mapping (31,32). Her måles slimhindens tykkelse med et egnet instrument, fx en pochedydemåler, sonde eller en endodontisk fil, faciale, på toppen og oralt for processus alveolaris under lokalbedøvelse (Fig. 3). I kombination med en savemodel, hvor der laves et tværsnit af en gipsmodel eller en digital model, kan disse mål nu bruges til indtegnning af knoglens sande morfologi under slimhinden. For at have styr på, hvor man præcist har målt slimhindetykkelsen, kan en skinne med huller svarende til målestederne anvendes, så disse kan overføres til modellen. Nøjagtigheden af ridge mapping er vurderet i flere undersøgelser, som har vist, at metoden er ret præcis til vurdering af bredden af tandløse områder, når der sammenlignes med direkte mål foretaget under det kirurgiske indgreb (33-36).

En anden oplagt metode til vurdering af dimensionerne af processus alveolaris er røntgenundersøgelse. Her får man endvidere information om beliggenheden af relevante anatomiske strukturer, som ikke kan vurderes ud fra den kliniske vurdering. Ligeledes kan røntgenbilleder afsløre patologiske tilstande (fx infektion, relikte rødder, cyster eller tumorer), der skal behandles forud for knoglegenopbygningen og implantatindsættelsen. Periapikale optagelser og panoramabilleder kan til en vis grad afklare pladsforholdene i kæben, men har åbenlyst den ulempe, at der er tale om todimensionale (2d) røntgenoptagelser, hvor bredden af processus alveolaris ikke kan vurderes. Denne tredje dimension får man til gengæld belyst med en tredimensionel (3d) røntgenoptagelse som CBCT. På billedtværsnit af kæben er det muligt at måle knoglens bredde (og højde) ved hjælp af scanningssoftwaren (Fig. 4). I forbindelse med behandlingsplanlægningen kan man desuden gøre brug af softwareværktøjer, som muliggør virtuel planlægning med implantatattrapper (dummies). I modsætning til 2d-røntgenoptagelser er der ingen projektforsørrelse, der skal tages hensyn til ved CBCT-optagelser. Det er vist i flere undersøgelser, at ved sammenligning

Implantatplanlægning ved hjælp af CBCT

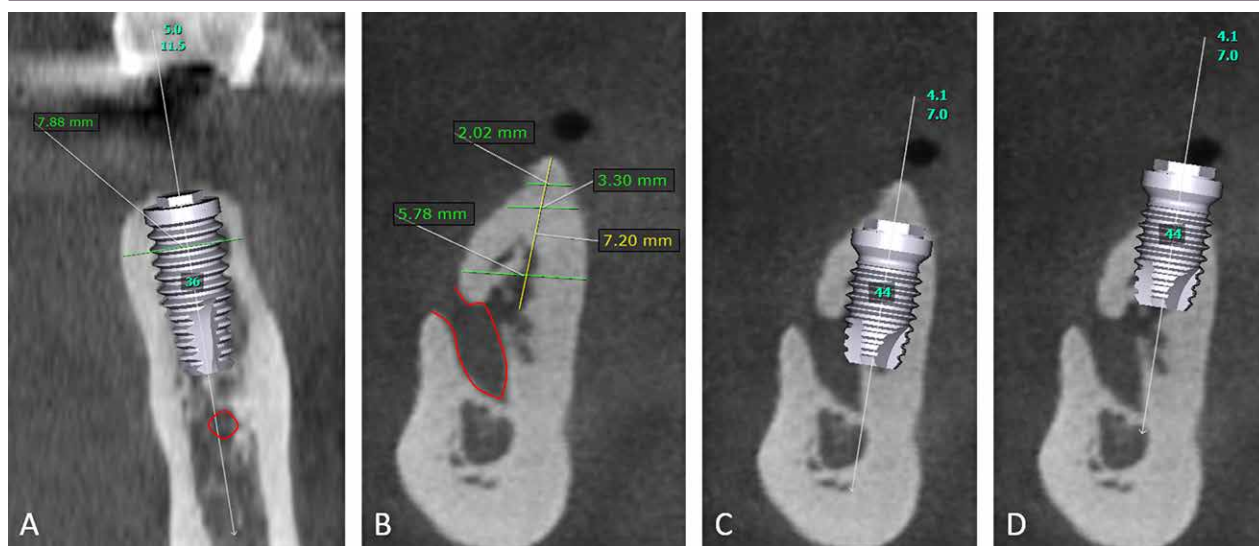


Fig. 4. Målinger af processus alveolaris' dimensioner samt virtuel implantatplanlægning i tandløse områder i underkæben foretaget på tværsnitbilleder fra CBCT-scanninger. **A.** Mål i regio -6 viser en bredde af processus alveolaris på ca. 8 mm. En implantatattrap med en diameter på 5 mm og en længde på 11,5 mm er indsat. Der ses tilstrækkeligt knogledække faciale og oralt for hele implantatet og tilstrækkelig afstand til canalis mandibulae (markeret med rødt). **B.** Mål i regio 4- viser reduceret bredde af processus alveolaris (ca. 2 mm koronalt og 6 mm mere apikalt). Afstanden fra toppen af processen til øverste begrænsning af foramen mentale er mindre end 8 mm. **C.** Implantatattrap (diameter 4,1 mm, længde 7 mm) er indsat, således at implantatgevindet har tilstrækkeligt knogledække. Med den valgte implantatlængde vil implantatet perforere nervekanalens loft med risiko for nerveskade og efterfølgende føleforstyrrelser. **D.** Implantatet er her indsat med sikker afstand til foramen mentale/canalis mandibulae. Med denne placering vil implantatet ikke være knogledækket i den koronale del pga. den smalle proces, og knoglegenopbygning skønnes nødvendig. **Fig. 4.** Measurements of the dimensions of the alveolar process and virtual implant planning in edentulous areas in the mandible performed in cross-sectional images from CBCT scans. **A.** Measurements in region 36 show a width of the alveolar process of approximately 8 mm. An implant dummy with a diameter of 5 mm and a length of 11.5 mm has been placed. Sufficient bone coverage facially and orally to the entire implant and sufficient distance to the mandibular canal (marked in red) is seen. **B.** Measures in region 44 shows a reduced width of the alveolar process (approximately 2 mm coronally and 6 mm more apically). The distance from the top of the crest to the upper border of mental foramen is less than 8 mm. **C.** An implant dummy (diameter 4.1 mm, length 7 mm) has been placed enabling sufficient bone coverage of the implant. With the selected implant length, the implant would perforate the upper border of the nerve canal with the risk of nerve damage and subsequent sensory disturbances. **D.** The implant dummy is here placed with safe distance to the mental foramen/mandibular canal. With this position, the implant would not have bone coverage in the coronal part due to the narrow process and bone augmentation is deemed necessary.

med histologiske vævssnit (den anatomiske sandhed) er målenøjagtigheden for lineære mål god med en gennemsnitlig afvigelse på ca. 1 mm (37). Det ses også, at CBCT både kan over- og underestimere i forhold til sandheden. Den lille unøjagtighed ved metoden gør dog, at man bør påregne en sikkerhedsmargen ved opmåling. Det skal også understreges, at billedartefakter opstået pga. patientbevægelse eller materialer (fx metal) i scanningsfeltet kan øge denne unøjagtighed.

I et studie blev CBCT-scanning og ridge mapping sammenlignet (36). Det blev konkluderet, at breddemål foretaget på CBCT-scanningsbilleder var mindre præcise end ved ridge mapping. Forfatterne konkluderede derfor, at CBCT ikke bidrog med yderligere og væsentlig diagnostisk information i denne sammenhæng. Samme resultat blev fundet i et nyligt studie, hvor målinger af 25 tandløse områder (region ikke oplyst) ved hjælp af ridge mapping stemte bedre overens med mål foretaget under det kirurgiske indgreb end CBCT-mål uden dog at finde statistiske signifikante forskelle (38). Begge metoder overvurderede bredden af processus alveolaris.

Til trods for at ridge mapping kan være et relevant alternativ til CBCT ved bestemmelse af processus alveolaris' dimensioner, er metodens popularitet sandsynligvis aftaget, i takt med at CBCT er vundet mere frem.

RETNINGSLINJER FOR PLANLÆGNING FØR LATERAL KNOGLEGENOPBYGNING

Der er i litteraturen ikke fundet specifikke evidensbaserede kliniske og radiologiske retningslinjer for planlægning af lateral genopbygning af processus alveolaris før implantatindsættelse. Der vil derfor her blive taget udgangspunkt i de retningslinjer, som E.A.O. (European Association for Osseointegration) i forbindelse med en konsensus-konference i 2011 har udstukket for diagnostic imaging i forbindelse med diagnostik og planlægning af implantatindsættelse (39). Det blev konkluderet, at der er indikation for at supplere med 3d-røntgenoptagelser, når diagnostik (inklusive bestemmelse af dimensionerne af processus alveolaris og udredning af lokale, patologiske tilstande) ikke kan foretages på basis af den kliniske undersøgelse og 2d-røntgenbilleder, og/eller det vurderes, at der er behov for knoglegenopbygning. Kliniske situationer, hvor tværsnitsbilleder potentielt kan være nyttige for diagnostik og behandlingsplanlægning, er opsummeret i Tabel 1. Det kan således konkluderes, at der i de fleste tilfælde ikke er behov for at supplere med en CBCT-undersøgelse, hvis tilstrækkelig information kan opnås ved den kliniske undersøgelse og periapikale optagelser og/eller panoramarøntgenbilleder, eventuelt kombineret med ridge mapping og savemodell. Det vil derfor være det enkelte patienttilfælde, som afgør, om der er indikation for at supplere med en CBCT-scanning. Dette synspunkt støttes også af The American Academy of Periodontology, som i et review om brug af CBCT til implantatplanlægning konkluderer, at CBCT kan anvendes selektivt som et supplement til 2d-røntgenbilleder (40). Samtidig pointeres det, at CBCT kun bør anvendes, hvis de potentielle fordele for patienten opvejer risici forbundet med metoden. En åbenlys ulempe ved CBCT er bl.a., at patienten udsættes for en betydelig øget mængde

ioniserende stråling. For CBCT-apparater, som er tilgængelige i Danmark, er den effektive stråledosis 10-650 µSv afhængigt af fabrikat og apparatindstillinger inklusive opløsning og field of view (FOV). Til sammenligning er den effektive stråledosis for en panoramaoptagelse typisk < 10 µSv. Det er derfor vigtigt at have fokus på at reducere den effektive stråledosis. Dette kan sikres ved at anvende hensigtsmæssige optagelsesparametre (fx billedopløsning/voxelstørrelse, strømstyrke, eksponeringstid). En voxelstørrelse på 0,3-0,4 mm er blevet foreslået til opnåelse af en tilstrækkelig god diagnostisk billedkvalitet i forbindelse med implantatplanlægning (37). På Institut for Odontologi og Oral Sundhed, Aarhus Universitet, er protokollen dog lidt anderledes, da man her normalt anvender en højere opløsning, nemlig 0,2 mm i overkæben og 0,15 mm i underkæben. Høj opløsning er specielt vigtig, når beliggenheden af vitale strukturer såsom sinus maxillaris og canalis mandibulae skal bestemmes, hvor visualisering af den sidstnævnte struktur kræver ekstra høj opløsning. Desuden skal et passende strålefelt (FOV) vælges, hvor kun den relevante del af kæben bestråles. I forbindelse med valget af FOV skal man være opmærksom på, at det er et lovkrav, at hele billedvolumenet bliver beskrevet, og at ikke kun processus alveolaris' dimensioner og morfologi vurderes, men alle væsentlige fund journalføres. Det skal også understreges, at CBCT er en avanceret teknik, som kræver speciel viden og færdigheder, både med hensyn til udførelse af optagelsen samt beskrivelse og diagnosticering af billedvolumenet. I Danmark er det et krav, at personer, som beskriver CBCT-scanningsbilleder, har deltaget i et teoretisk tredages kursus om CBCT tilrettelagt i et samarbejde mellem Aarhus Universitet, Københavns Univer- ▶

E.A.O.-retningslinjer

I hvilke kliniske situationer kan tværsnitsbilleder (3d) potentielt være nyttige for diagnostik og behandlingsplanlægning?

- Når den kliniske undersøgelse og konventionelle røntgenbilleder ikke kan vise relevante anatomiske strukturgrænser tilstrækkeligt.
- Når 3d-optagelserne kan bidrage med ekstra information, som kan hjælpe med at minimere risikoen for beskadigelse af vigtige anatomiske strukturer, og som ikke kan opnås ved brug af konventionelle røntgenteknikker.
- I kliniske grænsetilfælde, hvor der synes at være begrænset knoglehøjde og/eller knoglebredde tilgængelig for succesfuld implantatbehandling.
- Når implantatplacering kan forbedres, så de biomekaniske, funktionelle og æstetiske behandlingsresultater bliver optimeret. Den diagnostiske information kan øges ved brug af røntgenskabeloner, computerassisteret planlægning og kirurgiske guideskinner.

Tabel 1. E.A.O.-retningslinjer for anvendelse af *diagnostic imaging* ved implantatbehandling. Teksten er oversat til dansk fra originalartiklen (39).

Table 1. E.A.O. guidelines for the use of diagnostic imaging in implant treatment. The text is translated to Danish from the original article (39).

sitet, Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålebeskyttelse og Tandlægeforeningen.

På trods af en overordnet anbefaling om anvendelse af CBCT ved behov for knoglegenopbygning slår Harris et al. fast, at en mindre knogledefekt, som vurderes at kunne behandles med mindre knoglegenopbygning, ikke altid nødvendiggør en 3d-røntgenoptagelse (39). Ved større knogledefekter med behov for omfattende knoglegenopbygning vil CBCT i udvalgte patienttilfælde kunne give en værdifuld information om defektens størrelse og udstrækning. Forfatterne konkluderer også, at intraorale donorsteder for knoglemateriale til opbygning i de fleste patienttilfælde kan vurderes sufficient forud for indgrebet ved en klinisk undersøgelse og konventionelle 2d-røntgenoptagelser. Hvis der er behov for supplerende information om donorstedet mht. tilgængeligt transplantationsmateriale

og lokaliseringen af canalis mandibulae, vil supplerende CBCT-undersøgelse være berettiget.

SAMMENFATNING

Lateral knoglegenopbygning af processus alveolaris før eller i forbindelse med implantatindsættelsen nødvendiggør en grundig behandlingsplanlægning, som bl.a. involverer en vurdering af knoglebredden. Denne kan foretages klinisk ved hjælp af ridge mapping, hvor slimhindetykkelsen måles, og hvor knoglens morfologi efterfølgende indtegnes på en savemodel. Alternativt kan knoglebredden måles på tværsnitsbilleder fra en CBCT-scanning. Det skal derfor vurderes i hvert enkelt patienttilfælde, hvilken undersøgelsesmetode der er nødvendig for at opnå et forudsigeligt behandlingsresultat med færrest gener og risici, herunder unødvendig røntgenbestråling. ♦

ABSTRACT (ENGLISH)

TREATMENT PLANNING PRIOR TO LATERAL ALVEOLAR RIDGE AUGMENTATION IN PREPARATION FOR IMPLANT PLACEMENT

In an edentulous area planned for replacement of one or more teeth with a prosthetic restoration, the choice of treatment strategy is frequently influenced by several factors, including height and width of the alveolar ridge. This applies to replacement with a conventional bridge, a removable prosthesis, and especially in relation to implant-supported prosthetic restorations. In case of developmental absence of teeth, tooth loss due to trauma or surgical removal, the dimensions of the al-

veolar ridge may often be reduced, which may create a need for bone augmentation either before or in conjunction with implant placement. Thus, careful treatment planning including a clinical and radiological examination of the alveolar ridge is important to assess the need for bone augmentation and to conduct the treatment with a predictable treatment outcome. The present review presents various methods for clinical and radiological assessment of the dimensions of the edentulous area with special focus on subsequent implant placement including guidelines for use of cone beam computed tomography.

LITTERATUR

1. Amler MH, Johnson PL, Salman I. Histological and histochemical investigation of human alveolar socket healing in undisturbed extraction wounds. *J Am Dent Assoc* 1960;61:32-44.
2. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L et al. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:313-23.
3. Cardaropoli G, Araújo M, Lindhe J. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol* 2003;30:809-18.
4. Carlsson GE, Bergman B, Hedegård B. Changes in contour of the maxillary alveolar process under immediate dentures. A longitudinal clinical and x-ray cephalometric study covering 5 years. *Acta Odontol Scand* 1967;25:45-75.
5. Carlsson GE, Persson G. Morphologic changes of the mandible after extraction and wearing of dentures. A longitudinal, clinical, and x-ray cephalometric study covering 5 years. *Odontol Revy* 1967;18:27-54.
6. Atwood DA, Coy WA. Clinical, cephalometric, and densitometric study of reduction of residual ridges. *J Prosthet Dent* 1971;26:280-95.
7. Lam RV. Contour changes of the alveolar processes following extractions. *J Prosthet Dent* 1960;10:25-32.
8. Johnson K. A study of the dimensional changes occurring in the maxilla after tooth extraction – Part 1. Normal healing. *Aust Dent J* 1963;8:428-33.
9. Pietrokovski J, Massler M. Alveolar ridge resorption following tooth extraction. *J Prosthet Dent* 1967;17:21-7.
10. Johnson K. A study of the dimensional changes occurring in the maxilla following tooth extraction. *Aust Dent J* 1969;14:241-4.
11. Li B, Wang Y, Li J. A feasibility study of applying cone-beam computed tomography to observe dimensional changes in human alveolar bone. *J Zhejiang Univ Sci B* 2014;15:393-8.
12. Baan F, Bruggink R, Nijssink J et al. Fusion of intra-oral scans in cone-beam computed tomography scans. *Clin Oral Investig* 2021;25:77-85.
13. Ivanova V, Chenchev I, Zlatev S et al. Comparative study between a novel in vivo method and CBCT for assessment of ridge alterations after socket preservation – Pilot study. *Int J Environ Res Public Health* 2019;16:127.

14. Hartlev J, Spin-Neto R, Schou S et al. Cone beam computed tomography evaluation of staged lateral ridge augmentation using platelet-rich fibrin or resorbable collagen membranes in a randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2019;30:277-84.
15. Song YW, Yoon SW, Cha JK et al. Soft tissue dimensions following tooth extraction in the posterior maxilla: A randomized clinical trial comparing alveolar ridge preservation to spontaneous healing. *J Clin Med* 2020;9:2583.
16. Devlin H, Ferguson MW. Alveolar ridge resorption and mandibular atrophy. A review of the role of local and systemic factors. *Br Dent J* 1991;170:101-4.
17. Atwood DA. Bone loss of edentulous alveolar ridges. *J Periodontol* 1979;50 (Supp 4):S11-21.
18. Dekker H, Schulten EAJM, Ten Bruggenkate CM et al. Resorption of the mandibular residual ridge: A micro-CT and histomorphometrical analysis. *Gerodontology* 2018;35:221-8.
19. Klemetti E. A review of residual ridge resorption and bone density. *J Prosthet Dent* 1996;75:512-4.
20. Sanfilippo F, Bianchi AE. Osteoporosis: the effect on maxillary bone resorption and therapeutic possibilities by means of implant prostheses – a literature review and clinical considerations. *Int J Periodont Restorative Dent* 2003;23:447-57.
21. Singhal S, Chand P, Singh BP et al. The effect of osteoporosis on residual ridge resorption and masticatory performance in denture wearers. *Gerodontology* 2012;29:e1059-66.
22. Tan WL, Wong TLT, Wong MCM et al. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clin Oral Implants Res* 2012;23 (Supp 5):1-21.
23. Couso-Queiruga E, Stuhr S, Tattan M et al. Post-extraction dimensional changes: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2021;48:126-44.
24. Atieh MA, Alsabeeha NHM, Payne AGT et al. Interventions for replacing missing teeth: alveolar ridge preservation techniques for dental implant site development. *Cochrane Database Syst Rev* 2021;4:CD010176.
25. Tözüm MD, Ataman-Duruel ET, Duruel O et al. Association between ridge morphology and complexity of implant placement planning in the posterior mandible. *J Prosthet Dent* 2021;doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.07.034.
26. Tribst JPM, Rodrigues VA, Dal Piva AMO et al. The importance of correct implants positioning and masticatory load direction on a fixed prosthesis. *J Clin Exp Dent* 2018;10:e81-7.
27. Isidor F. Influence of forces on peri-implant bone. *Clin Oral Implants Res* 2006;17 (Supp 2):8-18.
28. Menini M, Signori A, Tealdo T et al. Tilted implants in the immediate loading rehabilitation of the maxilla: a systematic review. *J Dent Res* 2012;91:821-7.
29. Del Fabbro M, Ceresoli V. The fate of marginal bone around axial vs. tilted implants: a systematic review. *Eur J Oral Implantol* 2014;7 (Supp 2):S171-89.
30. Starch-Jensen T, Isidor F, Petersen LB et al. Planlægning af implantatbehandling svarende til den bagerste del af overkæben. *Tandlægebladet* 2019;123:940-9.
31. Wilson DJ. Ridge mapping for determination of alveolar ridge width. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989;4:41-3.
32. ten Bruggenkate CM, de Rijke TB, Kraaijenhagen HA et al. Ridge mapping. *Implant Dent* 1994;3:179-82.
33. Castro-Ruiz CT, Noriega J, Guerrero ME. Validity of ridge mapping and cone beam computed tomography in dental implant therapy. *J Indian Soc Periodontol* 2015;19:290-3.
34. Jalaluddin M, Sam G, El-Patal MAE et al. Evaluation of alveolar ridge dimensions using various techniques prior to implant placement: A comparative study. *World J Dent* 2020;11:299-303.
35. Chugh A, Bhisnoi P, Kalra D et al. Comparative evaluation of three different methods for evaluating alveolar ridge dimension prior to implant placement: An in vivo study. *J Dent Implant* 2013;3:101-10.
36. Chen LC, Lundgren T, Hallström H et al. Comparison of different methods of assessing alveolar ridge dimensions prior to dental implant placement. *J Periodontol* 2008;79:401-5.
37. Fokas G, Vaughn VM, Scarfe WC et al. Accuracy of linear measurements on CBCT images related to presurgical implant treatment planning: A systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2018;29 (Supp 16):393-415.
38. Torabi S, Panjnoush M, Poursafar F et al. Comparison of ridge mapping and cone beam computed tomography for the determination of alveolar ridge width. *J Maxillofac Oral Surg* 2021;doi.org/10.1007/s12663-021-01530-3.
39. Harris D, Horner K, Grondahl K et al. E.A.O. guidelines for the use of diagnostic imaging in implant dentistry 2011. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration at the Medical University of Warsaw. *Clin Oral Implants Res* 2012;23:1243-53.
40. Rios HF, Borgnakke WS, Benavides E. The use of cone-beam computed tomography in management of patients requiring dental implants: An American Academy of Periodontology best evidence review. *J Periodontol* 2017;88:946-59.