



# Alveolarutskottets vertikala höjd:

Finns det skillnader vid mätning i en panorama-  
jämfört med i en CBCT-röntgenbild?  
En pilot- och observatörsstudie

Caroline Björnberg  
Mimmi Westerdahl Jansson

Handledare: Kristina Hellén-Halme

Examensarbete (30 hp)  
Tandläkarprogrammet  
Februari, 2019

Malmö universitet  
Odontologiska fakulteten  
205 06 Malmö

# **Sammanfattning**

## **Syfte**

Undersöka om skillnad föreligger mellan panorama- och CBCT-röntgen i avseende att bedöma den vertikala höjden av alveolarutskottet vid planering inför implantatbehandling i utvalda regioner.

## **Metod och material**

Totalt valdes 68 röntgenbilder, 34 panorama- respektive 34 CBCT-bilder, ut. I samtliga röntgenbilder utfördes mätningar av alveolarutskottets vertikala höjd, vid specifikt utvalda regioner. Observatorerna bestod av fem tandläkarstudenter.

## **Resultat**

Både med och utan hänsyn till outliers, visar resultatet en signifikant skillnad mellan de båda röntgenmetoderna. Generellt visas att mätningar i panoramaröntgenbilder återger ett kortare avstånd mellan alveolarutskottets högsta punkt och sinus maxillaris nedre begränsning/foramen mentales övre begränsning jämfört med mätningar i CBCT-röntgenbilderna.

## **Konklusion**

Det fanns en signifikant skillnad mellan de båda röntgenmetoderna, denna studie visade att en kortare vertikal benhöjd mättes i panorama- jämfört med i CBCT-röntgenbilder. Resultatet visade att det fanns försumbara interobservatorsskillnader.



# The vertical height of the alveolar ridge: Are there differences in measurement in a panoramic compared to in a CBCT X-ray image? A pilot observational study

Caroline Björnberg  
Mimmi Westerdahl Jansson

Supervisor: Kristina Hellén-Halme

Master's Thesis in Odontology (30 ECTS)  
Dentistry Program  
February, 2019

Malmö University  
Faculty of Odontology  
205 06 Malmö

# **Abstract**

## **Purpose**

Investigate whether there is a difference between the panoramic and CBCT X-ray in terms of assessing the vertical height of the alveolar ridge when planning for implant treatment in selected regions.

## **Methodology**

A total of 68 X-ray images, 34 panoramic and 34 CBCT images, were selected. In all X-ray images, measurements of the vertical height of the alveolar ridge were performed at specifically selected regions. The observers consisted of five dental students.

## **Results**

The result of this study shows a significant difference between the two X-ray methodologies. The measurements made in the panoramic pictures shows a shorter distance between the highest point of the alveolar bone and the lowest point of the maxillary sinus (or the upper limitation of the mental foramen) compared to the same measurements made in the CBCT pictures.

## **Conclusion**

There was a significant difference between the two X-ray methods, this study shows that a lower vertical bone height was measured in panoramic compared to CBCT X-rays. The result showed that there were insignificant inter-observer differences.

## Innehållsförteckning

Introduktion .....	1
Implantatbehandling .....	1
Röntgenundersökning .....	2
Röntgenstrålning och dess effekter .....	2
Periapikala röntgenbilder .....	3
Panoramaröntgen.....	3
Panoramaapparaten .....	3
Bildartefakter och begränsningar .....	3
Cone beam Computed Tomography, CBCT-röntgen .....	4
CBCT-apparaten.....	4
Bildartefakter och begränsningar i CBCT-bilden .....	5
Tidigare studier .....	6
Studiens syfte och dess betydelse.....	6
Hypotes.....	6
Metod och material.....	7
Urvalsprocess av röntgenbilder .....	7
Observatörer och mätning .....	7
Statistisk beräkning .....	8
Intraobservatörsskillnader .....	8
Interobservatörsskillnader .....	9
Resultat.....	10
Diskussion .....	13
Styrkor och svagheter.....	14
Etiska aspekter.....	14
Konklusion .....	15
Framtida studier.....	15
Referenser.....	16
Bilaga 1, Sammanställning av samtliga observatörers medelvärden i CBCT och panoramaröntgenbilder.....	18
Bilaga 2, granskningsprotokoll till observatörer för mastersarbete .....	19

# Introduktion

Över tid har tandhälsan bland Sveriges befolkning förbättrats. Allt fler människor behåller sina egna tänder upp i åldrarna (1). Det är idag relativt få som är totalt tandlösa, däremot saknar många fortfarande en eller flera tänder. De vanligaste anledningarna till tandförluster är infektionssjukdomarna karies och parodontit. Förlust av en eller flera tänder kan medföra försämrad livskvalitet för patienten. En del patienter upplever att livet blir begränsat med försämrad tuggfunktion, sänkt självkänsla och lägre social status (1). Det finns idag olika behandlingsmetoder för att ersätta en saknad tand; avtagbar protetik, kron- och brokonstruktioner samt käkbensförankrade implantat (1). Vidare i arbetet diskuteras endast implantatbehandling. Dentala implantat har blivit en allt vanligare behandlingsform för patienter med medfödda eller förvärvade tandförluster och är numera ett beprövat alternativ till traditionella protetiska ersättningar (2). Implantatbehandling används vid avsaknad av en eller flera tänder men även hos helt tandlösa patienter. Syftet med behandlingen är att återskapa normala anatomiska strukturer, men också att patienten ska uppleva god estetik, tuggförmåga och komfort i det berörda området (2).

## Implantatbehandling

Det krävs en omfattande undersökning och utredning av patienten innan implantatbehandling utförs. Utredningen omfattar i stora drag, en grundlig anamnes, klinisk undersökning samt röntgenundersökning. Vid anamnesupptagning diskuteras bland annat patientens önskemål och förväntningar på behandlingen. Även patientens allmänna- och orala hälsa påverkar valet av behandling. Det är viktigt att väga för och nackdelar mot varandra vid val av behandling. Generella riskfaktorer som kan påverka prognosen av implantatbehandling är bland annat okontrollerad diabetes, immunologisk sjukdom, intravenös behandling med bisfosfonater, strålbehandling mot huvud-/halsregionen, aktiv parodontit, tobaksrökning, otillräcklig munhygien och bruxism (3). Inför implantatbehandling bör hänsyn tas till normala anatomiska strukturer inom området vilka kan begränsa möjligheten till en implantatinstallation. Exempel på sådana anatomiska strukturer är foramen incisivum och -mentale, mandibularkanalens utsträckning och sinus maxillaris. Otillräcklig röntgenundersökning kan leda till felaktig implantatinstallation och till skador på betydande anatomiska strukturer som exempelvis n. alveolaris inferior (4). Om anamnesupptagningen visar att det är medicinskt acceptabelt att installera implantat utförs en fullständig undersökning som inbegriper intra- och extraoral undersökning, kartläggning av mjuk- och hårdvävnad, parodontal undersökning, bettanalys, kliniska fotografier och om indikation finns, en kompletterande röntgenundersökning (3).

Vid implantatinstallation är det önskvärt att implantatet integreras med benet genom en så kallad osseointegration, beninläkning. Förankring av implantatet påverkas av tillgänglig benmängd och dess kvalitet. Benets kvalitet inkluderar bedömning av det kortikala benet, vilket har störst motståndskraft för de funktionella belastningar som ett implantat utsätts för i munhålan. Med ökad mängd kortikalt ben ökar också chanserna för en gynnsam osseointegration. Det tillgängliga benets form och mängd påverkar också valet av implantatets storlek. Generellt väljs största möjliga implantat eftersom detta möjliggör största möjliga yta för osseointegrationen att ske. För lyckad implantatinstallation önskas 1 till 1,5 mm ben runt hela implantatet och minst 1 till 2 mm ben mellan implantatet och angränsande strukturer, som exempelvis mandibularkanalerna eller sinus maxillaris (4). Mellan implantat och angränsande tand bör avståndet vara minst 1,5 mm, mellan två implantat bör avståndet vara minst 3 mm. Om implantatet placeras med mindre avstånd till angränsande tand eller implantat kan detta leda till att tandköttskanten drar sig tillbaka. Detta kan i sin tur leda till att

papillerna inte utvecklas vilket kan vara ett estetiskt problem (5). Det är även viktigt att tänka på höjden från den planerade platsen för implantatet till ocklusalytan på tanden i motbitning, detta för att se om det finns plats för protetisk konstruktion. Höjden bör vara minst 7 mm (6).

### Röntgenundersökning

Inför en röntgenundersökning måste en berättigandebedömning göras i varje enskilt fall (7). Detta medför att för varje röntgenundersökning ska det finnas en individuell indikation (3). För bedömning av implantatets längd och bredd är det önskvärt att röntgentekniken som används kan visualisera benets dimensioner i mesiodistal-, bucco/palatinal/lingual-, och superior/inferior riktning. Tekniken ska tillåta tillförlitliga, noggranna mätningar och utvärdera benets densitet, samt att jämföra det avbildade området med den kliniska verkligheten. Stråldos till patient och kostnad bör vägas in. Vanligen kan en kombination av olika röntgentekniker användas. De vanligaste röntgenmetoderna vid planering inför implantatbehandling är intraoral röntgen i form av periapikala bilder, extraoral röntgen i form av panoramaröntgen eller CBCT (Cone beam computed tomography) (4).

### Röntgenstrålning och dess effekter

Inom vården används joniserande elektromagnetisk strålning vid undersökningar, dvs röntgen. Elektromagnetisk strålning är energitransport genom rummet som en vågrörelse av elektriska och magnetiska fält. Det elektromagnetiska fältets energikvantum är fotoner, vilket är den minsta energimängd som kan överföras. När hastigheten hos en elektriskt laddad partikel förändras genereras fälten. Elektromagnetisk strålning kan transporteras genom vakuum och behöver inget medium. (8).

Den absorberade stråldosen (D), definieras som absorberad energi per massenhet och anges med enheten Gray (Gy). Avgörande faktorer för mängden och typen av absorption som äger rum är bland annat vilken atom som träffas, strålningens våglängd samt sammansättningen av de absorberade materialen. Fotoner med låg energi absorberas i större omfattning än fotoner med hög energi (9).

Inom tandvården exponeras patienten endast inom en viss region under en röntgenundersökning. För den enskilde individen medför strålning vid dental röntgenundersökning minimala risker men risken är större än noll (10). En intraoral röntgenbild ger mindre strålbekstrålning än ett dygns bakgrundsstrålning. Bakgrundsstrålningen varierar beroende på var på jordklotet man befinner sig (10). Mängden strålning mäts och redovisas i olika måttenheter. Absorberad dos i vävnad är mätbar och har enheten Gray, Gy. Denna kan multipliceras med en faktor för vilken typ av strålning det gäller. För röntgenstrålningen är denna faktor 1. Resultatet blir den ekvivalenta dosen med enheten Sievert, (Sv). Vidare kan ett värde för den biologiska effekten av bestrålningen beräknas. Detta anges också i enheten Sievert (Sv) och fås genom att multiplicera den ekvivalenta dosen i varje organ med en organviktningfaktor som de enskilda organen erhållit med hänsyn till deras respektive känslighet för joniserad strålning (12). Samma stråldos har olika effekt på olika typer av celler (8,9). Den internationella strålskyddskommissionen International Commission on Radiological Protection, ICRP, har som uppgift att ge råd beträffande användning av joniserad strålning och utfärda rekommendationer om strålskydd (11). En av dessa är ALARA-principen (As Low As Reasonably Achievable). Enligt principen ska etiska överväganden tas och den diagnostiska frågeställningen bör verifieras så att patienten utsätts för lägsta möjliga stråldos (7,12).

## Periapikala röntgenbilder

I periapikala röntgenbilder ses en fullständig avbildning av tänderna i det valda området samt omgivande stödjevävnad inklusive benvävnad (13). En periapikal röntgenbild ger en tvådimensionell summationsbild. För att avbilda tänderna så verklighetstroget som möjligt eftersträvas användning av så kallad parallellteknik. Det kan ibland vara svårt att utföra denna teknik då anatomiska begränsningar förhindrar avbildning. Istället kan en modifierad parallellteknik användas, denna teknik leder emellertid till en viss bildförvrängning (4). Det kan därför finnas behov av ytterligare röntgenbilder i form av panorama- och/eller CBCT-bilder för att mäta benets dimensioner. Den effektiva dosen för en intraoral röntgenbild ligger på 0,004 mS (14).

## Panoramaröntgen

Panorama är en röntgenteknik som är baserad på tomografi (skiktröntgen) och ger en summationsbild inom det aktuella skiktet. En panoramaröntgenbild avbildar översiktligt käkarna samt de omgivande vävnaderna och ger inte samma detaljinformation som intraorala röntgenbilder. I horisontalled avbildas de anatomiska strukturerna från öra till öra och i vertikalled från den nedre begränsningen av ögonhålan till hakspetsen.

Panoramaröntgenbilder används främst vid bedömning av tandanlag, alveolarutskottets höjd inför implantatbehandling och patologiska förändringar i käkbenet, såsom cystor och tumörer. Diagnostik av patologiska förändringar såsom kariesangrepp, små marginala förändringar och periapikala destruktionser har låg tillförlitlighet i panoramaröntgenbilden (15).

## Panoramaapparaten

Panoramasröntgenstativet möjliggör att en strålkälla och en bilddetektor kan rotera extraoralt runt patientens huvud under exponering. Under rotationen, som vanligen pågår 15 till 20 sekunder, passerar ett smalt strålfält käkpartierna och träffar detektorn. Detta resulterar i en avbildning av objekten som bestrålats. Det är endast strukturer som befinner sig i fokusskiktet, inom rotationsområdet mellan röntgenkällan och bildreceptorn, som avbildas skarpt. Strukturer som befinner sig utanför fokusskiktet avbildas oskarpa och förvrängda. Fokusskiktet har ett fast läge mellan strålkällan och detektorn. De flesta panoramaröntgenapparaterna har ett fokusskikt formad som en hästsko med ett frontområde som är cirka 10 mm och ett något bredare sidoområde, som är cirka 25 mm. På senaste generationens panoramaröntgenapparater finns det möjlighet att ändra fokusskiktet och anpassa detta till käkarnas form och storlek (16).

På strålkällan är en kollimator av bly placerad. Kollimatoren har formen av ett skär och fungerar som ett filter som begränsar röntgenstrålningens vertikala höjd. Mellan objektet och bilddetektorn finns också en kollimator som har till uppgift att reducera spridningen av strålarna från objektet till detektorn. Rotationscentrum förflyttar sig kontinuerligt samtidigt som strålkällan och detektorn roterar runt patienten. Detta möjliggör att fler vinkelräta linjer kan avbilda objektet skarpt (16).

## Bildartefakter och begränsningar

Positioneringen av patienten i panoramaröntgenapparaten fokusskikt är avgörande för att erhålla en diagnostiskt användbar panoramaröntgenbild. För att underlätta positioneringen av tandbågarna i fokusskiktet har de digitala panoramaröntgenapparaterna ljusmarkeringar som avbildas på patientens ansikte. Avtagbara proteser, örhängen, halsband och andra metallobjekt inom huvud- och halsregionen bör tas bort före exponering. Genom att patienten får bita i en



plastpinne med incisivernas incisala skär, placeras patientens käkar i central position. Placering av patienten, antingen för långt framåt eller bakåt, resulterar i stora dimensionsavvikelser i bilderna. Strukturer som ligger bakom rotationscentrum bestrålas två gånger och ger upphov till dubbel avbildning. Till dessa strukturer hör os hyoideum, epiglottis och vertebrae cervicales. Strukturer som befinner sig mellan strålkällan och rotationscentrum uppträder som ”spökskuggor” på motsatt sida. Approximala tandöverlappningar kan förekomma i premolar-/molarregionerna. Överprojektion av mjukvävnad och luft kan medföra svårigheter i tolkningen av bilden. Förstoringsgraden kan variera inom samma bild och är cirka 15–70% (1,3 gånger) (16).

### Cone beam Computed Tomography, CBCT-röntgen

Tredimensionell CBCT-teknik är en relativt ny metod och introducerades inom odontologin under 1990-talet (17). CBCT introducerades i de nordiska länderna först i början av 2000-talet (12). CBCT har många användningsområden inom sjukvården, tandvården och inom öron-, näsa-, halsområdet (17). Inom odontologin kan CBCT-bilder bidra till mer information än konventionell röntgenundersökning men det medför också en högre stråldos för patienten (18). CBCT-bilder ska inte ses som ersättning för panorama- och intraorala röntgenbilder utan som ett komplement. Ett av de största användningsområdena för CBCT inom odontologin är planering inför implantatinstallation (4).

Den effektiva dosen för CBCT varierar beroende på bland annat modell, ålder, inställningar på apparaten och storleken på området som bestrålas och kan variera mellan 11-1073  $\mu\text{Sv}$  (18). Den effektiva dosen kan minskas genom att endast ett så litet område som möjligt bestrålas och att värdena på kV och mA är så låga som möjligt. Det är mycket svårt att jämföra doserna av tillgängliga enheter på marknaden pga. dess olikheter. Den effektiva dosen hos CBCT motsvarar ungefär 1 till 42 digitala panoramaröntgenbilder eller 3-123 dagars bakgrundsstrålning. En panoramaröntgenbild har en effektiv dos på cirka 24  $\mu\text{Sv}$  (19). Eftersom stråldosen för CBCT-tekniken är högre än vid andra odontologiska röntgentekniker kräver strålsäkerhetsmyndigheten att en specialisttandläkare i odontologisk radiologi har det radiologiska ledningsansvaret. Specialisten ansvarar för att CBCT-undersökningarna är berättigade och optimerade. Det ska också finnas en ansvarig strålskyddsfysiker kopplad till verksamheten (20). CBCT-bilderna ger mycket information, även strukturer som finns utanför käkarna kan avbildas. Detta medför att den som granskar bilderna behöver vara kunnig även inom områden som rör huvud/hals (19).

### CBCT-apparaten

Det finns tre huvudkomponenter vid bildproduktion med CBCT; röntgengeneration, röntgendetektering och bildrekonstruering. CBCT består av en divergerande kon- eller pyramidformad röntgenkälla och en detektor som är sammanlänkade på ett stativ vilket möjliggör att röntgenkällan och detektorn kan rotera runt patienten. Under rotationen producerar röntgenkällan joniserad strålning som kommer att träffa mitten av det området som avses att avbildas, det så kallade region of interest (ROI). Strålningen går igenom vävnaden och den kvarvarande dämpade strålningen kommer sedan registreras av detektorn på motsatt sida (19,21).

Det finns olika tekniker för insamlandet av energi som har passerat det undersökta området. För att utläsa röntgenstrålningens försvagning när den passerar genom vävnaden krävs en detektor. Vanligen, men inte alltid, är detektorn en Flat Panel Detector. Detektorn består av en så kallad matris som är ett rutnät av pixlar där varje enskild pixel ger ett värde för graden av svärtning. Signalen från detektorn rekonstrueras till voxlar vilket är pixelns tredimensionella

motsvarighet. Voxelstorleken påverkar bildens upplösning, på så vis att en liten voxelstorlek ger högre upplösning då fler bildgivande volymentelement ryms inom ett bestämt område. Storleken på voxeln är i sin tur beroende av pixelstorleken hos detektorn. Liten voxelstorlek leder till mer brus i bilden vilken kan minskas genom att öka exponeringen, dock medför detta en ökad stråldos för patienten. Ytterligare faktorer som påverkar upplösningen är antalet gråskalevärden varje enskild voxel kan presentera, detta kallas för bitdjupet. Datasystemen delger gråskalevärdet i binär form som en kombination av talen noll och ett där noll motsvarar vitt och ett motsvarar svart. CBCT använder vanligen ett bitdjup mellan 12- till 16-bit vilket innebär att varje enskild voxel kan presentera stora variationer i gråskalevärden beroende på försvagningen hos den infallande röntgenstrålningen (19,21).

Röntgenkällan och detektorn roterar runt en stödjepunkt som är fixerad i mitten av field of view (FOV). Under rotationen som är en hel- eller halvcirkelformad rörelse upptas mellan 100-600 sekventiella bilder FOV. Under skanningen görs enskilda exponeringar inom vissa gradintervall, vilket ger individuella 2D-projektionsbilder som kallas "bas-", "ram-" och "rå-"bilder. Den fullständiga serien av bilder kallas projiceringsdata. Antalet bilder som innefattas bestäms av bildhastigheten (antal bilder som upptas per sekund), banans fullständighet och rotationshastigheten. Mer projiceringsdata ger mer information för att rekonstruera bilden. Mer projiceringsdata kräver emellertid vanligtvis en högre stråldos för patienten, längre exponeringstid och en längre rekonstruktionstid (21). Eftersom CBCT-exponeringen omfattar hela FOV är endast en rotationssekvens (hel- eller halvcirkel) nödvändig för att skaffa tillräckligt med data för bildrekonstruktion. När data är insamlat måste denna bearbetas för att skapa den digitala volymen från vilken bilder rekonstrueras i tre mot varandra vinkelräta plan: axiala, coronala och sagittala. (19,21). Olika CBCT-maskiner skiljer sig åt bland annat beroende på patientens position under avbildningen, möjligheten att variera spänning (kV) och rörström (mA) över röntgenröret samt den tid under vilken exponeringen sker (12).

Vid bildtagning med CBCT kan man beroende på enhet skanna patienten sittande, stående eller liggande. Eftersom exponeringstiden ofta är längre än för panoramaröntgenbild bör patientens huvudposition vara orörlig vilket är viktigare än patientens positionering i övrigt eftersom varje huvudförflyttning försämrar den slutliga bilden. För att förhindra att huvudet rör sig finns olika nackstödsmekanismer. Exponeringstiden kan variera mellan ca 5–30 sekunder beroende på utrustning och/eller parameterintervall (19,21). Det är önskvärt att begränsa området till det minsta möjliga området som avbildar ROI. Denna storlek måste väljas utifrån varje patients individuella skillnader. Detta förfarande minskar onödig exponering för patienten och ger bra bilder genom att minimera spridd strålning och så kallat brus. Om ROI är större än FOV hos detektorn går detta att lösa på två vis. Ett alternativ är att ta två eller flera separata bilder och sedan sammanfoga dessa. Detta medför dock en större stråldos för patienten då vissa områden kommer att bli bestrålade två gånger. Det andra alternativet för att öka höjden eller bredden av FOV är att kompensera detektorns position och att kollimera strålen asymmetriskt i sidled och sedan skanna hälften av patientens ROI i två omgångar (19).

### Bildartefakter och begränsningar i CBCT-bilden

Samtidigt som de kliniska tillämpningarna av CBCT har ökat har den nuvarande CBCT-tekniken begränsningar. Artefakter, eller störningar, i bildmaterialet kan klassificeras i följande huvudgrupper; utrustnings-/teknikrelaterade, bildfångst-/rekonstruktionsrelaterade och patientrelaterade. Nedan beskrivs exempel av artefakter inom de olika grupperna (19,21).

Ringartefakter kan uppstå om detektorn är felaktigt kalibrerad och visar sig som cirkulära, ljusare stråk i bildmaterialet. Mekaniska fel i bländaren kan orsaka distorsioner i periferin. Avsaknad av bildinformation/svarta områden i bildmaterialet, ofta i kombination med ljusa stråk som radier ut från centrum kallas för beam hardening. Detta orsakas av högkontrasterande material, det vill säga material med så hög densitet att röntgenstrålningen inte passerar eller får ett avvikande energispektrum i anslutning till dess begränsningar. Detta ses ofta i anslutning till metalliska material såsom guldkronor eller pelare. Ett exempel på patientrelaterade artefakter beror på att patienten rör sig i samband med undersökningen. Detta leder till att bilden får suddiga dubbelkonturer vilket påverkar bildkvaliteten (19,21).

CBCT-utrustning ger inte optimala mjukvävnadskontraster. Två huvudfaktorer begränsar kontrasten hos CBCT. Det första beror på spridd strålning som bidrar till ett ökat brus i bilden samt att det också reducerar kontrasten hos bilden. Spridda röntgenfotoner reducerar kontrasten genom att träffa intilliggande delar av detektorn som inte är representativa för anatomin, detta reducerar bildens kvalitet. Det andra beror på artefakter som kan uppstå pga. detektorns uppbyggnad. Dessa kan vara bildmättnad, ”dark current” (pixlar som inte blivit genomstrålade på länge), eller att pixlarna inte reagerar på exponering (19).

### Tidigare studier

Det finns tidigare studier som jämför panoramaröntgen och CBCT-röntgen vid planering inför implantatbehandling (22-25). Dessa visar att det finns en signifikant skillnad mellan de båda röntgenmetoderna. Generellt visas att det mäts en större vertikal benhöjd i panorama- än i CBCT-röntgenbilder. Observatörernas uppgift har varit att subjektivt välja ut lämplig implantatstorlek, alternativt välja ut maximal möjlig längd för implantatet, för de utvalda områdena.

### Studiens syfte och dess betydelse

Denna studie var en ren mätstudie där observatörernas uppgift var att objektivt mäta alveolarutskottets vertikala höjd från en bestämd punkt till en annan. Syftet med detta är att undersöka eventuella observatörsskillnader vid bedömning av den vertikala benhöjden, i utvalda regioner, i panorama- respektive CBCT-röntgenbilder. Ett delmål är att undersöka om mätningarna medför att alveolarutskottets höjd uppfattas lika i panorama- och CBCT-röntgen. Om studien kan visa att den vertikala benhöjden av alveolarutskottet i specifika områden i panoramaröntgenbilden stämmer överens med uppmätta värden i CBCT-bilderna, medför detta att stråldos kan minimeras. Därmed följs ALARA-principen och patienten utsätts för minsta möjliga stråldos för att uppnå ett diagnostiskt godtagbart resultat. Det finns även en kostnadsaspekt, en panoramaröntgenundersökning är mindre kostsam än en CBCT-undersökning.

### Hypotes

Ingen skillnad finns mellan observatörerna och inga betydande skillnader finns mellan de två röntgenmetoderna vid mätning av den vertikala benhöjden av alveolarutskottet inför implantatbehandling i specifika områden.

## Metod och material

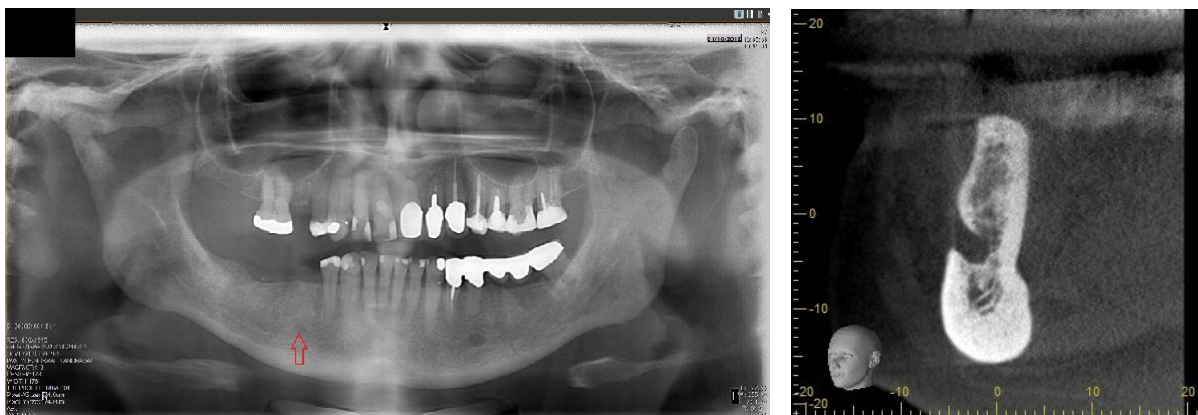
Studien krävde ingen etikprövning då röntgenbilderna avidentifierades och kunde inte spåras till person. Enligt patientdatalagen får information användas för att systematiskt och fortlöpande utveckla och kvalitetssäkra vården och de metoder som används (26).

### Urvalsprocess av röntgenbilder

Totalt valdes 68 röntgenbilder, 34 panorama- respektive 34 CBCT-bilder, ut från en röntgenbilddatabas på Odontologiska Fakulteten på Malmö Universitet. Mängden utvalda röntgenbilder avsåg en pilotstudie. Respektive CBCT- och panoramaröntgenbild utgick från samma patient för att möjliggöra mätning i samma område, bilderna kunde inte kopplas till patienten. Samtliga röntgenbilder uppfyllde urvalskriterierna, vilka sattes upp i samråd med radiolog och bestämdes till följande:

- Panorama- och CBCT-röntgenbilderna för varje observation skulle vara tagna vid samma tillfälle eller med maximalt tre månaders mellanrum.

Samtliga röntgenbilder var exponerade i samma kombinationsapparat, Veraviewepocs 3D unit (Morita, Kyoto, Japan). Röntgenbilderna var digitala i DICOM-format och var exponerade under åren 2011–2017. För varje fall valdes en mätpunkt, majoriteten av mätpunkterna var placerade mellan en- och tvåtandsluckor. De utvalda röntgenbilderna var jämnt fördelade mellan maxillan respektive mandibeln, sju fall för respektive käke. Röntgenbilderna sparades ned som JPEG-filer för att möjliggöra mätning i samma program för både panorama- och CBCT-röntgenbilderna. I varje panoramaröntgenbild placerades en röd pil ut som visade på vilken plats som mätningen skulle genomföras. CBCT-röntgenbilderna ställdes in av författarna på motsvarande ställe som den röda pilen hade placerats ut i panoramaröntgenbilderna och det koronala snittet kopierades och sparades ned. Detta gjorde att samtliga CBCT-bilder var "frysta" och att alla observatörer gjorde mätningarna i samma koronala snitt. Röntgenbilderna tilldelades slumpmässigt ett kodnummer. Nedan visas ett exempel på hur bilderna som mätningarna utfördes i såg ut.



Figur 1 Exempel på CBCT- och Panoramabilder

### Observatörer och mätning

I samtliga 68 bilder genomfördes mätningar av fem tandläkarstudenter som studerade termin åtta vid Odontologiska fakulteten på Malmö Universitet. Tre veckor senare utfördes mätningarna i samtliga bilder ytterligare en gång av författarna. Detta för att kunna mäta intraobservatörsskillnader. Vid båda tillfällena utfördes mätningarna i samtliga bilder utan

avbrott och i samma ordningsföljd. Vid observationstillfällena informerades observatörerna både muntligt och skriftligt hur mätningarna skulle gå till (bilaga 2).

Bilderna presenterades i programmet ImageJ, version: 2.0.0-rc-43/1.51u. Detta är ett program som används för att undersöka och analysera multidimensionella bilder. Inför varje ny mätning kalibrerades programmet av samma person och ett känt avstånd i bilden ställdes in. Vid mätningarna hade observatörerna möjlighet att zooma in röntgenbilderna. Alveolarutskottets vertikala benhöjd mättes till eller från olika anatomiska strukturer i tandbågarna till eller från alveolarutskottets topp. I överkäken mättes den vertikala benhöjden till sinus maxillaris nedre begränsning. I underkäken mättes alveolarutskottets höjd till den övre begränsningen av foramen mentale alternativt till den övre begränsningen av mandibularkanalen. De uppmätta värdena noterades med en decimal av observatörerna. Ljusstyrkan i rummet vid mätningarna var dämpad och mätningarna genomfördes på samma monitor.

### Statistisk beräkning

Vid beräkning av resultatet togs hänsyn till den kända förstöringsgraden som finns i panoramaröntgenbilder. Förstöringsgraden var 1,3 vilket är den genomsnittliga förstöringsgraden för den panoramaröntgenapparat som samtliga bilder exponerades i. Samtliga uppmätta värden i panoramaröntgenbilderna divideras således med 1,3 för att få korrekta och jämförbara värden med uppmätta värden i CBCT-röntgenbilderna. För att testa om vi kan förkasta noll-hypotesen, det vill säga, ingen skillnad föreligger mellan de två röntgenmetoderna, har konfidensintervall beräknats med följande formler:

$$(1) CI = \mu \pm t \times \frac{S_d}{\sqrt{n}}$$

$$(2) S_d = \sqrt{\frac{\sum_1^{n-1} (\bar{x}_n - \mu)^2}{n}}$$

t = t värde vid n-1 frihetsgrader

$\mu$  = medelvärde skillnaden (CBCT – Panorama)

I samband med mätningarna i röntgenbilderna noterades att det fanns en extraktionsalveol i observation nummer 16, vilken kunde misstolkas av observatörerna som sinus maxillaris. Observation nummer 16 exkluderades på grund av denna otydlighet.

Först sammanställdes mätresultaten för varje observatör och röntgenmetod (tabell 6, bilaga 1). Därefter beräknades medelvärdet av skillnaden mellan CBCT och panoramaröntgenbilderna för samtliga observatörers mätvärden per observation (tabell 1). Standardavvikelsen skattas med hjälp av formel (2). Därefter kunde konfidensintervall beräknas vid olika grader av signifikans. Beräkningar där outliers hade exkluderats genomfördes också för att säkerställa resultatets validitet, med outliers menas extremvärden som skulle kunna ge missvisande resultat (tabell 2).

### Intraobservatörsskillnader

För att beräkna huruvida det förekom några intraobservatörsskillnader användes även här konfidensintervall. Författarna genomförde mätningar två gånger. För var och en av dessa observatörer beräknades medelvärde för skillnaden mellan tillfällena per röntgenmetod samt standardavvikelse. Därefter beräknades konfidensintervallen (tabell 3).

## Interobservatörsskillnader

För att beräkna huruvida det förekom några interobservatörsskillnader utfördes två ANOVA F-test (ett för granskningen av panoramaröntgenbilderna och ett för granskningen av CBCT-bilderna). Varje F-test syftade till att förkasta eller acceptera testets nollhypotes, det vill säga att alla observatörers medelvärden ( $\mu$ ) för den undersökta röntgenmetoden är lika.

Ho:  $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{k^{*****}}$

H1: Minst en observatörs medelvärde skiljer sig från de övrigas

F-testet går ut på att beräkna variansen inom och mellan observatörer och sedan jämföra det beräknade F-värdet mot ett det kritiska F-värdet vid angivet antal frihetsgrader (df).

F-värdet beräknas med hjälp av följande formler:

K= antal observatörer

N = antal observationer

$x_{k,n}$  = observatör k:s mätning av observation n

$\bar{x}_k$  = observatörs k:s medelvärde

$\mu_{tot}$  = medelvärdet av samtliga observatörers observationer

$$(1) df_{inom} = N * K - K$$

$$(2) df_{mellan} = K - 1$$

$$(3) SS_{tot} = \sum_1^K \sum_1^N (x_{k,n} - \mu_{tot})^2$$

$$(4) SS_{inom} = \sum_1^K \sum_1^N (x_{k,n} - \bar{x}_k)^2$$

$$(5) SS_{mellan} = SS_{tot} - SS_{inom}$$

$$(6) MS_{mellan} = \frac{SS_{mellan}}{df_{mellan}}$$

$$(7) MS_{inom} = \frac{SS_{inom}}{df_{inom}}$$

$$(8) F = \frac{MS_{mellan}}{MS_{inom}}$$



## Resultat

Genomgående för resultatdelen är att samtliga mätvärden är angivna i millimeter. En sammanställning över samtliga observatörers mätningar, både i panorama- och CBCT-röntgenbilderna, återfinns i bilaga 1. Sammanställningen visar generellt att mätningarna i panoramaröntgenbilderna återger ett kortare avstånd mellan alveolarutskottets högsta punkt och sinus maxillaris nedre begränsning/foramen mentales övre begränsning jämfört med i CBCT-röntgenbilderna. Medelvärdet för skillnaden av samtliga observatörers mätningar i CBCT- respektive panoramaröntgenbilderna, där hänsyn tagits till förstoringsgraden 1,3 i panoramaröntgenbilderna, redovisas i tabell 1 nedan.

Tabell 1 Medelvärdet för skillnaden av observatörernas mätningar

Patient	Medelvärde		
	CBCT	Panorama	Skillnad
1	14,4	11,0	3,4
2	11,6	8,9	2,7
3	11,6	8,0	3,6
4	12,1	9,0	3,1
5	10,6	8,5	2,1
6	20,0	15,1	4,9
7	10,2	5,9	4,3
8	13,0	10,5	2,5
9	11,0	9,5	1,4
10	10,7	8,1	2,6
11	15,7	12,1	3,6
12	10,3	8,1	2,2
13	8,6	6,5	2,1
14-1	10,1	7,6	2,5
14-2	11,2	7,9	3,2
15	6,1	4,1	2,0
17	13,0	9,6	3,4
18	10,2	6,9	3,3
19	9,4	6,7	2,7
20	11,4	9,4	2,0
21	15,9	12,5	3,4
22	13,8	10,1	3,7
23	12,7	10,5	2,2
24	11,8	7,6	4,2
25	6,6	4,3	2,3
26	9,0	7,9	1,1
27	11,8	8,9	2,9
28	8,5	6,3	2,2
29	10,3	6,9	3,4
30	12,1	6,7	5,3
31	13,2	11,8	1,4
32	7,2	5,4	1,9
33	4,1	2,6	1,5

Medelvärdet för skillnaden beräknades till  $(\mu) = 2,8$ .

Konfidensintervallen vid olika nivåer av signifikans visas i tabell 2 nedan. Tabellen visar även konfidensintervallen vid olika signifikansnivåer då outliers ( $> |4,5|$ ) har exkluderats. Eftersom inget konfidensintervall omsluter värdet noll, både med och utan hänsyn till outliers,

indikerar detta en 99% signifikant skillnad mellan de båda röntgenmetoderna och att det generellt mättes mindre i panorama- än i CBCT-röntgenbilderna.

Tabell 2 Konfidensintervall vid olika nivåer av signifikans med och utan outliers

	Konfidensintervall	
	Inklusive outliers	Exklusive outliers
Konf övre 99%	3,3	3,1
Konf undre 99%	2,4	2,3
Konf övre 95%	3,2	3,0
Konf undre 95%	2,5	2,4
Konf övre 90%	3,1	2,9
Konf undre 90%	2,5	2,4

Intraobservatörsskillnaderna beräknades med ett 95% konfidensintervall. Tabell 3 visar en minimal skillnad i mätningarna mellan observatörerna dock mätte observatör 2 konsekvent mindre i panoramaröntgenbilderna vid andra tillfället.

Tabell 3 Intraobservatörsskillnader med ett 95% konfidensintervall

	Konfintervall CBCT		Konfidensintervall Panorama	
	Observatör 1	Observatör 2	Observatör 1	Observatör 2
Medelvärde	0,0	0,0	0,0	-0,3
Standardavvikelse	0,3	0,7	0,2	0,3
Konf95 övre	0,1	0,3	0,0	-0,2
Konf95 undre	-0,2	-0,2	-0,1	-0,4

När hänsyn tas till intraobservatörsskillnader, det vill säga mätningarna utförda i panoramaröntgenbilderna av observatör 2 exkluderas, återfås resultat i enlighet med tabell 4 nedan. Det blir små skillnader i de faktiska värdena, men det signifikanta resultatet kvarstår.

Tabell 4 Intraobservatörsskillnader med exklusion av observatör 2

	Konfidensintervall	
	Inklusive outliers	Exklusive outliers
Konf övre 99%	3,2	3,0
Konf undre 99%	2,3	2,2
Konf övre 95%	3,1	2,9
Konf undre 95%	2,4	2,3
Konf övre 90%	3,0	2,8
Konf undre 90%	2,4	2,3

Tabell 5 nedan visar att nollhypotesen för interobservatörsskillnader för mätningar i panoramaröntgenbilder inte kan förkastas då  $F < F_{crit}$ .



Tabell 5 Varianstest för interobservatörsskillnader (panorama)

ANOVA F-test		alpha = 0.05			
Variationskälla	SS	df	MS	F	F <sub>crit</sub>
Mellan grupper	19,43	6	3,24	0,48	2.14
Inom grupper	1516,23	224	6,77		
Total	1535,66	230			

Tabell 6 nedan visar att nollhypotesen för interobservatörsskillnader för mätningar i CBCT-röntgenbilder inte kan förkastas då  $F < F_{crit}$ .

Tabell 6 Varianstest för interobservatörsskillnader (CBCT)

ANOVA F-test		alpha = 0.05			
Variationskälla	SS	df	MS	F	F <sub>crit</sub>
Mellan grupper	5,09	6	0,85	0,09	2,14
Inom grupper	2103,22	224	9,39		
Total	2108,31	230			

## Diskussion

Syftet med denna studie var att jämföra hur väl den vertikala höjden av alveolarutskottet i panorama- respektive CBCT-röntgenbilder överensstämmer. Studien visade att det fanns en signifikant skillnad mellan de båda röntgenmetoderna. Vi fann att inget av konfidensintervallen täcker noll. Detta betyder att  $H_0$  kan förkastas till förmån för  $H_1$ , det vill säga skillnad föreligger mellan CBCT- och panoramaröntgen. Vidare kan det också utläsas att samtliga konfidensintervall är  $>0$ . Detta innebär att denna studie visat att man konsekvent mäter en mindre vertikal benhöjd i panoramaröntgenbilder gentemot i CBCT-bilder. Dessa resultat står sig även då hänsyn tas till outliers. Om CBCT ses som "golden standard" och att tekniken visar den faktiska benhöjden så skulle detta vara en fördel då vi väljer ett kortare implantat vid planering med panoramaröntgen än vad den faktiska benhöjden är. Därmed riskeras inte känsliga anatomiska strukturer att skadas. Vid gränsfall, där benhöjden är låg, kan detta däremot ses som en nackdel. I dessa fall är det önskvärt med en så lång implantatskruv som möjligt, bland annat för att implantatet ska få god stabilitet och osseointegration. Studier har visat att längre implantat har bättre överlevnad än kortare implantat efter fem år (27).

Tidigare studier visade motsatta resultat från denna studie men skiljde sig också en del från varandra (22-25). Studierna visade att det fanns en signifikant skillnad mellan de båda röntgenmetoderna. Generellt väljs längre implantat vid planering med panoramaröntgen jämfört med vid CBCT-röntgen (22-25). Detta motsäger resultaten i denna studie helt. George Deeb et. al. visade dock att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan röntgenmetoderna vid planering av implantatstorlek i premolarområdet (23). Även Maria Eugenia Guerrero et. al. påvisade liknande resultat. I de anteriora delarna av käkarna fanns ingen signifikant skillnad, dock var det endast 12% av de 105 patientfallen som rörde de anteriora delarna (24).

Studierna hade specialisttandläkare av någon disciplin som observatörer. Skillnader i resultaten kan bero på att observatörerna som valdes till denna studie var studenter utan tidigare eller mycket begränsad erfarenhet av CBCT-röntgen. Detta ansågs inte ha någon betydelse för studien då den inte avser diagnostik. Det visade sig dock att observatörerna inte helt var på det klara med vilka anatomiska strukturer de såg. Det visade sig också att det fanns viss svårighet för dem att orientera sig i dessa bilder. Att observatörerna endast fick se det koronala snittet är också en faktor som kan ha försvårat deras uppgift. Detta visar att observatörernas kunskap och erfarenhet trots allt kan vara av betydelse. Kanske hade annorlunda resultat fåtts om erfarna tandläkare eller specialister varit observatörer även i denna studie. Andra saker kopplat till observatörerna som kan ha påverkat resultatet är bland annat när på dygnet observationerna utförts och eventuell trötthet eller utmattning i samband med detta.

I likhet med denna studie hade studierna ovan tagit hänsyn till den kända förstöringsgraden som finns i panoramaröntgenbilderna. Det är allmänt känt att förstöringsgraden varierar inom samma panoramaröntgenbild. Detta medför att det inte med exakthet kan sägas att förstöringsgraden är just 1,3 i de utvalda områden som mätningarna utfördes i. Detta medför i sin tur att den faktiska förstöringsgraden egentligen kan vara annorlunda än den vi beräknat våra resultat med, vilket ger en viss förvrängning av resultaten. I maxillan valdes endast mätpunkter i premolar- och molarregionen. I mandibeln valdes nästan uteslutande mätpunkter i premolarregionen i anslutning till foramen mentale bortsett från en enstaka mätpunkt i molarregionen. Hade mätpunkter i exempelvis fronten av käkarna valts ut hade resultatet troligtvis blivit annorlunda. Dels med tanke på förstöringsgraden men också med tanke på

andra hinder i panoramaröntgenbilden så som exempelvis i fronten där halskotpelaren utgör en begränsning.

En annan skillnad är att i alla studier som refereras till ovan var observatörernas uppgift att subjektivt mäta ut lämplig implantatstorlek, alternativt mäta den maximala möjliga längden för implantatet. Denna studie var en ren "mätstudie" där observatörerna objektivt skulle mäta från en bestämd punkt till en annan.

### Styrkor och svagheter

Eftersom denna studie var avsedd som en pilotstudie ansågs 68 röntgenbilder vara en tillräcklig mängd data. Vid observationstillfällena mättes samtliga panoramaröntgenbilderna i följd, varefter samtliga CBCT-röntgenbilder mättes. Detta medförde att röntgenbilderna från samma observation inte granskades i följd och därmed kunde inte observatörerna koppla ihop bilderna med varandra vilket ger ett mer tillförlitligt resultat.

Programmet som mätningarna utfördes i, ImageJ, möjliggjorde noggranna mätningar och lämpade sig därför för denna studie. Röntgenbilderna kalibrerades av samma person innan mätningarna utfördes i programmet, detta för att minimera eventuella skillnader vid kalibreringen. Samtliga mätningar i röntgenbilderna utfördes i samma rum på en och samma datorskärm med samma ljusstyrka. Observatörerna som deltog i studien tilldelades samma muntliga och skriftliga information före och under observationstillfället.

Antalet observatörer ansågs vara tillräckligt då tidigare studier har använt sig av liknande antal observatörer. Inga interobservatörsskillnader förekom i studien. Detta tyder på att samtliga observatörer har utfört och bedömt mätningarna på ett likvärdigt sätt. Den enda intraobservatörsskillnaden var att observatör 2 tenderade att konstant mäta panoramaröntgenbilderna mindre vid andra observationstillfället. Resultatet hade med största sannolik inte blivit annorlunda även om fler observatörer varit delaktiga i studien.

Det koronala snittet av CBCT-röntgenbilderna togs ut av författarna som inte har någon erfarenhet av CBCT-röntgen sedan tidigare. En fråga man kan ställa sig är om de koronala snitten exakt motsvarar de utvalda ställena i panoramaröntgenbilden. Kanske hade det blivit annorlunda om erfarna radiologer hade valt ut de koronala snitten.

I panoramaröntgenbilderna placerades en pil, denna markerade var observatörerna skulle mäta. Utan denna skulle det blivit en tolkningsfråga om var i bilden mätningen skulle utföras. I de koronala snitten från CBCT-röntgenbilderna markerades inte mätpunkten ut, detta kan ha försvårat mätningarna för observatörerna. Observatörerna fick instruktioner om att de skulle mäta så vertikalt vinkelrätt som möjligt i panoramaröntgenbilderna. Detta kan ses som en fördel då samtliga observatörer utförde mätningen från samma mätpunkt och med samma vinkel. Observatörerna fick inga instruktioner om huruvida de skulle mäta vinkelrätt eller diagonalt i CBCT-röntgenbilderna. Detta kan ha medfört till att observatörerna inte varit konsekventa i sina mätningar och inte heller mätt likadant. Olika tolkningar av sinus maxillaris och foramen mentales begränsningar kan ha påverkat mätningarna och resultatet.

### Etiska aspekter

Panorama är en bra röntgenmetod för att få en övergripande bild över eventuell patologi (15). Det är i många fall bra att en CBCT-röntgenbild först föregås av en panoramaröntgenbild för att ge mer information om det avsedda området. Det finns dock fall där en kombination av röntgenmetoderna inte är nödvändigt. Några exempel på detta kan vara där mycket ben finns

tillgängligt och anatomiska strukturer inte riskerar att skadas vid implantatinstallation eller där det redan i panoramaröntgenbilden kan avgöras att för lite ben finns tillgängligt för att sätta ett implantat. Genom att enbart använda panoramaröntgen i dessa beskrivna exempel utsätts inte patienten för mer bestrålning än nödvändigt.

Tillgång till teknik, kostnad och stråldos är också saker som bör vägas in vid val av röntgenmetod inför implantatbehandling, vilket även tidigare studier visat (28). Även om stora fördelar finns i avseende till kostnad och besparad stråldos till patienten finns det nackdelar med att endast använda panoramaröntgen, särskilt i tveksamma fall. Panoramaröntgenbilder ger ingen information om hur benets dimensioner är i bucco-lingual-/palatinalled vilket är en nackdel med metoden jämfört med CBCT-röntgen. Dock kan kirurger i många fall bedöma detta adekvat vid den kliniska undersökningen. Att panoramaröntgenbilden dessutom är en summationsbild inom det angivna skiktet, försvårar bedömning av en del anatomiska strukturer som exempelvis den anteriora loopen vid foramen mentale då denna inte kan avbildas på samma sätt som i en CBCT-röntgenbild. Detta medför att vid sådana fall, där risk för nervskada eller annan skada finns för patienten, bör trots allt en CBCT-röntgenbild tas.

## **Konklusion**

Det fanns en signifikant skillnad mellan de båda röntgenmetoderna, denna studie visade att en kortare vertikal benhöjd mättes i panorama- jämfört med i CBCT-röntgenbilder. Resultatet visade att det fanns försumbara interobserversskillnader.

## **Framtida studier**

Vidare studier inom ämnet krävs. Denna studie jämförde inte skillnaden av den vertikala benhöjden av alveolarutskottet för över- respektive underkäken. En uppdelning av käkarna skulle kunna ge ytterligare information om skillnad mellan de båda röntgenmetoderna.

Den metod som skulle kunna återspegla den faktiska bennivån av alveolarutskottet är att frilägga käkbenet och mäta den kliniska benhöjden med mätinstrument. Om detta är etiskt försvarbart eller ej går att diskutera. Detta då friläggning av käkbenet såklart medför en högre risk för komplikationer för patienten varpå friläggning i så fall måste vara indicerad.

## Referenser

1. Statens beredning för medicinsk utvärdering (SBU). Tandförluster. En systematisk litteraturoversikt. Stockholm. 2010;SBU-rapport nr 204. ISBN 978-91-85413-40-9.
2. Schitteck Janda, Martin, aut edt, Mattheos Nae, Larsson C, aut, Ekenbäck J, aut. Förord. In: Implantat : att förebygga, diagnostisera och hantera komplikationer: Stockholm : Gothia fortbildning, 2014 (Slovenien); 1. uppl; 2014: 9.
3. Fugazzotto PA. Chapter 4, Patient Evaluation and Planning Considerations. Implant and regenerative therapy in dentistry : a guide to decision making: Ames, Iowa : Wiley-Blackwell, 2009: 122-133.
4. White SCe, Pharoah MJe. Chapter 33, Implants. Oral radiology : principles and interpretation: St. Louis, Mo. : Mosby/Elsevier, cop. 2014; 7th ed; 2014: 630-645.
5. Stoot P, Laine P. Gott estetiskt resultat av implantatbehandling kräver god planering. Tandläkartidningen 2010:74.
6. Cranin AN. Chapter 4, How to Choose the Proper Implant. Atlas of oral implantology: St Louis, Mo Mosby 1999; 2. ed; 1999: 27.
7. Strålsäkerhetsmyndigheten, Yngvesson U. Strålsäkerhetsmyndighetens författningssamling; Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om medicinska exponeringar. 2018.
8. White SCe, Pharoah MJe. Chapter 1, Physics. Oral radiology : principles and interpretation: St. Louis, Mo. : Mosby/Elsevier, cop. 2014; 7th ed; 2014: 1-15.
9. Frommer HH, Stabulas-Savage J. Chapter 5, Biologic Effects of Radiation. Radiology for the dental professional. Ninth ed.: St. Louis, Mo. : Elsevier Mosby, cop. 2011; 9th. ed; 2011: 67-85.
10. SBU Statens beredning för medicins utvärdering. Karies- diagnostik, riskbedömning och icke-invasiv behandling. 2007 December.
11. ICRP International commission on radiological protection. [www.icrp.org](http://www.icrp.org). Updated 2018. Accessed 12/05, 2018.
12. Danell M, Gröndahl H. Snabb spridning av CBCT-tekniken. Tandläkartidningen 2014:66.
13. White SCe, Pharoah MJe. Chapter 7, Intraoral projection. Oral radiology : principles and interpretatio: St. Louis, Mo. : Mosby/Elsevier, cop. 2014; 7th ed; 2014. p. 91-130.
14. Gröndahl H, edt. Oral Radiologi. 4th ed.: Gothia Fortbildning AB; 2015.
15. Rushton VE, Horner K. The use of panoramic radiology in dental practice. Journal of Dentistry 1996;24:185-201.

16. White SCe, Pharoah MJe. Chapter 10, Panoramic imaging. Oral radiology : principles and interpretation: St. Louis, Mo. : Mosby/Elsevier, cop. 2014; 7th ed; 2014: 166-184.
17. Miracle AC, Mukherji SK. Conebeam CT of the head and neck, part 2: clinical applications. AJNR Am J Neuroradiol 2009;30:1285-1292.
18. European commission. Radiation protection no. 172 Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology (Evidence-based guidelines) A report prepared by the SEDENTEXCT. 2012; Available at: [http://www.sedentexct.eu/files/radiation\\_protection\\_172.pdf](http://www.sedentexct.eu/files/radiation_protection_172.pdf). Updated 2012.
19. White SCe, Pharoah MJe. Cone-Beam Computed Tomography: Volume Acquisition. Oral radiology: principles and interpretation: St. Louis, Mo. : Mosby/Elsevier, cop. 2014; 7th ed; 2014: 185-198.
20. Strålsäkerhetsmyndigheten, Yngvesson U. Strålsäkerhetsmyndighetens författningssamling; Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om grundläggande bestämmelser för tillståndspliktig verksamhet med joniserande strålning. 2018.
21. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? Dent Clin North Am 2008;52:707-30.
22. Dagassan-Berndt DC, Clemens W, Zitzmann NU, Schulze RK. Influence of Three-dimensional Imaging on Implant Treatment Planning: Implant Diameter and Length . The Journal Contemporary Dental Practice 2018;19:704-711.
23. Correa LR, Spin-Neto R, Stavropoulos A, Schropp L, Dias da Silveria, Heloisa Emilia, Wenzel A. Planning of dental implant size with digital panoramic radiographs, CBCT-generated panoramic images, and CBCT cross-sectional images. Clinical oral implants research 2014;25:690-695.
24. Guerrero ME, Noriega J, Castro C, Jacobs R. Does cone.beam CT alter treatment plans? Comparison of preoperative implant planning using panoramic versus cone-beam CT images. Imaging Science Dentistry 2014;42:121-128.
25. Dagassan-Berndt DC, Zitzmann NU, Walter C, Schulze RK. Implant treatment planning regarding augmentation procedures: panoramic radiographs vs. cone beam computed tomography images. Clinical oral implants research 2016;27:1010-1016.
26. Sveriges riksdag S. Patientdatalag (2008:355). 2008.
27. Naenni N, Sahrman P, Schmidlin PR, Attin T, Wiedemeier D.B, Sapata V, et al. Five-Year Survival of Short Single-Tooth Implants (6mm): A Randomized Controlled Clinical Trial. Journal of Dental Research 2018;97:887-892.
28. Deeb G, Antonos L, Tack S, Carrico C, Laskin D, Golob Deeb J. Is Cone.Beam Computed Tomography Always Necessary for Dental Implant Placement? Dental Implants 2017;75:285-289.

# Bilaga 1, Sammanställning av samtliga observatörers medelvärden i CBCT och panoramaröntgenbilder

Tabell 6 Sammanställning av samtliga observatörers mätvärden i CBCT och panoramaröntgenbilder

Observation	*			**			***			****			*****			*****					
	CBCT	Panorama	Skillnad	CBCT	Panorama	Skillnad	CBCT	Panorama	Skillnad	CBCT	Panorama	Skillnad	CBCT	Panorama	Skillnad	CBCT	Panorama	Skillnad			
1	15,4	11,4	4,0	15,3	10,9	4,4	13,0	11,0	2,0	14,3	11,0	3,3	14,1	10,8	3,3	15,1	11,0	4,1			
2	12,6	9,3	3,3	11,6	8,8	2,8	11,4	9,1	2,3	11,3	8,9	2,4	11,3	8,8	2,5	11,4	8,8	2,6			
3	12,8	9,4	3,4	11,5	8,0	3,5	12,2	7,8	4,4	11,4	7,9	3,5	11,4	7,9	3,5	11,0	7,4	3,6			
4	12,1	10,1	2,0	12,6	9,0	3,6	11,3	9,1	2,2	12,4	8,8	3,6	12,0	8,9	3,1	12,1	8,5	3,6			
5	10,5	9,4	1,1	12,4	8,1	4,3	10,2	7,8	2,4	10,5	8,8	1,7	10,7	8,8	1,9	9,7	8,2	1,5			
6	20,8	15,6	5,2	19,7	14,7	5,0	19,7	15,1	4,6	19,7	15,1	4,6	19,9	14,9	5,0	20,1	15,1	5,0			
7	10,0	8,2	1,8	10,1	5,5	4,6	10,4	5,8	4,6	10,0	5,6	4,4	10,2	5,4	4,8	9,9	5,3	4,6			
8	13,6	11,3	2,3	13,0	10,6	2,4	13,0	10,0	3,0	12,9	10,6	2,3	12,8	10,4	2,4	12,9	10,2	2,7			
9	10,6	10,5	0,1	11,0	9,5	1,5	10,9	9,3	1,6	11,2	9,5	1,7	11,1	9,6	1,5	11,1	8,8	2,3			
10	11,2	8,6	2,6	11,7	8,3	3,4	10,1	8,1	2,0	10,9	7,8	3,1	11,2	7,9	3,3	9,4	7,6	1,8			
11	15,4	12,8	2,6	16,3	12,1	4,2	15,6	12,0	3,6	15,8	11,9	3,9	15,5	12,1	3,4	15,4	12,0	3,4			
12	10,8	8,6	2,2	10,6	8,0	2,6	9,8	8,0	1,8	10,5	7,9	2,6	10,3	8,1	2,2	10,1	8,1	2,0			
13	9,0	6,7	2,3	8,5	6,5	2,0	8,6	6,7	1,9	8,3	6,7	1,6	8,5	6,5	2,0	8,5	5,9	2,6			
14-1	10,1	8,0	2,1	9,9	7,5	2,4	10,7	8,1	2,6	9,9	7,5	2,4	10,0	7,5	2,5	10,1	7,2	2,9			
14-2	11,2	8,4	2,8	11,0	8,1	2,9	11,4	8,0	3,4	11,2	7,5	3,7	11,2	8,0	3,2	10,9	7,8	3,1			
15	4,4	4,4	0,0	8,3	4,0	4,3	4,5	4,4	0,1	5,9	4,2	1,7	5,8	4,1	1,7	7,8	3,7	4,1			
16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
17	13,4	9,9	3,5	13,3	9,8	3,5	13,4	10,0	3,4	12,8	9,3	3,5	12,7	9,5	3,2	12,6	9,0	3,6			
18	9,7	7,6	2,1	10,6	7,6	3,0	10,5	7,8	2,7	10,0	6,2	3,8	10,4	6,7	3,7	10,2	6,0	4,2			
19	9,3	7,5	1,8	9,7	6,7	3,0	9,9	6,8	3,1	9,1	6,7	2,4	9,2	6,2	3,0	9,2	6,2	3,0			
20	11,7	9,8	1,9	12,6	9,5	3,1	10,9	8,8	2,1	10,9	9,4	1,5	11,4	9,7	1,7	10,9	9,3	1,6			
21	12,9	12,8	0,1	16,9	12,5	4,4	15,2	12,5	2,7	16,2	12,3	3,9	16,8	12,4	4,4	16,6	12,0	4,6			
22	13,8	10,5	3,3	13,9	10,2	3,7	13,6	10,2	3,4	13,6	9,8	3,8	13,8	9,8	4,0	14,0	9,9	4,1			
23	13,4	11,4	2,0	13,6	10,8	2,8	11,7	10,4	1,3	13,1	10,2	2,9	11,9	9,9	2,0	13,5	10,7	2,8			
24	12,1	7,8	4,3	11,8	7,3	4,5	11,6	7,6	4,0	11,5	7,8	3,7	11,7	7,8	3,9	12,2	7,2	5,0			
25	6,7	4,8	1,9	7,0	4,3	2,7	6,5	4,4	2,1	6,3	4,2	2,1	6,0	4,2	1,8	7,7	4,1	3,6			
26	9,0	8,2	0,8	8,9	8,0	0,9	9,7	8,2	1,5	8,6	7,8	0,8	9,0	7,8	1,2	8,9	7,6	1,3			
27	11,9	9,5	2,4	11,7	8,8	2,9	11,9	8,8	3,1	11,6	8,5	3,1	11,9	9,1	2,8	11,5	8,6	2,9			
28	9,0	6,9	2,1	8,2	5,9	2,3	8,1	6,2	1,9	8,2	6,5	1,7	8,6	6,6	2,0	8,6	5,9	2,7			
29	10,4	7,2	3,2	10,9	6,9	4,0	10,1	7,0	3,1	9,8	6,8	3,0	10,1	6,8	3,3	10,4	6,5	3,9			
30	12,5	8,7	3,8	11,9	6,7	5,2	12,0	6,3	5,7	12,0	6,2	5,8	11,6	6,8	4,8	12,1	5,8	6,3			
31	12,8	12,4	0,4	12,8	12,1	0,7	13,6	11,8	1,8	13,3	11,4	1,9	13,0	11,7	1,3	13,2	11,5	1,7			
32	7,3	6,1	1,2	6,8	5,4	1,4	6,4	5,4	1,0	7,6	5,3	2,3	7,6	5,2	2,4	7,3	4,9	2,4			
33	4,4	2,9	1,5	4,4	2,7	1,7	4,3	2,7	1,6	3,8	2,5	1,3	4,0	2,5	1,5	4,0	2,5	1,5			
<b>Total</b>			74,1			103,6			87,1			93,7			93,2			105,2			96,1

## Bilaga 2, granskningsprotokoll till observatörer för mastersarbete

Läs noga igenom detta protokoll innan mätning i bilderna påbörjas.

Samtliga röntgenbilder, både panorama och CBCT-bilder, finns tillgängliga på ett USB. Panorambilderna ligger i en mapp märkt med "panorama" och CBCT-bilderna ligger i en annan mapp märkt med "CBCT". Panorambilderna är numrerade från nummer 1-34, samma sak gäller för CBCT-bilderna. Bilderna ska öppnas och granskas i nummerföljd, börja med panorambilderna.

I varje panoramaröntgenbild finns en röd pil utplacerad vilken visar var någonstans i bilden mätningen ska utföras. Försök att mäta den vertikala benhöjden så rakt som möjligt.

I CBCT-bilderna kommer endast det koronala snittet visas. Detta då bilderna är förinställda och frysta på motsvarande ställe som pilen på panoramaröntgenbilden visar. Dessa kan således inte ändras. Samtliga mätningar görs till/från alveolarutskottets topp. I underkäksbilderna ska den vertikala benhöjden mätas från den övre begränsningen av foramen mentale eller mandibularkanalens övre begränsning. I överkäksbilderna sker mätningen från/till sinus maxillaris nedre begränsning.

Mätningarna i röntgenbilderna kommer att utföras i programmet ImageJ. För att öppna bilderna behöver dessa, efter hand som mätningarna ska utföras, läggas in i programmet. Detta görs genom att markera och dra den aktuella bilden från mappen till det grå fältet under verktygspanelen, detta fält är markerat med rött i bilden nedan.



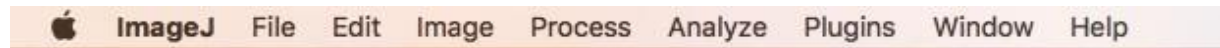
Bilden kommer nu att visas på skärmen. Vänsterklicka på den gröna ikonen i högra hörnet av bilden för att förstora denna. Om inzoomning av bilden önskas görs detta genom att vänsterklicka på ikonen som föreställer ett förstoringsglas. Vänsterklicka i bilden tills önskad förstoring uppnås. Genom att dubbelklicka på ikonen för förstoringsglasat återställs bilden till dess ursprungliga läge.

Välj sedan mätverktyget som är markerad i bilden nedan och placera markören vid startpunkten. Vänsterklicka och håll in medan en linje dras till slutpunkten där markören släpps. Önskas mätningen göras om dras en ny linje på samma vis som beskrivits ovan, denna linje ersätter då den tidigare dragna linjen.



För att avläsa uppnått mätvärde vänsterklicka på Analyze och välj Measure och läs av värdet som står under length.





Skriv in det uppmätta värdet för den valda bilden på medföljande blad, värdet ska fyllas i med en decimal. Stäng sedan röntgenbilden utan att spara några ändringar i bilden och ta nästa bild från mappen i nummerordning. Upprepa proceduren till samtliga mätningar är genomförda.

Tack för din medverkan!