

Kan virtuelle modeller erstatte gipsmodeller?

Lene Rosbjerg, Emilie Neumann, Michel Dalstra og Birte Melsen

Patientinformation bliver i stigende grad digitaliseret. Det drejer sig om journaler, røntgenbilleder og fotos. Gipsmodeller, der anvendes rutinemæssigt inden for ortodonti og i forbindelse med større rekonstruktioner, er imidlertid kun få steder erstattet af digital information. Virtuelle modeller har været tilgængelige i det sidste årti, men er først nu blevet aktuelle i Danmark. Fordelene er mange, men anvendeligheden afhænger af nøjagtigheden af de målinger, der ofte foretages på gipsmodeller. Der blev derfor foretaget en sammenligning af målinger udført på gipsmodeller og på virtuelle modeller fremstillet på baggrund af gipsmodellerne. Intra- og inter-observatør-fejl ved dobbeltmålinger, foretaget såvel på gips som på virtuelle modeller, blev vurderet. Der fandtes ingen forskelle mellem målingerne udført på gips og på digitalmodeller, og reproducérbarheden af målingerne foretaget på digitale modeller var i alle tilfælde lige så god og i mange tilfælde bedre end tilsvarende målinger udført på gipsmodeller. De mange fordele taget i betragtning kan man på denne baggrund anbefale brugen af digitale modeller.

Digitaliserede informationer indtager en stadig mere dominerende plads inden for moderne tandpleje. Administrationen bliver rutinemæssigt udført på computer; digitalradiografier er ved at vinde indpas (1), og det kan betragtes som et naturligt næste skridt at anvende digitale tredimensionelle studiemodeller til behandlingsplanlægning. Det vil i fremtiden være naturligt at anvende digitale tredimensionelle studiemodeller til behandlingsplanlægning i såvel ortodonti som almen tandlægepraksis, der udfører større rekonstruktioner. Dette vil ikke alene lette behandlingsplanlægningen, men også gøre det lettere at dele informationerne med kolleger og patienter. For specialtandlægen i ortodonti er det et problem, at gipsmodeller er meget pladskrævende (Fig. 1) idet journalbekendtgørelsen foreskriver, at journalmateriale skal opbevares, »så længe det har relevans« (2).

Virtuelle modeller blev allerede i 1999 introduceret i USA af OrthoCAD™ (Cadent, Carlstadt, NJ, USA). Disse var dog ikke umiddelbart til rådighed for det europæiske marked. I 2001 blev E-models® markedsført af Geodigm (Geodigm Corp., Chanhassen, MN, USA). Begge ovennævnte firmaer fremstillede modeller på basis af silikoneaftryk, og den begrænsede udbredelse skyldtes bl.a. prisen på både aftryk og model. Senere har flere systemer, hvor der også fremstilles modeller på basis af alginataftryk, fundet vej til ortodontiklinikkerne, og det har for nylig været demonstreret, at postforsendelse af alginataftryk ikke påvirker kvaliteten af den fremstillede digitalmodel (3).

På det europæiske marked findes der nu flere forskellige systemer, som alle er baseret på alginataftryk eller gipsmodeller (OrthoCAD™, Cadent, Carlstadt, NJ, USA; Emodel®, Geodigm Corp., Chanhassen, MN, USA; DigiModel™, OrthoProof®, Nieuwegein, Holland; O3DM™, OrtoLab®, Cześćochowa, Polen; Cecile™, Bibliocast®, Ste. Geneviève-des-Bois, Frankrig).

Digitale modeller har følgende fordele frem for gipsmodeller:

1. Patientens modeller er tilgængelige øjeblikkeligt på computerskærmen, hvorimod gipsmodeller skal findes frem fra opbevaringsrummet,
2. krav til opbevaringsrum til gipsmodeller bortfalder,
3. virtuelle modeller kan ikke blive væk, tabes eller slås itu,
4. virtuelle modeller kan sendes via internettet til kolleger,
5. virtuelle modeller kan anvendes i forbindelse med internet-studiegrupper,
6. patientinformation forbedres, og
7. tandlæge og patient kan følge ændringer i okklusionen, hvilket kan være en motiverende faktor for at gribe ind.

Det er imidlertid et spørgsmål, om den virtuelle model er præcis nok til at afløse gipsmodellen; med andre ord, er de målinger, der måtte foretages på en virtuel model, sammenlignelige med dem, der hidtil har været udført på gipsmodeller?

Tidligere publicerede studier har demonstreret, at digitale modeller kan erstatte gipsmodeller. Målingerne lavet på de computerbaserede modeller er lige så præcise og pålidelige som målingerne lavet på gipsmodeller. Derfor forekommer computerbaserede modeller at være et acceptabelt klinisk alternativ til konventionelle gipsmodeller (4,5). Costalos et al. fandt, at intra-examiner-variationen i relation til de digitale modeller var mindre end for gipsmodeller, men at de to undersøges målinger var forskellige for de to metoder (6). Dette blev tilskrevet manglende kalibrering, men at flere forhold som tilstedeværelsen af diastemata, kipninger og rotationer af tænder samt lokaliseringen af approksimale kontakter og morfologiske variationer kunne tænkes at påvirke reproducérbarheden af målinger (4). Quimby et al. bekræftede, at der kun var små og ikke klinisk relevante forskelle på målingerne foretaget på de digitale modeller og konventionelle gipsmodeller (7), hvorimod Okunami et al., der anvendte AAO-board-kriterier, fandt enkelte signifikante forskelle mellem gipsmodeller og digitale modeller. Disse kunne dog tilskrives det anvendte software (8).

Da alle tidligere undersøgelser er udført af rutinerede specialtandlæger i ortodonti, er formålet med nuværende studie at vurdere intra- og inter-observatør-reproducérbarheden, når målingerne blev udført af urutinerede tandlægestuderende.

Materialer og metode

Studiemodellerne af 31 tilfældigt udvalgte patienter fra Afdeling for Ortodonti på Tandlægeskolen i Århus indgik i undersøgelsen. Patienterne var typiske ortodontipatienter med forskellig grad af slid, trangstilling og tandstillingsfejl. Gipsmodellerne blev sendt til OrtoLab®, Czestochowa, Polen, der fremstillede de digitale modeller (O3DM®). Sammenbidsregistrering af de digitale modeller foregik på den måde, at både over- og underkæbemodeller først blev scannet hver for sig, hvorefter de blev scannet sammen med det medsendte sammenbid taget enten i voks eller i silikone. Modellerne af over- og underkæben blev derefter automatisk koordineret, således at over- og underkæbemodellen fik det rigtige positionsforhold til hinanden. Efter visuel kontrol af de virtuelle kontaktpunkter mellem over- og underkæbens tænder blev eventuel finjustering af underkæbens position foretaget. Efter fremstillingen blev de digitale modeller downloadet fra O3DM®'s hjemmeside, og gipsmodellerne blev returneret til Tandlægeskolen i Århus.

To tandlægestuderende udførte målingerne efter følgende procedure:

- To sæt målinger af gipsmodeller med minimum fem dages mellemrum. Hertil anvendtes en digital skydelære (700-113 Mycal Lite™, Mitutoyo America Corp., Plymouth, MI) med en præcision på 0,01 mm.
- To sæt målinger af digitale modeller med minimum fem dages mellemrum. Disse blev foretaget med det software, der stilles til rådighed af OrtoLab® (O3DM™, version 1.6.06) (Fig. 2).



Fig. 1. At lede efter gamle gipsmodeller kan være en vanskelig opgave.

Fig. 1. Looking for old plaster models can be an arduous job.

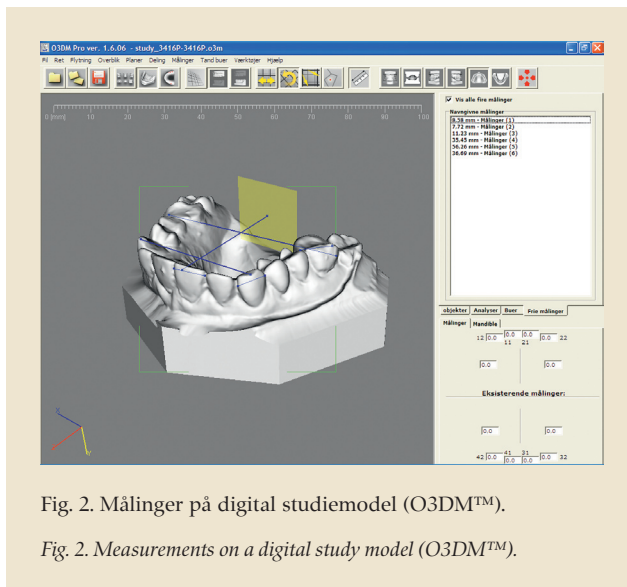


Fig. 2. Målinger på digital studiemodel (O3DM™).
 Fig. 2. Measurements on a digital study model (O3DM™).

Følgende parametre blev målt:

- Den mesio-distale tandbredde af 1+, 3+ og 6+.
- Hjørnetandsafstanden i overkæben defineret som afstanden fra kusp top til kusp top målt parallelt med okklusalplanet. Ved meget slidte tænder blev et punkt udvalgt i midten af slidfacetten.
- Overkæbens tandbuebredde: afstanden mellem de mest prominente punkter på de disto-faciale cuspides på 6+6. I tilfælde af manglende førstemolarer blev målingerne udført mellem andenmolarer; hvor disse også var fraværende, udgik målingerne.
- Overkæbens tandbuelængde: længden mellem tangenten til facialfladen af 1+ og distalfladen af 6+ vinkelret på midtsagittalplanet.
- Horisontalt overbid: afstanden fra midtpunktet af 1- til facialfladen af 1+ målt parallelt med okklusalplanet.
- Vertikalt overbid: den maksimale overlappning af 1+ på 1- målt vinkelret på okklusalplanet.

For at vurdere intra-observatør-reproducérbarhed blev der for hver af observatørerne beregnet en metodefejl efter Dahlbergs formel ($= \sqrt{((x_1 - x_2)^2 / 2n)}$), der giver et udtryk for spredningen af differencen mellem de to sæt målinger på henholdsvis de 31 gips- og digitalmodeller. Resultaterne blev illustreret grafisk.

Inter-observatør-variationen i relation til målinger på gips og på virtuelle modeller blev vurderet ved at sammenligne gennemsnittet af to sæt målinger udført af de to observatører for at vurdere, om reproducérbarheden var afhængig af, hvorvidt målingen var udført på gips eller på den

virtuelle model. Disse reproducérbarheder blev atter beregnet som »metodefejl« efter Dahlbergs formel. Endelig anvendtes en students t-test for parrede variable til sammenligning af absolutte værdier med henblik på at vurdere, hvorvidt målinger udført på de digitale modeller afveg signifikant fra de samme mål udført på gipsmodellerne.

Resultater

De mindste afvigelser mellem den 1. og 2. måling sås i relation til tandbredde, hvor begge observatører opnåede en reproducérbarhed på 0,1 til 0,2 mm uafhængigt af typen af modeller. I relation til målinger af tandbuebredde og -længde og i forhold til horisontalt og vertikalt overbid varierede metodefejlen mellem 0,11 og 0,91 mm for gipsmodellerne og mellem 0,05 og 0,41 mm for digitalmodellerne. Der var en signifikant forskel i metodefejlen både mellem observatørerne og mellem målinger udført på gips- og på de virtuelle modeller. Observatør I udviste generelt større metodefejl end observatør II både på gips- og digitalmodeller. Herudover var metodefejlen ved målingerne på gipsmodeller signifikant større, end når samme målinger blev foretaget på digitalmodeller (Fig. 3).

Inter-observatør-variationen var større på gipsmodeller for alle mål undtagen tandbredder. Generelt var der bedre overensstemmelse mellem observatørerne, når der blev målt på digitale modeller, undtagen for tandbredden 1+ og 6+ (Fig. 4). Målingsoverensstemmelse mellem de to observatører varierer afhængigt af modeltypen, og hvad der blev målt. Forskellen var størst for tandbuelængde, forreste tandbuebredde mellem hjørnetænderne og bageste mellem molarerne på gipsmodeller (mellem 0,70 og 0,75 mm). På digitalmodellen fandtes den største forskel på forreste og bageste tandbuebredde (0,40 til 0,45 mm). Overensstemmelsen mellem inter-observatør gips, inter-observatør digital, inter-metode-observatør I og inter-metode-observatør II var størst for måling af tandbredden 1+, 3+ og 6+ (mellem 0,15 og 0,25 mm).

Inter-metode-variationen var størst for tandbuelængde, vertikalt overbid og horisontalt overbid, både for observatør I og II (mellem 0,65 og 1,15 mm) (Fig. 4).

Ved sammenligning af gennemsnitsværdier opnået ved de fire sæt målinger fandtes ingen forskel mellem resultater opnået ved målinger på gips- eller på digitalmodeller (Fig. 5).

Diskussion

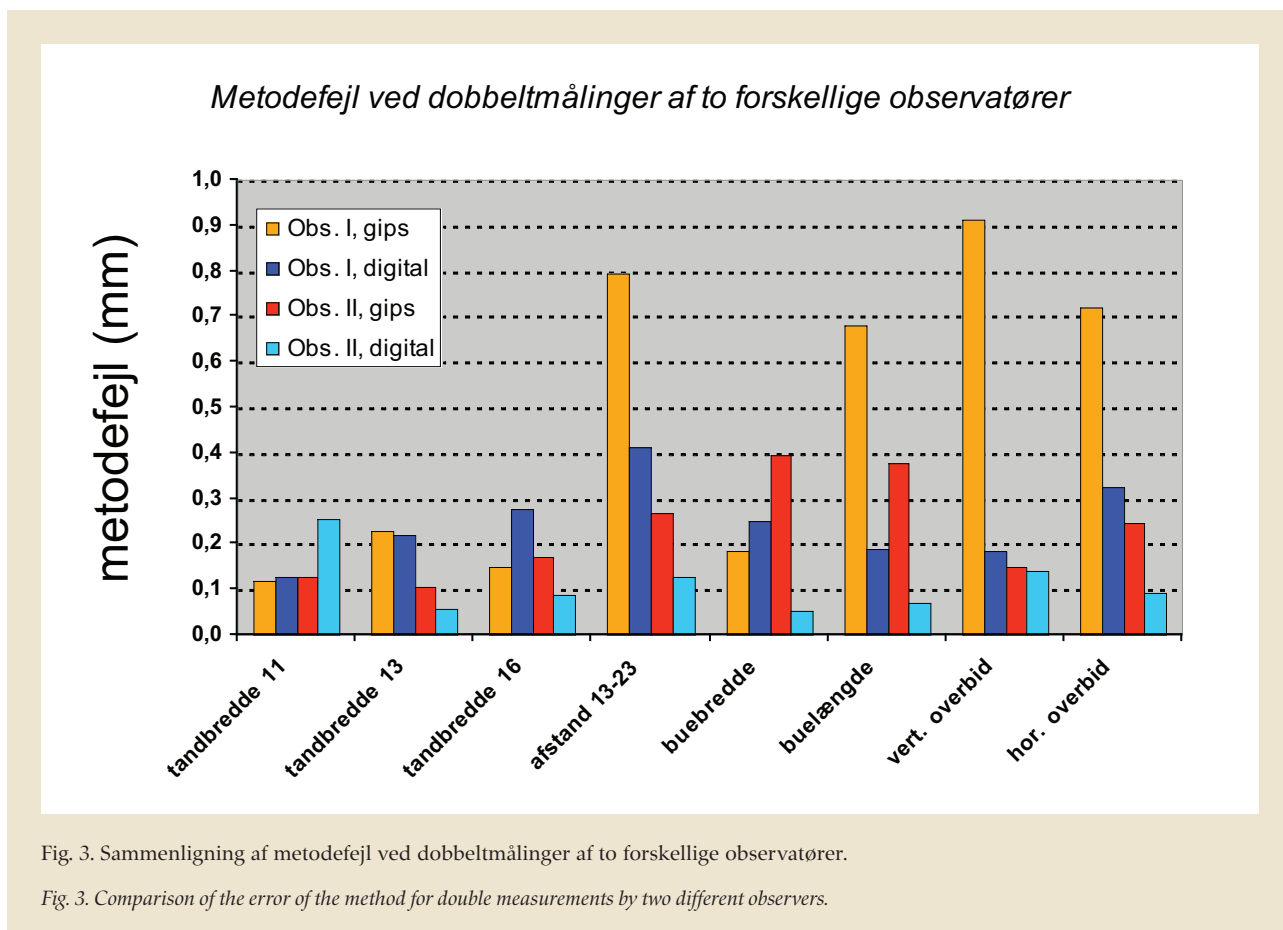
Reproducérbarheden relateret til målinger på gipsmodeller og digitale studiemodeller blev analyseret for målinger af tandbredder, tandbuebredder og -længder samt vertikalt og horisontalt overbid. Gipsmodellerne blev betragtet

som »gold standard«. Reproducerbarheden var betydelig højere i relation til måling af digitalmodeller end af gipsmodeller. Dette gjaldt dog ikke tandbredden, der målt med samme reproducerbarhed uanset modeltype. Disse resultater understøttede tidligere fund af Bell et al. (9), der også kom frem til, at metodefejlen ved målinger udført på digitalmodeller var mindre end ved målinger på gipsmodeller.

Den store metodefejl ved mange af målingerne udført på gipsmodeller vil afhænge af observatørens evne til at placere en skydelære i forhold til de specifikke målepunkter samt præcisionen af aflæsningen enten direkte på en digital skydelære eller ved brug af en lineal. Målinger på digitalmodeller er lettere, idet definitionen af det horisontale plan er implicit; det samme gælder aflæsningen af værdierne. Metodefejlen er således reduceret til identifikation af målepunkter. Målinger af mesio-distale tandbredder er ved anvendelse af O3DM's software gjort lettere, idet afstande altid vil registreres mellem tangenter til de

mest prominente punkter på en kontur. På trods af at målepunkterne før udførelsen af målingerne blev defineret og fastlagt af begge observatører, var der en signifikant forskel i den præcision, hvormed målingerne blev udført. Bortset fra tandbredde 1+ og 6+ var der størst overensstemmelse mellem de to observatører, når der blev målt på digitale modeller, hvilket stemmer overens med, hvad Costalos et al. fandt frem til (6). Santoro et al. (10) fandt generelt mindre værdier, når tandbredden blev målt på de digitale modeller. Denne bredde-bias fandt vi ikke i denne undersøgelse, men kan måske tilskrives det software, der anvendtes i den undersøgelse.

Overordnet viser den foreliggende undersøgelse en større reproducerbarhed ved brug af digitale modeller. Zilberman et al. (4) fandt imidlertid, at målinger af tandbredder på isolerede tænder med en elektronisk skydelære var mere nøjagtige end de digitale målinger. Dette giver dog ikke udtryk for en klinisk relevant sammenligning mellem gips- og virtuelle modeller. Gipsmodeller til behandlings-



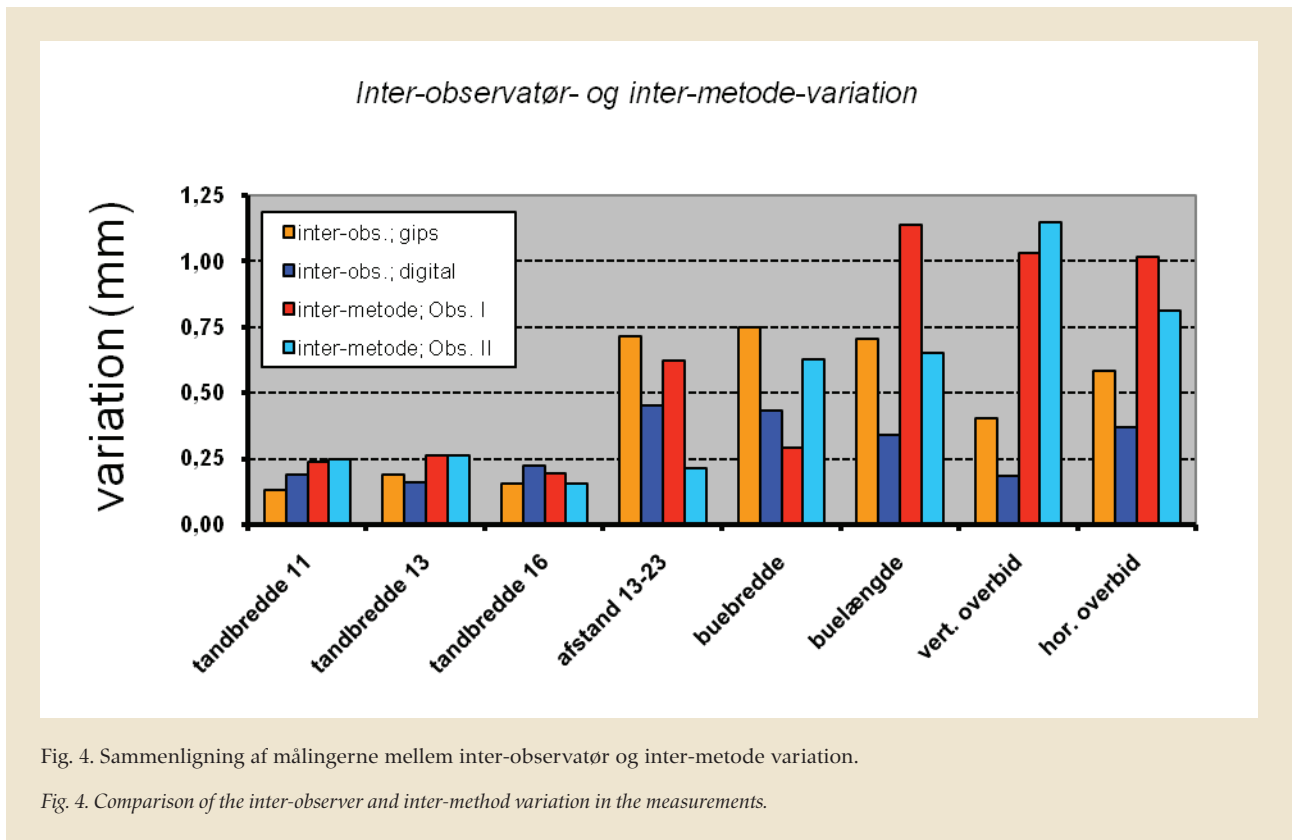


Fig. 4. Sammenligning af målingerne mellem inter-observatør og inter-metode variation.

Fig. 4. Comparison of the inter-observer and inter-method variation in the measurements.

planlægning på ortodontiafdelingen på Tandlægeskolen i Århus hører nu fortiden til. I stedet benyttes O3DM™ digitale modeller, som har vist sig at være lige så nøjagtige og reproducérbare som de konventionelle gipsmodeller »gold standard«. Da der ikke er statistisk signifikant forskel på målingerne af gipsmodeller og digitalmodeller, må de digitale studiemodeller være at foretrække af praktiske grunde. Digitalmodellerne er umiddelbart tilgængelige på computerskærmen, de kræver ingen opbevaringsplads, kan ikke forsvinde eller beskadiges. Endvidere åbner anvendelsen af de digitale modeller mulighed for digitale patientkonferencer med kolleger, internetstudiegrupper, bedre identifikation af patienter og dermed mulighed for at kunne yde en bedre service, følge patienten under behandlingen samt for patientinformation.

Ulemper ved de gipsmodeller, der fremstilles i de små gipslaboratorier rundt omkring på de danske tandlægeklinikker, er, at de ofte er fyldt med luftblærer og ikke trimmes, hvilket gør dem sværere at se på (tænder og okklusion) og dermed også mindre brugbare i en tandbehandling. Digitale modeller har ikke fornævnte mangler og er desuden sammensatte i korrekt okklusion. Desuden vil de

digitale modeller kunne bruges i kommunikation mellem specialtandlæger, tandlæger, dentalassistenter og patienter for at eliminere de kommunikationsfejl og journalføringsfejl, der opstår.

Endnu en fordel ved digitale modeller er, at de ikke kan manipuleres, fordi de indeholder en digital signatur, i modsætning til gipsmodeller, der kan manipuleres ved at tage et nyt aftryk af en ændret model. På nuværende tidspunkt må det være de digitale modeller, der er at foretrække frem for konventionelle gipsmodeller på baggrund af ovennævnte.

Konklusion

Målingerne foretaget på konventionelle gipsmodeller og digitale modeller var ikke signifikant forskellige. Målinger udført på virtuelle modeller var mere reproducérbare end målinger udført på gipsmodeller. Inter-observatørvariationen var mindre i relation til virtuelle modeller end ved måling af de konventionelle modeller. Dette gjaldt for alle typer mål undtagen den mesio-distale tandbredde. De digitale modeller kan anses som et validt alternativ til gipsmodeller.

Dobbeltmålingernes gennemsnit

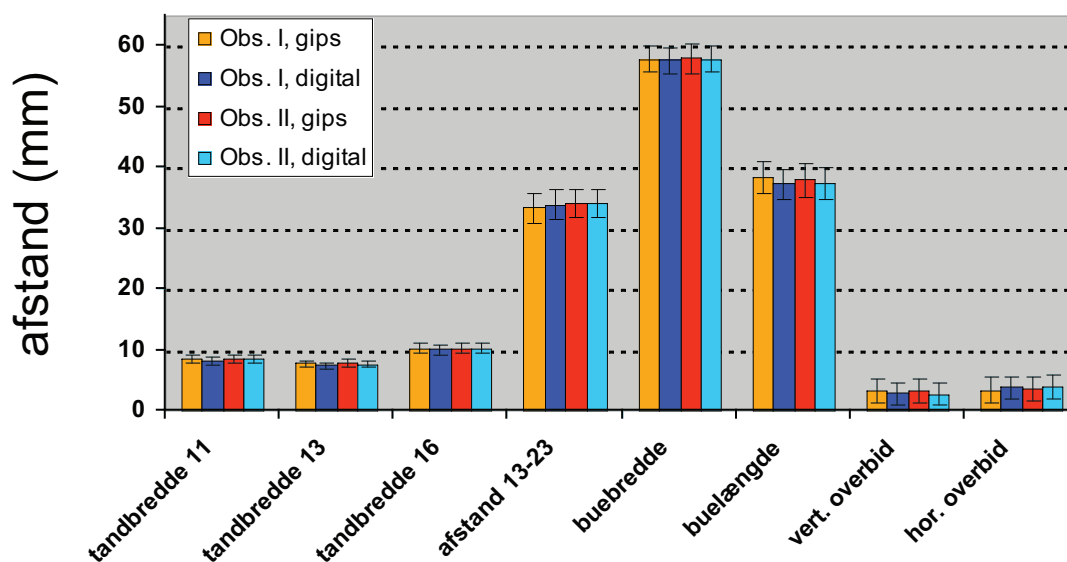


Fig. 5. Sammenligning af gennemsnittet af dobbeltmålingerne for observatører I og II.

Fig. 5. Comparison of the means of the double measurements for observers I and II.

English summary

Can virtual models replace plaster models?

Patient information becomes increasingly digitized. This involves records, journals and radiographic images and normal photographs. The latest addition to this are the virtual models, routinely used in connection with large reconstructions and orthodontic treatment. Virtual models have been available for a number of years, but recently they have become relevant in Denmark. The advantages are many:

1. it is user-friendly to have the patient's model immediately accessible on the computer screen rather than having to find the model from storage,
2. physical storage space for hundreds or thousands of plaster models is no longer required,
3. models cannot be lost or broken,
4. it is possible to share the material with colleagues and get a reply the same day,
5. models can be used in internet study groups
6. information exchange with the patient improves and

7. the dentist can better follow changes occurring in the dentition over time.

In this study the intra- and inter-observer reproducibility and the validity were assessed by comparing the results of two measurements of selected representative parameters carried out on both plaster and virtual models. This study shows that both the intra- and inter-observer variations were significantly smaller for the digital models compared to the plaster models. Reproducibility is therefore no obstacle to switch from plaster to digital models.

Tak

Tak til Christian S. Melsen (OrtoLab®, Czestochova, Polen) for at stille computerprogrammet O3DM™ til rådighed og for vejledning i brugen heraf.

Litteratur

1. Wenzel A. A review of dentists' use of digital radiology and caries diagnosis with digital systems. *Dentomaxillofac Radiol* 2006; 35: 307-14.

2. Bekendtgørelse om lægers, tandlægers, kiropraktorers, jordemødres, kliniske diætisters, kliniske tandteknikers, tandplejeres, optikers og kontaktlinseoptikers patientjournaler (journalføring, opbevaring, videregivelse og overdragelse m.v.) nr. 1373 af 12. december 2006, Indenrigs- og Sundhedsministeriet.
3. Dalstra M, Melsen B. From alginate impressions to digital virtual models: accuracy and reproducibility. *J Orthod*. Antaget til publikation.
4. Zilberman O, Huggare JÅV, Parikakis KA. Evaluation of the validity of tooth size and arch with measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod* 2003; 73: 301-6.
5. Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G, Major PW. Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129: 794-803.
6. Costalos PA, Sarraf K, Cangialosi TJ, Efstratiadis S. Evaluation of the accuracy of digital model analysis for the American Board of Orthodontics objective grading system for dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005; 128: 624-9.
7. Quimby ML, Vig KW, Rashid RG, Firestone AR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod* 2004; 74: 298-303.
8. Okunami TR, Kusnoto B, BeGole E, Evans CA, Sadowsky C, Fadavi S. Assessing the American Board of Orthodontics objective grading system: digital vs plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 131: 51-6.
9. Bell A, Ayoub AF, Siebert P. Assessment of the accuracy of a three-dimensional imaging system for archiving dental study models. *J Orthod* 2003; 30: 219-23.
10. Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003; 124: 101-5.

Forfatteroplysninger:

Lene Rosbjerg, stud.odont.
Afdelingen for Ortodonti
Odontologisk Institut, Tandlægeskolen
Aarhus Universitet

Emilie Neumann, stud.odont.
Afdelingen for Ortodonti
Odontologisk Institut, Tandlægeskolen
Aarhus Universitet

Michel Dalstra, lektor, ph.d.
Afdelingen for Ortodonti
Odontologisk Institut, Tandlægeskolen
Aarhus Universitet

Birte Melsen, professor, dr.odont.
Afdelingen for Ortodonti
Odontologisk Institut, Tandlægeskolen
Aarhus Universitet