

Procjena točnosti mjerenja vodoravnih dimenzija na ortopantomogramima

Amir Ćatić¹
Asja Čelebić²
Melita Valentić Peruzović²
Adnan Čatović³
Ivan Vinter⁴
Ivana Muretić⁵

¹Dom zdravlja "Dubrava"

²Zavod za mobilnu protetiku
Stomatološkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu

³Zavod za fiksnu protetiku
Stomatološkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu

⁴Zavod za anatomiju
Medicinskog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu

⁵Dom zdravlja "Črnomerec"

Sažetak

Svrha istraživanja: Svrha istraživanja bila je ocijeniti preciznost vodoravnih mjerenja na ortopantomogramima, tj. ocijeniti točnost prikaza vodoravnih dimenzija.

Materijal i metode: Različite udaljenosti označene metalnim markerima (1mm²) izmjerene su na 25 čeljusti. Iste čeljusti nakon toga pozicionirane su centralno u ortopantomografskom uređaju Orthophos D3200® (Siemens, Republika Njemačka) te su napremljene rendgenske snimke. Mjerenje istih udaljenosti kao na čeljustima izvršeno je na ortopantomogramima te su uspoređeni rezultati jednih i drugih mjerenja. Svi rezultati statistički su obrađeni.

Rezultati: Raspon vrijednosti izračunatih indeksa povećanja za vodoravne udaljenosti koje ne prelaze sredinu čeljusti jest od 0,97 do 1,065, što su statistički značajno manje vrijednosti od one koju navodi proizvođač (1,22x). Udaljenosti koje prelaze preko sredine čeljusti znatno su uvećane zbog velikih čimbenika uvećanja (1,45-1,85) koji se također znatno razlikuju od vrijednosti koju navodi proizvođač uređaja.

Zaključak: Vrijednosti mjerenja udaljenosti koje se nalaze samo na jednoj strani čeljusti provedena na ortopantomogramima vrlo su slična stvarnim dimenzijama čeljusti, te mogu biti valjan orijentir u kliničkoj praksi. Vrijednosti mjerenja udaljenosti koje se protežu s jedne na drugu stranu čeljusti, prelazeći sagitalnu liniju čeljusti, znatno su veća od stvarnih dimenzija. Rezultati dobiveni njihovim mjerenjima nisu valjani te se takve udaljenosti ne bi smjele mjeriti.

Ključne riječi: ortopantomografija, indeks povećanja

Acta Stomatol Croat
1998; 35—41

IZVORNI ZNANSTVENI
RAD
Primljeno: 21. listopada 1997.

Adresa za dopisivanje:

Asja Čelebić
Zavod za mobilnu protetiku
Stomatološki fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
Gundulićeva 5
10000 Zagreb, Hrvatska

Uvod

Ortopantomografija je panoramska tehnika snimanja orofacijalnog područja. Snimkom su obuhvaćene gornja i donja čeljust s pripadajućim strukturama i oba temporomandibularna zgloba. Tijekom ekspozicije kasete s filmom i izvor zračenja orbitiraju oko nepomične glave pacijenta (1). Pacijentova glava mora biti ispravno pozicionirana unutar žarišne zone uređaja na ponovljiv i uvijek isti način, što se postiže upotrebom posebnoga plastičnog držača ili kefalostata. Kefalostat je dio standardne opreme svakoga novijeg ortopantomografskog uređaja. Ponovljivost snimke omogućuje usporedbu pacijentova statusa prije, u tijeku i nakon tretmana (1).

Ortopantomografija se također upotrebljava za preprotetski pregled pacijenata, pri kojem ponekad otkriva razne patološke nalaze i stanja poput zaoostalnih korijenova, cista, stranih tijela pa čak i neoplazmi u potpuno bezubih čeljusti i bez ikakvih kliničkih znakova (2-4). Panoramska snimka je od koristi i pri procjeni uznapređovalosti i opsega resorptivnih i osteopeničkih procesa čeljusti (5-9).

Važna je uloga ortopantomografije u implantologiji jer daje informacije o okomitoj dimenziji kosti i o lokaciji stanovitih anatomske struktura orofacijalne regije (7), premda je njezina uloga donekle smanjena razvojem i pojavom preciznijih tehnika poput kompjutorizirane tomografije (CT) ili magnetske rezonancije (MR). Novije i preciznije tehnike uvelike su poboljšale planiranje implantoloških tretmana, no njihov je veliki nedostatak što znatno povećavaju troškove terapije.

Precizno mjerenje raznih struktura na panoramskim snimkama može u sebi nositi i znatne metodološke pogreške. Glavni nedostatak ortopantomografije, koji ograničava njezinu primjenu u kliničkoj praksi, jest nedostatak odgovora na pitanje: odgovaraju li dimenzije struktura prikazanih na snimci stvarnim dimenzijama tih struktura. Na dimenzije prikazanih struktura utječu distorzija i magnifikacija snimanih struktura na radiološkom filmu. Jedna vrsta nepreciznosti nastaje zbog udaljenosti objekta snimanja od izvora zračenja i od filma; ako je objekt bliže izvoru zračenja, a dalje od filma, on će na snimci biti uvećan (1,10,11). Druga vrsta pogreške ili nepreciznosti nastaje iz razlike brzine filma i brzine projekcije objekta na film; ako kasete s filmom prolazi ispred otvora na zaslonu prebrzo,

previše filma će zauzeti određena struktura te će ona biti uvećana. U suprotnom slučaju, ako se film s kasetom kreće presporo ispred otvora zaslona, više struktura bit će snimljeno na mali dio filma te će objekt biti umanjen.

Distorzija se ne javlja u oštro određenoj ravnini snimanja (sloju), čime je čimbenik magnifikacije jednak za vodoravnu i okomitu dimenziju. Strukture koje su izvan navedenoga sloja bit će iskrivljene i uvećane.

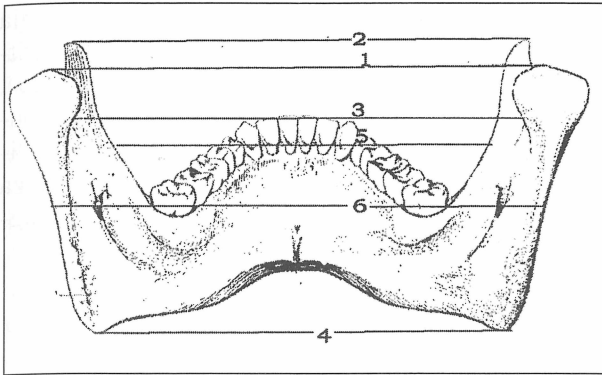
Panoramska snimaka je dakle podložna magnifikacijskoj pogrešci i dispoziciji snimanih struktura. Prema nekim autorima mjerenja svih vodoravnih udaljenosti osobito su nepouzdana usljed nelinearne varijacije uvećanja na raznim dubinama snimanja, a mjerenja okomitih udaljenosti smatraju se relativno pouzdanim (10-16, 19-23). Promjenu dimenzija snimanih struktura na njihovim panoramskim snimkama uzrokuju dakle distorzija, dispozicija, te najviše magnifikacija (11,13,14).

Više raznih proizvođača nudi tržištu mnogo različitih tipova radiografskih uređaja. Zbog različitih geometrija projekcije čimbenik magnifikacije varira od jednog do drugog proizvođača, ali i između različitih uređaja istog proizvođača (11,15,16,20,21). U longitudinalnim je studijama zato vrlo važno upotrebljavati isti uređaj za sva snimanja (14-16).

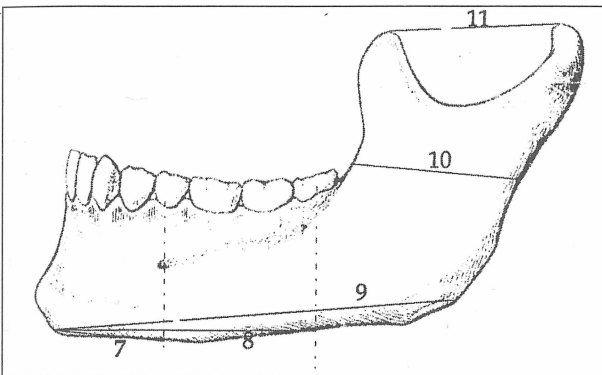
Mnogi se autori slažu da su mjerenja vodoravnih udaljenosti na ortopantomografskim snimkama neprecizna te ih ne treba provoditi (12,15,16,26). No oni ne navode koje udaljenosti ne treba mjeriti te uopćavaju svoju preporuku na sve vodoravne udaljenosti. Zato je cilj ovoga istraživanja bio ocijeniti preciznost mjerenja različitih vodoravnih udaljenosti na panoramskim snimkama.

Materijal i metode

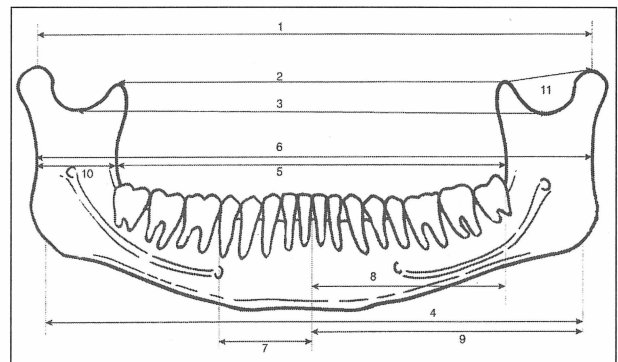
Različite vodoravne udaljenosti (Slika 1) izmjerene su na 25 donjih čeljusti sa Zavoda za anatomiju Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Čeljusti predstavljaju slučajno odabrani uzorak, 16 je bilo muških i 9 ženskih, s intervalom starosti od 27 do 78 godina. Dentalni status odabranih čeljusti varirao je od potpuno ozubljenih do potpuno bezubih čeljusti.



Slika 1a



Slika 1b



Slika 2

Različite udaljenosti označene su metalnim markerima četvrtastog oblika površine 1mm². Sva su mjerenja provedena pomičnom mjerkom preciznosti 0,1 mm (TMA MEBA, Republika Njemačka). Mjerenja su prvo obavljena na čeljustima, nakon čega su čeljusti snimljene ortopantomografskim uređajem Orthophos D3200, serijski broj 07786, proizvođač Siemens, Republika Njemačka. Proizvođač navodi čimbenik magnifikacije od 1,22x za svoj uređaj. Čeljusti su za snimanje bile pozicionirane s pomoću kefalostata i orto-križa.

Pošto su izrađene panoramski snimke svih čeljusti, mjerenja su ponovljena na samim snimkama (Slika 2).

Slika 1 a,b; Slika 2. Vodoravna mjerenja na čeljustima i njihovim ortopantomografskim snimkama

1. **Co-Co** = udaljenost između najviših točaka lijevog i desnog kondilarnog processusa,
2. **PM-PM** = udaljenost između najviših točaka lijevog i desnog koronoidnog processusa,
3. **Inc-Inc** = udaljenost između najnižih točaka lijeve i desne incizure,
4. **Go-Go** = udaljenost između lijeve i desne točke gonion,
5. **W_AR-W_LA** = udaljenost između desne i lijeve točke prednje širine ramusa,
6. **W_PR-W_PL** = udaljenost između desne i lijeve točke stražnje širine ramusa,
- 7a. **R.LBM(S.)-LBM(FM)** = udaljenost između najniže točke na donjem rubu čeljusti u sagitalnoj liniji i točke u kojoj okomito povučena crta kroz medijalni otvor foramena mentale siječe donji rub čeljusti na desnoj strani,
- 7b. **L.LBM(S.)-LBM(FM)** = udaljenost između najniže točke na donjem rubu čeljusti u sagitalnoj liniji i točke u kojoj okomito povučena crta kroz medijalni otvor foramena mentale siječe donji rub čeljusti na lijevoj strani,
- 8a. **R.LBM(S.)-LBM(8.)** = udaljenost između točke na donjem rubu čeljusti u sagitalnoj liniji i točke u kojoj okomito povučena crta kroz distalnu površinu krune zadnjega molara (ili medijalnoga ruba trigonum retromolare kod bezubih čeljusti) siječe donji rub čeljusti na desnoj strani,
- 8b. **L.LBM(S.)-LBM(8.)** = udaljenost između najniže točke na donjem rubu čeljusti u sagitalnoj liniji i točke u kojoj okomito povučena crta kroz distalnu površinu krune zadnjega molara (ili medijalnoga ruba trigonum retromolare kod bezubih čeljusti) siječe donji rub čeljusti na lijevoj strani,
- 9a. **R.LBM(S.)-Go** = udaljenost između najniže točke na donjem rubu čeljusti u sagitalnoj liniji i točke gonion na desnoj strani čeljusti,
- 9b. **L.LBM(S.)-Go** = udaljenost između najniže točke na donjem rubu čeljusti u sagitalnoj liniji i točke gonion na lijevoj strani čeljusti,
- 10a. **R.W** = širina desnog ramusa,
- 10b. **L.W** = širina lijevog ramusa,
- 11a. **R.Co.-PM** = udaljenost između najviše točke desnog processus condilaris i desnog processus coronoideus,
- 11b. **L.Co.-PM** = udaljenost između najviše točke lijevoga processus condilaris i lijevoga processus coronoideus.

Kako bi se procijenila pouzdanost trojice ispiti-vača izrađen je test pouzdanosti. Ispitivači su dva puta mjerili 5 vodoravnih parametara na 7 čeljusti i na snimkama tih 7 čeljusti, s razmakom od 28 dana između mjerenja. Statistička raščlamba provedena je metodom koju su predložili Slakter et al. (18) i Fleiss et al. (19). Intra-ispitivačka pouzdanost kretala se je između 0,91-0,98, u ovisnosti o mjerenoj varijabli, a inter-ispitivačka pouzdanost kretala se između 0,90-0,96. Vrijednost pogreške mjerenja bila je u rasponu od 0,0015-0,0026, što se je smatralo zadovoljavajućim. Najkonzistentniji ispitivač određen je prema najnižoj vrijednosti standardne pogreške između mjerenja te je odlučeno da on mjeri sve ostale varijable u ovoj studiji.

Mjerenja su najprije provedena na čeljustima, a zatim na ortopantomografskim snimkama istih tih čeljusti. Indeks povećanja izračunat je za svaku varijablu prema formuli: indeks povećanja = udaljenost_{snimka} : udaljenost_{čeljusti} ($x_{\text{povećanje}} = x_{\text{rendgen}} : x_{\text{čeljusti}}$).

Statistički su obrađeni rezultati svih mjerenja standardnim metodama deskriptivne statistike (aritmetička sredina (\bar{x}), standardna devijacija (SD), standardna pogreška (S.E.) i 95%-tni interval pouzdanosti). T-testom je uspoređena značajnost razlike između čimbenika magnifikacije izračunanih za sve mjerene varijable i vrijednosti čimbenika magnifikacije kojeg navodi proizvođač uređaja (19).

Rezultati

Tablica 1 prikazuje vrijednosti vodoravnih udaljenosti mjerenih na čeljustima i na njihovim ortopantomogramima (rendgen), te indekse povećanja (izračunate prema formuli: $x_{\text{povećanje}} = x_{\text{rendgen}} : x_{\text{čeljusti}}$). Dio tablice označen slovom A prikazuje vrijednosti vodoravnih varijabla koje prelaze sredinu čeljusti. Dio tablice označen slovom B prikazuje vrijednost vodoravnih varijabla koje na prelaze sredinu čeljusti.

Tablica 1. Vrijednosti vodoravnih udaljenosti mjerenih na čeljustima i na njihovim ortopantomogramima (rendgen) i izračunani indeksi povećanja

Table 1. Horizontal distances measured on the mandibles and their panoramic images mm (X-ray), as well as the magnification indices calculated using the formula: $X_{\text{magnification}} = X_{\text{ray}} : X_{\text{mandible}}$. \bar{X} = arithmetic mean, SD = standard deviation, S.E. = standard error.

A = variables which extend across the midline of the mandible

B = variables which do not extend across the midline of the mandible (the ones which were measured on the left of the right side of the mandible from the midline)

	RENDGEN X- RAY		ČELJUST MANDIBLE		INDEKS INDEX		S.E.
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	
1. Co - Co	183,00	24,79	99,78	6,19	1,84	0,268	0,05
2. PM - PM	122,96	16,25	93,73	4,73	1,31	0,169	0,034
3. Inc - Inc	151,85	17,48	94,63	4,82	1,60	0,162	0,033
4. Go - Go	165,52	13,56	96,31	6,86	1,72	0,132	0,027
5. W _A R - W _A L	121,63	13,49	83,59	3,19	1,45	0,144	0,029
6. W _p R - W _p L	178,26	16,80	96,25	5,40	1,85	0,149	0,030
7a. R.LBM(S.) - LBM(FM)	28,11	3,64	28,35	2,71	0,99	0,128	0,026
7b. L.LBM(S.) - LBM(FM)	27,15	3,63	26,98	2,06	1,01	0,135	0,027
8a. R. LBM(S.) - LBM(8.)	62,61	6,33	60,46	4,41	1,04	0,089	0,018
8b. L. LBM(S.) - LBM(8.)	63,39	5,94	59,93	4,27	1,06	0,081	0,016
9a. R. LBM(S.) - Go	87,20	7,45	84,20	4,38	1,04	0,074	0,015
9b. L. LBM(S.) - Go	88,57	7,09	82,78	5,36	1,07	0,063	0,013
10a. R. W.	29,13	4,39	28,20	3,93	1,03	0,076	0,015
10b. L. W.	29,19	3,69	27,88	3,58	1,05	0,068	0,014
11a. R. Co - PM	32,63	4,91	33,40	3,18	0,97	0,087	0,018
11b. L. Co - PM	33,29	4,98	33,38	4,09	0,99	0,073	0,015

Tablica 2 prikazuje testove značajnosti razlika između izračunanih indeksa povećanja (indeksi su izračunati nakon mjerenja vodoravnih udaljenosti na čeljustima i njihovim ortopantomografskim snimcima) i indeksa povećanja koji navodi proizvođač (1,22x). Dio tablice označen slovom A prikazuje vrijednosti vodoravnih varijabla koje prelaze sredinu čeljusti, a dio tablice označen slovom B prikazuje vrijednosti vodoravnih varijabla koje ne prelaze sredinu čeljusti.

Tablica 2. Testiranje značajnosti razlika između izračunanih indeksa povećanja i indeksa koji navodi proizvođač (1,22x)

Table 2. The significance of the difference between the calculated magnification indices after the measurements of the horizontal variables on the radiographs and the mandibles and the magnification index listed by the manufacturer of the device used (1.22x); $t = t$ value; p value; C.I. = 95% confidence interval.

A = variables which extend across the midline of the mandible.

B = variables which do not extend across the midline of the mandible (the ones which were measured on the left of the right side of the mandible from the midline)

	t	p	C.I.
1. Co - Co	12,4	< 0,01	1,7 - 1,98
2. PM - PM	2,65	> 0,01	1,23 - 1,39
3. Inc - Inc	11,52	< 0,01	1,52 - 1,68
4. Go - Go	18,52	< 0,01	1,64 - 1,80
5. $W_{AR} - W_{AL}$	7,93	< 0,01	1,37 - 1,53
6. $W_{pR} - W_{pL}$	21,00	< 0,01	1,77 - 1,93
7a. R. LBM(S.) - - LBM(FM)	-8,85	< 0,01	0,93 - 1,05
7b. L. LBM(S.) - - LBM(FM)	-7,78	< 0,01	0,93 - 1,05
8a. R. LBM(S.) - - LBM(8.)	-10,17	< 0,01	0,98 - 1,10
8b. L. LBM(S.) - - LBM(8.)	-10,06	< 0,01	1,00 - 1,12
9a. R. LBM(S.) - Go	-12,27	< 0,01	0,98 - 1,10
9b. L. LBM(S.) - Go	-11,92	< 0,01	1,04 - 1,10
10a. D. W.	-12,80	< 0,01	0,97 - 1,09
10b. L. W.	-12,21	< 0,01	1,02 - 1,08
11a. D. Co - PM	-13,67	< 0,01	0,91 - 1,03
11b. L. Co - PM	-15,07	< 0,01	0,93 - 1,05

Rasprava

Kjellberg et al. (14) je dokazao da različito pozicioniranje čeljusti u radiografski uređaj, unutar određenih granica, ne utječe na rezultate mjerenja. Imao je veće varijacije između 3 različita uređaja nego između 3 različita položaja čeljusti (one su bile nagnute 10° anteriorno i posteriorno). Unatoč njegovim nalazima, čeljusti su u ovome istraživanju bile pažljivo pozicionirane u kefalostat služeći se orto-križom.

Vrijednost indeksa povećanja svih vodoravnih udaljenosti koje se protežu samo s jedne strane čeljusti znatno su manje od indeksa povećanja koji navodi proizvođač, s intervalom vrijednosti od 0,97 do 1,065 (Tablica 1B). To se odnosi na sve vodoravne udaljenosti koje se nalaze samo na jednoj strani čeljusti ne prelazeći njezinu medijalnu liniju. Bez obzira na to radi li se o udaljenosti na donjemu rubu čeljusti, širini ramusa (W), ili o udaljenosti između zglobnog mišića i mišićnog nastavka iste strane (Co-PM), indeks povećanja je stabilan i s vrijednošću koja je cca 1,00 (Tablica 1,2), što je znatno preciznije nego što to navodi proizvođač.

Za vodoravne udaljenosti koje prelaze središnju liniju čeljusti (npr. udaljenost između lijevog i desnog zglobnog nastavka (Tablica 1A) postoji velika razlika između vrijednosti dobivenih mjerenjima udaljenosti na čeljustima i na njihovim ortopantomografskim snimcima (Tablica 2A). Vrijednosti izmjerenih udaljenosti na snimcima bile su znatno veće od vrijednosti istih udaljenosti izmjerenih na čeljustima. Zbog tih velikih razlika indeksi povećanja za udaljenosti koje prelaze medijalnu liniju čeljusti znatno su veći (1,45-1,85) od indeksa povećanja kojeg navodi proizvođač uređaja, te se i statistički značajno razlikuju (Tablica 2A). Takva magnifikacija tumači se promjenom kuta ulaska središnje zrake, koji se mijenja u središnjem dijelu čeljusti u svrhu kompenzacije njezine zakrivljenosti.

Svi učinci distorzije struktura koje se ne nalaze unutar snimanoga sloja, karakteristični za ortopantomografsku tehniku snimanja, nastaju zbog različitih čimbenika magnifikacije koji utječu na vodoravne i okomite dimenzije struktura koje su izvan snimanoga sloja. Welander (20) je dokazao matematički, a Lund (11) empirijski da je snimani sloj, ili žarišna zona, uska u anteriornome dijelu čeljusti, te da se širi prema lateralno u distalnome dijelu donje

čeljusti. Lund (21) je također pokazao da žarišna zona obuhvaća sve položaje zuba kod svih 240 pacijenata koji su sudjelovali u njegovu istraživanju, iako su se frontalni zubi nalazili na samome rubu žarišne zone.

Tornje (10) smatra da su linearna mjerenja okomitih udaljenosti na ortopantomografskim snimkama pouzdana ako je pacijent ispravno pozicionira, ali odustaje mjeriti linearne udaljenosti u vodoravnoj dimenziji smatrajući ih nerealnim. Larheim (12) je mjerio dužine zuba te je zaključio da je 14%-17% zuba nemjerljivo. Većina nemjerljivih zuba bili su frontalni, što Larheim svoj nalaz pripisuje činjenici da je upravo u anteriornoj regiji čeljusti najtanji žarišni sloj (12).

Prema Midgradu, Bjorku i Linder-Aronsonu (25) varijabilnost metode ne bi smjela prelaziti 3% ukupne varijabilnosti u svrhu kvalitetnih mjerenja na bilo kojim rendgenskim snimkama. Larheim (26) smatra da prihvatljiva varijabilnost za okomite i angularne varijable iznosi 1% ukupne varijabilnosti. Rezultati njegovih istraživanja pokazuju da mjerenja vodoravnih udaljenosti nisu dovoljno pouzdana, s najvećom varijabilnosti u anteriornoj regiji.

Rezultati naših istraživanja pokazuju da je vodoravne udaljenosti na ortopantomografskim snimkama moguće precizno mjeriti, no mjerenje mora biti samo na jednoj strani čeljusti, tj. mjerena udaljenost ne smije prelaziti središnju liniju čeljusti.

Svi izračunani indeksi magnifikacije za udaljenosti koje ne prelaze sredinu čeljusti znatno su manji od indeksa magnifikacije koji navodi proizvođač uređaja (Tablica 1,2). Dobiveni rezultati upućuju na činjenicu da uporabljeni uređaj omogućuje precizno mjeriti vodoravne udaljenosti na panoramskim snimkama čeljusti pod uvjetom da mjerene udaljenosti ne prelaze sredinu čeljusti.

Razlika između naših nalaza i rezultata drugih istraživanja može se tumačiti činjenicom da su naše čeljusti bile pozicionirane unutar žarišnoga sloja uređaja. Naši nalazi sukladni su s Lundovim rezultatima (21), a oprečni nalazima Larheima i Tronjea (26,10) jer naši nalazi pokazuju da je prikaz vodoravnih dimenzija donje čeljusti na ortopantomogramu pouzdan dokle god se mjerene udaljenosti nalaze na jednoj strani čeljusti ne prelazeći njezinu srednju liniju.

Navedene spoznaje vrlo su važne u planiranju protetske terapije ili oralnokirurških zahvata (7,27), u okolnostima kada nisu dostupne preciznije rendgenološke tehnike.

Zaključci

Rezultati raščlamba provedenih mjerenja raznih udaljenosti na čeljustima i njihovim panoramskim snimkama upućuju na zaključak da je moguća uporaba ortopantomografije u mjerenju vodoravnih udaljenosti. Vrijednosti dobivene na taj način mogu poslužiti kao vrijedan klinički orijentir uz jedan uvjet: vodoravne udaljenosti koje se mjere moraju biti samo na jednoj strani čeljusti ne prelazeći njezinu srednju liniju. Zato je ortopantomogram, unutar svojih ograničenja, pouzdano sredstvo prikaza određenih dimenzionalnih parametara.

Literatura

1. GOAZ PW, WHITE SC. Oral radiology: principles and interpretation, 3rd edition, Mosby, St. Louis, 1994.
2. SWENSON HH, HUDSON JR. Rendgenographic examination of edentulous patients. *J Prosth Dent* 1967; 18: 304-307.
3. SPYROPOULOS ND, PATSAKAS AJ, ANGELOPOULOS AP. Findings from radiographs of the jaws of edentulous patients. *Oral Surg* 1981; 52: 455-459.
4. KOGON S, BOHAJ R, STEPHENS R. A survey of the radiographic practices of general dentists for edentulous patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995; 80: 365-368.
5. ČELEBIĆ A. et al. Radiographic study on the resorption of the lower part of the mandible. *Coll Antropol (Suppl)*, 1994; 18: 87-892.
6. SOIKKONEN K, AINAMO A, XIE Q. Height of the residual ridge and radiographic appearance of bony structure in the jaws of clinically edentulous elderly people. *J Oral Rehab* 1996; 23: 70-75.
7. KAFFE I et al. Location of the mandibular foramen in panoramic radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994; 78: 662-669.
8. WICAL KE, SWOOPE CC. Studies of residual ridge resorption. Part I. Use of the panoramic radiographs for evaluation and classification of mandibular resorption. *J Prosth Dent* 1974; 1: 7-12.
9. ORTHMAN LF. Skeletal osteopenia and residual ridge resorption. *J Prosth Dent* 1989; 61: 321-325.

10. TRONJE G, ELIASSON S, JULIN P, WELANDER U. Image distortion in rotational panoramic radiography. II. Vertical distances. *Acta Radiol (Diagn) (Stockh)* 1981; 22:449-455.
11. LUND TM, MANSON-HING LR. A study of the focal troughs of three panoramic dental x-ray machines. Part II. Image dimensions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1975; 39:647-653.
12. LARHEIM TA, SVANEAS DB, JOHANNESSEN S. Reproducibility of radiographs with the Orthopantomograph 5: Tooth-length assessment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984; 58:736-741.
13. UPDEGRAVE WJ. The role of panoramic radiography in diagnosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1966; 22:49-57.
14. KJELLBERG H. et al. Condylar height on panoramic radiographs. A methodological study with a clinical application. *Acta Odont Scand* 1994; 52: 43-50
15. LUND TM, MANSON-HING LR. A study of the focal troughs of three panoramic dental X-ray machines. Part I. The area of sharpness. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1975; 39:318-328.
16. McDAVID WD, TRONJE G, WELANDER U, MORRIS CR, NUMMIKOSKI P. Imaging characteristics of seven panoramic X-ray units. Chapter 4. Horizontal and vertical magnification. *Dentomaxillofac Radiol* 1985; (Suppl 8):29-34.
17. SLAKTER MJ, JULIANO DB, FISCHMAN ST. Estimating examiner consistency with DMFS measures. *J Dent Res* 1976; 55: 930-934.
18. FLEISS JL, SLAKTER MJ, FISCHMAN SL, PARK MH, CHILTON NW. Inter-examiner reliability in caries trials. *J Dent Res* 1979; 58: 604-609.
19. FREUND JE. *Modern elementary statistics*. 4th ed. London: Prentice Hall International, 1974.
20. WELANDER U, WICKMAN G. Image distortion in narrow beam rotation radiography: A mathematical analysis. *Acta Radiol (Diagn) (Stockh)* 1978; 19:507-512.
21. LUND TM, MANSON-HING LR. Relations between tooth positions and focal troughs of panoramic machines. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1975; 40:285-293.
22. HABETS LLMH, BEZUUR JN, Van OOIJ CP, HANSSON TL. The orthopantomogram, an aid in diagnosis of temporomandibular joint problems. I. The factor of vertical magnification. *J Oral Rehab* 1987; 14:475-480.
23. HABETS LLMH, BEZUUR JN, NAEIJE M, HANSSON TL. The Orthopantomogram, an aid in diagnosis of temporomandibular joint problems. II. The vertical symmetry. *J Oral Rehab* 1988; 15:465-471.
24. TÜRP JC, VACH W, HARBICH K, ALT KW, STRUB JR. Determining mandibular condyle and ramus height with the help of an Orthopantomogram - a valid method? *J Oral Rehab* 1996; 23:395-400.
25. MIDGARD J, BJORK G, LINDER-ARONSON S. Reproducibility of cephalometric landmarks and errors of measurements of cephalometric cranial distances. *Angle Orthod* 1974; 44:56-61.
26. LARHEIM TA, SVANAES DB. Reproducibility of rotational panoramic radiography: Mandibular linear dimensions and angles. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1986; 90:45-51.
27. JENNIGS KJ. ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants: Prosthodontic management of edentulous using overdentures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1991; 6: 202-206

Assessment of the Precision of Horizontal Measurements on Orthopantomographic Radiographs

Amir Čatić¹
Asja Čelebić²
Melita Valentić Peruzović²
Adnan Čatović³
Ivan Vinter⁴
Ivana Muretić⁵

¹Dom zdravlja "Dubrava"

²Zavod za mobilnu protetiku
Stomatološkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu

³Zavod za fiksnu protetiku
Stomatološkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu

⁴Zavod za anatomiju
Medicinskog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu

⁵Dom zdravlja "Črnomerec"

Summary

Acta Stomatol Croat
1998; 43—47

Objectives: The aim of this study was to evaluate the precision of the horizontal dimensional measurements on orthopantomographic images by the Orthophos D3200® (Siemens, Germany), and therefore to evaluate their dimensional reliability.

Material and Methods: Different distances denoted by metal markers were measured on 25 dry mandibles. The same mandibles were then positioned in an orthopantomographic machine Orthophos D3200® (Siemens, Germany) and their radiographic images were made. Measurements of the same distances were repeated on the panoramic images and compared to the results of the measurements on the dry mandibles. All results were statistically analyzed.

Results: The calculated magnification factors for the horizontal measurements, not traversing the midline of the mandible, ranged between 0.97 and 1.065. These values were smaller than those declared by the manufacturer of the X-ray device (1.22x), with a statistically significant difference between the indices. The calculated magnification factors for the horizontal measurements traversing the midline of the mandible ranged from 1.45 to 1.85, which was significantly larger than the declared values by the manufacturer of the orthopantomographic machine.

Conclusion: Measurements made only on one side of the mandible were very close to actual dimensions of dry mandibles, and therefore representative for those distances. The measurements which extended across the midline of the mandible were greatly enlarged, due to a large magnification factor. Thus, the distances which traverse the midline of mandible should not be measured.

Key words: orthopantomography, magnification index

ORIGINAL SCIENTIFIC
PAPER

Received: October 21, 1997

Address for correspondence:

Asja Čelebić
Zavod za mobilnu protetiku
Stomatološki fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
Gundulićeva 5
10000 Zagreb, Hrvatska

Introduction

Orthopantomography is a widely accepted technique of panoramic radiography of the oral region for producing a single image of the facial structures, including both maxillary and mandibular arches with temporomandibular joints and their supporting structures. During the exposures, both the cassette with the X-ray film and the X-ray tube orbit the patient's head which has to be still (1). It is also important that the patient's head is properly positioned and always held the same way, which is accomplished by using a plastic cephalostat, which is a part of the standard equipment of most orthopantomographic machines. It helps to center the patient in the focal trough of the machine in a repeatable way, to allow comparison of radiographs of the patient's status acquired before, during and after the treatment (1).

Orthopantomography is also used for screening patients before the prosthetic treatment as it may sometimes reveal roots, cysts, foreign bodies and even neoplasms in completely edentulous jaws with no clinically visible signs (2-4). It also helps in evaluation of resorptive and osteopenic processes of the jaws (5-9).

The role of orthopantomographic technique is also important in implantology, as it offers information about the vertical dimension of the bone and locations of certain anatomical structures in the orofacial region (7). Today, other more precise techniques, such as the computed tomography or the magnetic resonance imaging, have improved the implantology treatment planning due to higher precision, although these techniques also raise the treatment cost.

Precise measurements on the panoramic radiographs could include considerable methodological errors. The main drawback in clinical use of orthopantomography is the inability to confirm whether the dimensions of the structures shown on radiographs correspond to the real dimensions of the exposed structures. The dimensions on the radiograph are influenced by two types of distortions and magnifications. One type of inaccuracy is due to the distance of the object between the X-ray tube and the film; if the object is positioned more posteriorly from the

center of the machine, closer to the X-ray tube, the image is more magnified and opposite, if the object is placed more anteriorly, closer to the X-ray film, the image of the object is smaller than the exposed structures (1,10,11). Another inaccuracy is due to the difference between the velocity of the film and the velocity of the projection of the object on the film. If the film is moving past the slot in the film shield too quickly, too much film becomes available for the object and the object is magnified. Conversely, if the film moves past the slot too slowly, not enough film is available and the object is demagnified. In the sharply depicted plane the image is free from distortion, meaning that the magnification factor is the same for both the vertical and horizontal plane. Objects outside this layer will appear distorted and magnified or demagnified.

The panoramic image is therefore affected by both magnification errors and displacement. According to some authors all horizontal distances are particularly unreliable as a result of the non-linear variation in the magnification at different object depths, whereas vertical distances are relatively reliable (10-16, 19-23). Distortion, displacement and mainly the magnification cause changes in dimensions of filmed structures on their radiographic images (11,13,14).

Numerous different radiographic machines are offered by different manufactures. The magnification factor varies from one manufacturer to another, due to different projection geometries of the different radiographic machines, as described by Lund and Welander (11,15,16,20,21). This will result in differences in magnification and in the amount of distortion and displacement of structures, if they are out of the focal trough (15,16). The magnification factor can vary from one apparatus to another even if they are made by the same manufacturer. It is, therefore, essential to use the same type of panoramic machine in longitudinal studies (14-16).

Although many authors do not advise horizontal measurements on orthopantomographic radiographs (12,15,16,26), they do not discuss which horizontal distances are inaccurate, but refer to all of them. Therefore, the aim of this study was to evaluate the precision of the horizontal dimensional measurements on the panoramic radiographs.

Material and Methods

Various horizontal distances (Figure 1a) were measured on 25 dry mandibles acquired from the Department of Anatomy, School of Medicine, University of Zagreb. The mandibles were randomly selected, 16 were male and 9 were female. Age varied between 27 and 78 years. Dental status varied between the selected mandibles from fully dentate, completely edentulous.

Metal markers shaped in 1 mm² squares were used as landmarks to denote the points which determined the distances measured.

The measurements were first made on the dry mandibles using a precise sliding ruler with precision of 0.1 mm (TMA MEBA, Germany). Following the first step, all 25 mandibles were exposed in an orthopantomographic machine Orthophos D3200[®] serial number 07786, manufactured by Siemens, Germany. The manufacturer lists the magnification factor of 1.22x for the apparatus used to make orthopantomographic images. During exposures, dry mandibles were centered, using the cephalostat of the machine, in the midline of the orthopantomograph and horizontally perpendicular to the midline, with light-cross of the orthopantomograph as a guide.

The same horizontal distances which had been measured on the dry mandibles were then measured on the radiographs of the same mandibles. (Figure 1b).

A reliability test was designed to assess the reliability of 3 different examiners. The examiners measured 5 horizontal parameters on 7 mandibles, as well as on their images twice during a one - month period. Statistical analysis for intra-and inter-examiner reliability was performed according to the method proposed by Slakter et al. (18) and Fleiss et al. (19). Intra-examiner reliability varied from 0.91-0.98, depending on the measured variable, while inter-examiner reliability varied from 0.90-0.96. The measurement error varied in the range of 0.0015-0.0026, which was considered satisfactory. The most consistent examiner was determined by the lowest standard error within the measurements, so he measured all the other variables for this experiment.

The measurements were made first on the dry mandibles and then on their orthopantomographic

images. The magnification index was calculated for each variable using the formula: magnification index = distance_{radiograph} : distance_{dry mandible} ($x_{\text{magnification}} = x_{\text{-ray}} : x_{\text{mandible}}$).

After all measurements had been completed, statistical analysis was made for acquired results. Descriptive statistics was calculated (arithmetical mean (x), standard deviation (SD), standard error (S.E.) and the 95% confidence interval). T-test was used to compare the significance of the difference between the calculated magnification factors for all the measured variables (which was calculated using the formula: $x_{\text{magnification}} = x_{\text{-ray}} : x_{\text{mandible}}$) and the value of the magnification listed by the manufacturer (19).

Results

Table 1 shows the descriptive statistics (x,SD,S.E.) for all horizontal variables a) on the mandibles; b) on the radiographs; c) for the calculated magnification index (using the formula: $x_{\text{magnification}} = x_{\text{-ray}} : x_{\text{mandible}}$). Part of the table denoted by A shows the horizontal variables measured only on one side of the mandible (or orthopantomogram).

Table 2 shows the 95% confidence interval of the magnification indices calculated for the horizontal variables using the formula $x_{\text{magnification}} = x_{\text{-ray}} : x_{\text{mandible}}$, as well as the t-test between the arithmetical means of the indices which were calculated after the measurements, and the magnification index of 1.22x listed by the manufacturer of the orthopantomographic device used in this study.

Discussion

Kjellberg et al. (14) showed that within certain boundaries positioning of mandibles in the radiographic machine does not affect the results of measurements. He found larger variations between three different machines than between three different mandible positions (mandibles were tilted 10° anteriorly and posteriorly). Nevertheless, the mandibles in this study were carefully centered in the cephalostat by using the light cross of the orthopantomographic machine.

Values of all the *horizontal distances* which spread only on one side of the mandible had low calcu-

lated magnification indices (formula: $x_{\text{magnification}} = x_{\text{ray}} : x_{\text{mandible}}$) with values from 0.97 to 1.065 (Table 1B), which are significantly lower than the manufacturer's magnification index (Table 2B). This refers to all horizontal distances regardless of the height on which they were measured, since the vertical width of the beam is larger than the horizontal width. The vertical dimension of the beam allows a large area of an object to be sharply projected. Therefore, whether it is the lower border of the mandible, the ramus width (W), or the distance between the condylar and the muscular processes of the same side (Co-PM), the magnification index is close to 1.00 (Table 1,2) and even more precise than the manufacturer declares.

For all the horizontal distances which extend across the midline of the mandible (i.e. distance between the left and the right condylar process (Table 1A) there is a great difference between measurements obtained for the same distances on the dry mandibles and on their orthopantomograms (Table 2A). The values of the measured distances on orthopantomograms were much larger than the values obtained for the same distances on the dry mandibles. Such large differences made the magnification indices (calculated using the formula $x_{\text{magnification}} = x_{\text{ray}} : x_{\text{mandible}}$) for distances extending across the midline of the mandible larger (1.45 - 1.85) than the magnification index listed by the manufacturer of the apparatus (Table 2A). Statistical analysis shows significant difference between the two indices (Table 2A).

All characteristic distortion effects inherent in the orthopantomographic technique are due to the different magnification factors which are valid for the vertical and horizontal dimensions, outside the center of a sharply depicted layer or the focal trough. Welander (20) has shown mathematically, and Lund (11) through his experiments, that the focal trough on the orthopantomograph is narrow in the anterior region and flares laterally in the posterior region.

Lund (21) also showed that the focal trough of the orthopantomograph encompassed all tooth positions of 240 patients, although anteriorly tooth centers lay on the edges of the trough.

Tronje (10) stated that horizontal assessments of linear dimensions are unreliable on the orthopantomogram, while vertical dimensions are reliable if pa-

tients are correctly positioned. Larheim (12) measured tooth lengths and found out that 14%-17% of the teeth were unmeasurable, mostly in the anterior region, because of the thinnest image layer.

According to Midgard, Bjork and Linder-Aronson (25) the method variance should not exceed 3% of the total variance for appropriate measurements on X-ray images. Larheim (26) found acceptable reproducibility for vertical and angular variables on the orthopantomographic images not exceeding 1% of the total variance, while horizontal variables were more unreliable, with the greatest variation in the anterior region, as reflected by the greatest SD. If the skull was tilted 15° posteriorly during one series of exposures, the results were almost the same, again with the greatest variability in the anterior region.

The results of our measurements show that it is possible to precisely measure horizontal distances on the orthopantomographic radiograph as long as the distance is only on one side of mandible, either left or right, but the distance must not traverse the midline of the mandible.

All of the magnification indices which were calculated from the measurements of the data, not extending across the midline of the mandible on the images, are significantly lower than the magnification index listed by the manufacturer of the apparatus (Table 1,2). These results point to the fact that this machine enables precise measurements on radiographs of the jaws in the horizontal dimension, as long as the distance measured does not traverse the midline of the mandible.

This difference of our findings and the results from other authors could be due to the fact that our mandibles were encompassed in the focal trough of the machine, which is in agreement with Lund (21). Larheim (12) did not measure horizontal variables on dry skulls because his previous clinical results showed inadequate precision for this type of measurement. In contrast to the findings of Larheim and Tronje (26,10) our results indicate that horizontal measurements are reliable as far as they are measured only on one side of the mandible.

All this of great importance when planning future prosthetic therapy, surgical treatments or when planning the location of implants (7,27), when more precise techniques are not available.

Conclusions

The results of the analysis of the measurements on the dry mandibles and their panoramic images point to the conclusion that it is possible to use orthopantomography for linear measurements of horizontal variables only on one side of the mandible. The data acquired in such a manner can be used as reliable orientation with one observation: dimensions of the structures on the radiographic image are similar to the actual dimensions of filmed structures, as long as the distances measured do not traverse the midline of the mandible.

Within certain limitations the orthopantomographic radiograph has proved to be a very reliable method in showing certain dimensional parameters.

Figure 1a,b, Figure 2. *Horizontal measurements on dry mandibles*

1. **Co - Co** = distance between the highest points of the left and the right condylar process,
2. **PM - PM** = distance between the highest points of the left and the right coronoid process,
3. **Inc - Inc** = distance between the lowest points of the left and the right incisurae,
4. **Go - Go** = distance between the left and the right gonion point,
5. **W_AR - W_AL** = distance between the right and the left anterior point of the ramus width,
6. **W_pR - W_pL** = distance between the right and the left posterior point of the ramus width,
- 7a. **R.LBM(S.) - LBM(FM)** = distance between the lower border of the mandible in sagittal line and the point where a perpendicularly drawn vertical line from the medial opening of the right mental foramen crosses the lower border of the right side of the mandible,
- 7b. **L.LBM(S.) - LBM(FM)** = distance between the lower border of the mandible in the sagittal line and the point where a perpendicularly drawn vertical line from the medial opening of the left mental foramen crosses the lower border of the left side of the mandible,
- 8a. **R.LBM(S.) - LBM(8.)** = distance between the lower border of the right mandible in the sagittal line and the point where a perpendicularly drawn vertical line from the distal surface of the crown of the right third molar (or mesial part of the trigonum retromolare in the edentulous jaws) crosses the lower border of the right side of the mandible,
- 8b. **L.LBM(S.) - LBM(8.)** = distance between the lower border of the mandible in the sagittal line and the point where a perpendicularly drawn vertical line from the distal surface of the crown of the left third (or mesial part of the trigonum retromolare in the edentulous jaws) crosses the lower border of the left side of the mandible,
- 9a. **R.LBM(S.) - Go** = distance between the lower border of the mandible in the sagittal line and the gonion point of the right side of the mandible,
- 9b. **L.LBM(S.) - Go** = distance between the lower border of the mandible in the sagittal line and the gonion point of the left side of the mandible,
- 10a. **R.W.** = width of the right ramus,
- 10b. **L.W.** = width of the left ramus,
- 11a. **R.Co.-PM** = distance between the highest point of the right condylar process and the highest point of the right coronoid process,
- 11b. **L.Co.-PM** = distance between the highest point of the left condylar process and the highest point of the left coronoid process.