

Kupin asennon mittaaminen metalli-metallipinnoitekonivelten röntgenkuvista

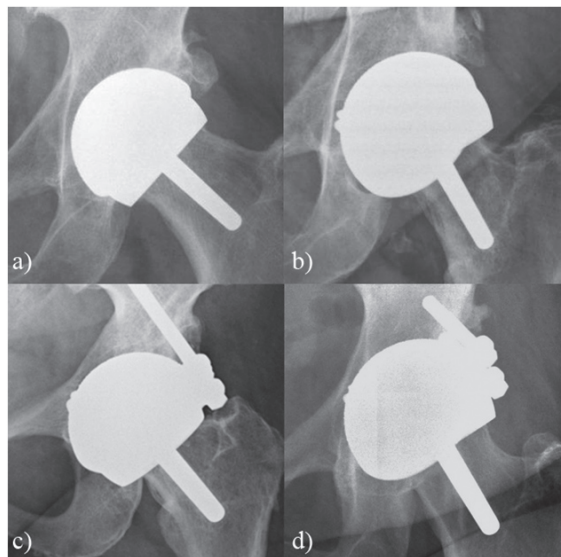
Aleksi Reito, Timo Puolakka, Jorma Pajamäki
Tekonivelsairaala Coxa Oy, Tampere

Several methods have been presented regarding the calculation of version of the cup in total hip arthroplasties. However with all-metal THA's this is problematic. We derived a method to calculate the version and the precise inclination of cup in hip resurfacing from plain radiographs. Three different observers calculated both inclination and version in 20 resurfacing arthroplasties. 95% limits of agreement between each observer varied between -3.9 to 6.3 degrees for version and -6.2 to 8.1 degrees for inclination. We consider these limits average and this method clinically useful for measuring the cup orientation in all-metal THA's.

Postoperatiiviset röntgenkuvat ovat tärkeä osa lonkan tekonivelten seuranta. Kvalitatiivisten analyysien lisäksi kvantitatiiviset mittaukset voivat antaa oleellista tietoa tekonivelestä. Tärkeimpiä jälkimmäisistä lienee kupin asentoon liittyvät mittaukset eli kupin inkliinaatiokulma sekä versio.

Inkliinaatiokulman mittaaminen lantion AP-kuvista on yksinkertaista, mutta version laskeminen ei ole yhtä yksiselitteistä. Version laskemiseen on julkaistu erilaisia menetelmiä aina 1970-luvulta lähtien (1). Lähes kaikki julkaistut menetelmät perustuvat version mittaamiseen käyttäen hyväksi kupin aukeaman muodostamaa ellipsiä AP-suuntaisissa kuvissa (2). Omia menetelmiä on julkaistu myös cross table -kuvia varten (3). PE-kuppeja käytettäessä kupin aukeaman muodostama ellipsi on helppo havaita, erityisesti jos kupissa on tätä varten tarkoitettu metallilanka. Kokometallisten tekonivelten osalta tilanne on kuitenkin hankalampi, koska kupin aukeamaa ja sen muodostamaa ellipsiä ei ole selkeästi nähtävissä (kuva 1).

Kehitimme yksinkertaisen menetelmän kupin inkliinaation ja erityisesti version laskemiseen käytettävässä metalli-metallipinnoitetekoniveliä. Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää menetelmän toimivuutta.



Kuva 1: a) Birmingham Hip Resurfacing (BHR) -proteesi neutraaliasennossa, b) kuppi peittää femurkomponentin, c) dysplasiakuppi neutraaliasennossa, d) dysplasiakuppi peittää femurkomponentin.

Aineisto ja menetelmät

Kupin asento voidaan laskea seuraavasti. Ensinnäkin kupin rotaatiokeskipiste. Tämän jälkeen piirretään ympyrä, joka on yhteneväinen kupin varjon ulkoreunan kanssa. Sitten piirretään viiva rotaatiokeskipisteestä siihen pisteeseen ympyrällä, jossa kupin varjo selkeästi erkanee ympyrän kehästä. Lopuksi piirretään edellistä viivaa kohti suoraan toinen viiva, joka kulkee kupin ulkoreunan varjon sekä femurkomponentin ulkoreunan varjon risteämän kautta. Jos kupin varjo peittää edellisten risteämän kohdan voi viivan piirtää mihin kohtaan tahansa. Mittaa jana r , e ja p . (kuva 2). Versio voidaan laskea kaavalla.

$$\text{Versio} = \arcsin\left(\frac{p}{\sqrt{r^2 - e^2}}\right)$$

Jos e^2 otetaan yhteiseksi tekijäksi, voidaan sulkeiden sisältö kirjoittaa muotoon

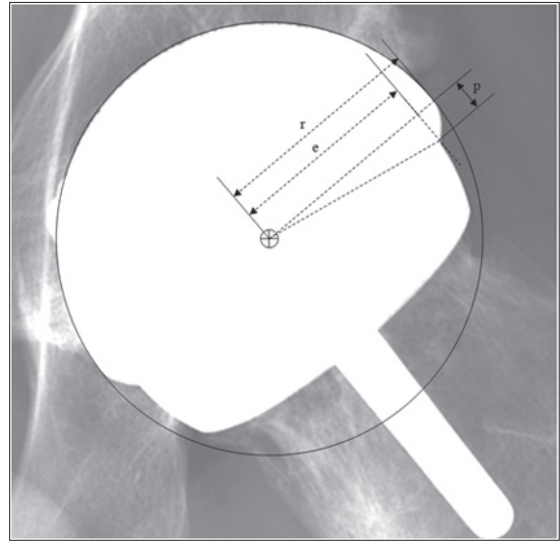
$$\frac{\frac{p}{e}}{\sqrt{\left(\frac{r}{e}\right)^2 - 1}}$$

Tällöin versio on määritelty kahden muuttujan avulla ja versioikulma voidaan katsoa taulukosta (kuva 3).

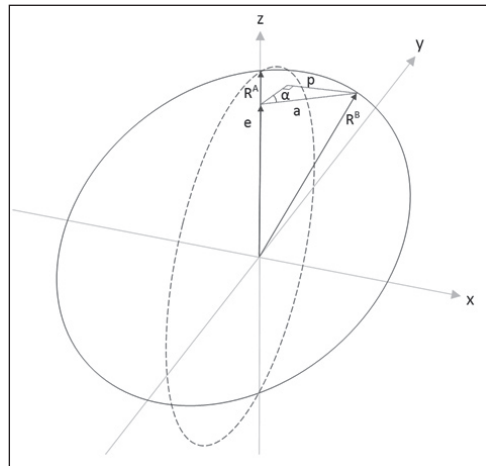
Kupin inkliinaatiokulma on puolestaan kupin aukeaman muodostaman ellipsin pitkän puoliakselin ja horisontaalisen vertailutason, yleensä istuinkyhmyjen määrittämän viivan, välinen kulma. Viivat r , e ja kaikki niiden suuntaiset viivat kuvastavat ellipsin pitkää puoliakselia.

Kaava on johdettu seuraavasti. Katkoviivainen ympyrä kuvassa 4a kuvastaa kupin aukeamaa α asteen versiossa xy -tasossa. Kun tilannetta tarkastellaan y -suunnasta, ympyrä projisoituu ellipsinä kuten kuvassa 4b. Kuvassa 4b viiva r vastaa viivaa R^A kuvassa 4a. Viiva p on kohtisuorassa viivoihin r ja RA mistä tahansa pisteestä ellipsin kaarelta. Versio α on toinen suorakulmaisen kolmion kulmista. Täten kulma α voidaan laskea $\arcsin=(a/p)$. Viivaa a ei kuitenkaan voida mitata xz -tasossa. Koska kaksi kupin aukeamaa kuvastavaa ympyrää ovat samat niin RA ja RB ovat samat joten Pythagoraan lauseen mukaan viivan a pituus saadaan laskettua $r:n$ ja $p:n$ avulla.

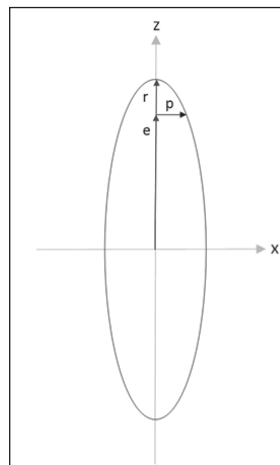
Otimme tutkimukseen mukaan 20 lonkkaa edellisestä tutkimuksestamme (4). Kolme eri mittaaja laskei inkliinaatiokulman ja version kertaalleen jokaises-



Kuva 2: Version laskemiseen käytetyt etäisyydet.



Kuva 4a (ylh.) Jatkuviivainen ympyrä kuvastaa kupin aukeamaa versiossa α ja katkoviivainen 0 asteen versiossa.



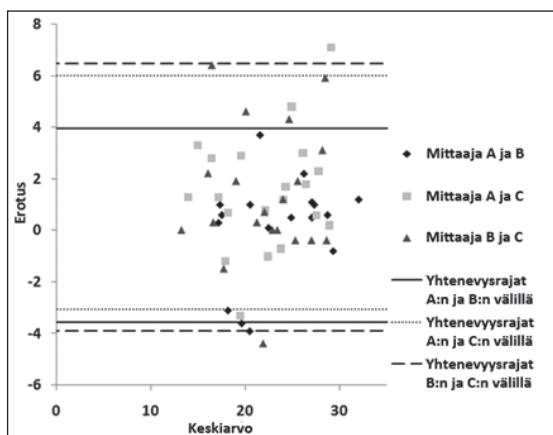
Kuva 4b (vas.) Kupin aukeaman muodostama ellipsi y -suunnasta.

		r/e															
		1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,1	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,2
p/e	0,01	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
	0,02	3,6	3,3	3,0	2,8	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7
	0,03	5,4	4,9	4,5	4,2	4,0	3,8	3,6	3,4	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,7	2,6
	0,04	7,2	6,5	6,0	5,6	5,3	5,0	4,8	4,5	4,4	4,2	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5
	0,05	9,0	8,2	7,5	7,0	6,6	6,3	6,0	5,7	5,5	5,2	5,1	4,9	4,7	4,6	4,4	4,3
	0,06	10,8	9,8	9,1	8,5	8,0	7,5	7,2	6,8	6,5	6,3	6,1	5,9	5,7	5,5	5,3	5,2
	0,07	12,6	11,5	10,6	9,9	9,3	8,8	8,4	8,0	7,6	7,3	7,1	6,8	6,6	6,4	6,2	6,1
	0,08	14,5	13,2	12,1	11,3	10,6	10,1	9,6	9,1	8,7	8,4	8,1	7,8	7,6	7,3	7,1	6,9
	0,09	16,3	14,8	13,7	12,7	12,0	11,3	10,8	10,3	9,8	9,5	9,1	8,8	8,5	8,3	8,0	7,8
	0,1	18,2	16,5	15,2	14,2	13,3	12,6	12,0	11,4	11,0	10,5	10,1	9,8	9,5	9,2	8,9	8,7
	0,11	20,1	18,2	16,8	15,6	14,7	13,9	13,2	12,6	12,1	11,6	11,2	10,8	10,4	10,1	9,8	9,5
	0,12	22,0	20,0	18,4	17,1	16,1	15,2	14,4	13,8	13,2	12,7	12,2	11,8	11,4	11,0	10,7	10,4
	0,13	24,0	21,7	20,0	18,6	17,4	16,5	15,7	14,9	14,3	13,7	13,2	12,8	12,4	12,0	11,6	11,3
	0,14	25,9	23,5	21,6	20,1	18,8	17,8	16,9	16,1	15,4	14,8	14,3	13,8	13,3	12,9	12,5	12,2
	0,15	27,9	25,3	23,2	21,6	20,2	19,1	18,1	17,3	16,6	15,9	15,3	14,8	14,3	13,9	13,4	13,1
	0,16	30,0	27,1	24,9	23,1	21,6	20,4	19,4	18,5	17,7	17,0	16,4	15,8	15,3	14,8	14,4	14,0
	0,17	32,1	28,9	26,5	24,6	23,1	21,8	20,7	19,7	18,8	18,1	17,4	16,8	16,3	15,7	15,3	14,8
	0,18	34,2	30,8	28,2	26,2	24,5	23,1	21,9	20,9	20,0	19,2	18,5	17,8	17,2	16,7	16,2	15,7
	0,19	36,4	32,7	29,9	27,8	26,0	24,5	23,2	22,1	21,2	20,3	19,5	18,9	18,2	17,7	17,1	16,6
	0,2	38,7	34,7	31,7	29,4	27,5	25,9	24,5	23,4	22,3	21,4	20,6	19,9	19,2	18,6	18,1	17,5
	0,21	41,0	36,7	33,5	31,0	29,0	27,3	25,8	24,6	23,5	22,6	21,7	20,9	20,2	19,6	19,0	18,5
	0,22	43,4	38,7	35,3	32,6	30,5	28,7	27,2	25,9	24,7	23,7	22,8	22,0	21,2	20,6	19,9	19,4
	0,23	45,9	40,9	37,2	34,3	32,0	30,1	28,5	27,1	25,9	24,8	23,9	23,0	22,3	21,5	20,9	20,3
	0,24	48,6	43,1	39,1	36,0	33,6	31,6	29,9	28,4	27,1	26,0	25,0	24,1	23,3	22,5	21,8	21,2
	0,25	51,3	45,3	41,1	37,8	35,2	33,1	31,3	29,7	28,4	27,2	26,1	25,2	24,3	23,5	22,8	22,1
	0,26	54,3	47,7	43,1	39,6	36,8	34,6	32,7	31,0	29,6	28,4	27,2	26,2	25,3	24,5	23,8	23,1
	0,27	57,5	50,2	45,2	41,4	38,5	36,1	34,1	32,4	30,9	29,6	28,4	27,3	26,4	25,5	24,7	24,0
	0,28	61,0	52,8	47,4	43,3	40,2	37,7	35,5	33,7	32,1	30,8	29,5	28,4	27,5	26,6	25,7	25,0
	0,29	64,9	55,6	49,6	45,3	42,0	39,3	37,0	35,1	33,4	32,0	30,7	29,6	28,5	27,6	26,7	25,9
	0,3	69,6	58,6	52,0	47,3	43,8	40,9	38,5	36,5	34,8	33,2	31,9	30,7	29,6	28,6	27,7	26,9
	0,31	75,5	61,9	54,5	49,5	45,6	42,6	40,1	37,9	36,1	34,5	33,1	31,8	30,7	29,7	28,7	27,9
	0,32	88,2	65,5	57,2	51,7	47,5	44,3	41,6	39,4	37,5	35,8	34,3	33,0	31,8	30,7	29,7	28,8
	0,33		69,8	60,1	54,0	49,5	46,1	43,2	40,9	38,8	37,1	35,5	34,1	32,9	31,8	30,8	29,8
	0,34		75,3	63,3	56,5	51,6	47,9	44,9	42,4	40,3	38,4	36,8	35,3	34,0	32,9	31,8	30,8
	0,35		84,6	66,8	59,1	53,8	49,8	46,6	43,9	41,7	39,7	38,0	36,5	35,2	34,0	32,9	31,8
	0,36			71,0	61,9	56,1	51,8	48,4	45,5	43,2	41,1	39,3	37,8	36,4	35,1	33,9	32,9
	0,37			76,4	65,1	58,6	53,8	50,2	47,2	44,7	42,5	40,7	39,0	37,5	36,2	35,0	33,9
	0,38			86,6	68,7	61,2	56,0	52,1	48,9	46,2	44,0	42,0	40,3	38,7	37,3	36,1	35,0
	0,39				73,0	64,1	58,3	54,0	50,6	47,8	45,4	43,4	41,6	39,9	38,5	37,2	36,0
	0,4				78,7	67,3	60,8	56,1	52,5	49,5	47,0	44,8	42,9	41,2	39,7	38,3	37,1

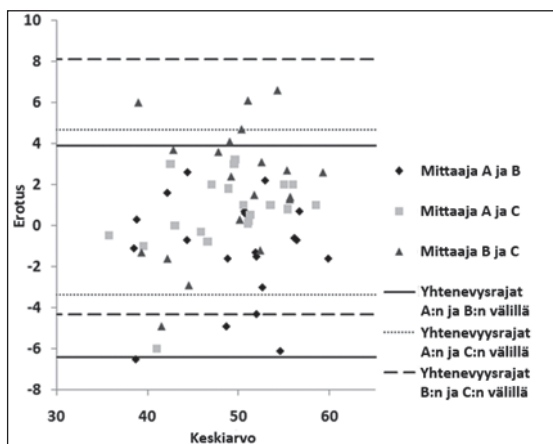
Kuva 3: Version määrittäminen r/e:n sekä p/e avulla.

ta lonkasta. Mittaamiseen käytettiin mediCAD 2.04 (HECTEC GmbH, Saksa) -ohjelmaa. Mittaaja A oli menetelmän kehittäjä ja kokenut ohjelman käyttäjä. Menetelmä opastettiin lyhyesti kahdelle senioriortopedille (Mittaajat B ja C), jotka olivat myös ohjelman käyttöön tottuneita.

Bland-Altman kuvaajat laskettiin jokaisen mittajaan välillä. 95% yhtenevyysrajat laskettiin kuten Bland ym. kuvaa (5). Luokkien välisellä korrelaatiolla (ICC) arvioitiin mittaajien tulosten keskinäistä yhtenevyyttä.



Kuva 5 a. Version Bland-Altman -kuvaaja



Kuva 5b. Inkliinaation Bland-Altman -kuvaaja.

Tulokset

Bland-Altman kuvaaja versio- ja inkliinaatiolaskuista ovat kuvassa 5. 95%:n yhtenevyysrajat kunkin mittajaan välillä vaihtelivat -3.9 asteesta 6.3 asteeseen version osalta ja inkliinaation osalta välillä -6.2 ja 8.1 astetta. Keskivirheet mittaajien A ja B, A ja C sekä B ja C välillä olivat 0.2 astetta, 1.5 astetta and 1,3 astetta. Inkliinaatiolle vastaavat arvot olivat -1.3 astetta, 0.7 astetta and 2.0 astetta. ICC arvot versiolle ja inkliinaatiolle olivat 0,91 ja 0,88.

Pohdinta

Aikaisemmissa pinnoiteproteesitutkimuksissa, joissa on laskettu kupin versio, on käytetty Ein Bild Roentgen Analysis (EBRA) -ohjelmaa (6–8). Tämä on kuitenkin erillinen kaupallinen ohjelma, kun puolestaan tässä artikkelissa esitetty menetelmä on käytettävissä niissä suunnitteluohjelmissa, joissa on yksinkertaiset piirtotyökalut. Langton ym. tutki EBRA-ohjelmistolla lasketun version mittaajien välistä yhtenevyyttä (6). Heidän tutkimuksessaan 95%:n yhtenevyysrajat olivat samaa suuruusluokkaa kuin meidän tutkimuksessamme. Heidän tutkimuksessaan esiteltiin myös yksinkertainen menetelmä kupin version kvantitatiiviseen määrittämiseen. Tämä on helppo ja yksinkertainen toteuttaa, mutta ei ole hyödynnettävissä kaikissa tapauksissa kuten kirjoittajat itsekkin mainitsevat (kuva 1 bcd). Meidän menetelmämme puolestaan on sovellettavissa kaikkiin kuppiasentoihin, mutta luonnollisesti hitaampi suorittaa.

Menetelmä perustuu yksinkertaiseen geometriaan, joten se on hyödynnettävissä kaikkiin niihin kuppi-komponentteihin, jotka ovat säännöllisiä pallosegmenttejä (9). Lähes kaikki pinnoiteproteesikupit ovat tällaisia ja tätä menetelmää voidaan niihin siis soveltaa. Merkittävimmän poikkeuksen tekee Articular Surface Replacement (ASR) -kuppi, joka on ulkoreunoiltaan kapeneva eikä täten projisoidu täydellisenä puolipallo-na (6). ASR-kupin version määrittämiseen on suositeltavinta käyttää EBRA-ohjelmistoa.

Käytettäessä röntgenkuvia kupin asennon laske-misessa mahdollisia virhelähteitä on useita. Lantion rotaatio sekä kallistuminen tuovat virhettä kahden eri röntgenkuvan välille. Lisäksi lantiokuvassa säde keski-tetään häpyliitokseen, joten kuppi kuvautuu aina hie-man vinosti. Tämän korjaukseen on esitetty erilaisia menetelmiä (10,11). Parhaiten virheen minimointi

kuitenkin onnistuu systemaattisella kuvantamiskäytännöllä.

Tutkimuksen huonona puolena oli, että teimme määritykset operoiduista potilaita eikä täten meillä ollut vertailuarvoa mittaajien lukemiin. Väitämme kuitenkin, että tämä tutkimusasetelma oli riittävä arvioimaan menetelmän toimivuutta. 95%:n yhtenevyyssrajat ja keskivirheet olivat hyväksyttävällä tasolla mittaajien kesken ja uskomme, että menetelmä on riittävän toimiva kliiniseen käyttöön kupin asennon laskemisessa kokometallisten tekonivelten yhteydessä.

Kirjallisuus

1. Lewinnek GE, Lewis JL, Tarr R, Compere CL, Zimmerman JR: Dislocations after total hip-replacement arthroplasties. *J Bone Joint Surg Am.* 1978;60-A:217-220.
2. Marx A, von Knoch M, Pfortner J, Wiese M, Saxler G: Misinterpretation of cup anteversion in total hip arthroplasty using planar radiography. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2006;126:487-492.
3. Yao L, Yao J, Gold RH: Measurement of acetabular version on the axiolateral radiograph. *Clin Orthop Relat Res.* 1995;316:106-111.
4. Reito A, Puolakka T, Pajamäki J: Birmingham Hip Resurfacing: 5 to 8 years results. *Int Orthop Epub.*
5. Bland JM, Altman DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;8476:307-310.
6. Langton DJ, Sprowson AP, Mahadeva D, Bhatnagar S, Holland JP, Nargol AV: Cup anteversion in hip resurfacing: validation of EBRA and the presentation of a simple clinical grading system. *J Arthroplasty.* 2010;25:607-13.
7. Malviya A, Lingard EA, Malik A, Bowman R, Holland JP: Hip flexion after Birmingham hip resurfacing: role of cup anteversion, anterior femoral head-neck offset, and head-neck ratio. *J Arthroplasty.* 2010;25:387-391.
8. Langton DJ, Sprowson AP, Joyce TJ, Reed M, Carluke I, Partridge P, ym: Blood metal ion concentrations after hip resurfacing arthroplasty: a comparative study of articular surface replacement and Birmingham Hip Resurfacing arthroplasties. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91-B:1287-1295.
9. Shimmin A: The influence of the size of the component on the outcome of resurfacing arthroplasty of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92-B:469-476.
10. Derbyshire B: Correction of acetabular cup orientation measurements for X-ray beam offset. *Med Eng Phys.* 2008;30:1119-1126.
11. Widmer KH: A simplified method to determine acetabular cup anteversion from plain radiographs. *J Arthroplasty.* 2004;19:387-390.