

# Reisiluun calcar-alueen murtumien riskitekijät sementittömässä lonkan tekonivelleikkauksessa. Tapaus-verrokkitutkimus.

*Simo Miettinen<sup>1</sup>, Tatu Mäkinen<sup>2</sup>, Inari Kostensalo<sup>3</sup>, Keijo Mäkelä<sup>3</sup>, Jukka Kettunen<sup>1</sup>, Ville Remes<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Kuopion yliopistollinen sairaala*

<sup>2</sup> *Helsingin yliopistollinen keskussairaala*

<sup>3</sup> *Turun yliopistollinen keskussairaala*

The use of cementless stems in total hip arthroplasty (THA) has increased in recent years. The aims of this study were to investigate the factors which might contribute to calcar fracture during stem implantation. Demographic factors were gathered and radiological analysis was made of the anatomy of the proximal femur according to Noble and Dorr classification.

A total of 3,209 patients were operated with cementless THAs between January 2004 and December 2009 in three university hospitals. There were a total of 118 calcar fractures, thus the incidence of calcar fractures was 3,7 %. The same number of patients without a calcar fracture were selected randomly to act as controls. Mean radiological follow-up time was 3,3 years. The mean age of the patients was 59,6 years and 61,1 years in the fracture group and in the control group, respectively. In the fracture group there was 57,6 % of women and in the control group there was 45,8 % of women ( $p=0,03$ ). Primary osteoarthritis was the main indication for THA in both groups. In the fracture group, hip dysplasias were more common than in the control group ( $p=0,001$ ). Revision rate in the fracture group was 10,2 % and in the control group 3,4 % ( $p=0,039$ ).

The radiological analysis showed that patients with wide or narrow proximal femur are in a higher risk to have the calcar fracture. In addition, patients with hip dysplasia or history of previous hip surgery are also in a higher risk to have the calcar fracture. Other risk factors of calcar fracture are female gender and anterolateral surgical approach.

Sementittömien lonkan tekonivelten käyttö on lisääntynyt viime vuosina verrattuna sementillisiin tekoniveliin (1–3). Yksi syy käytön lisääntymiseen on erinomaiset pitkän seuranta-ajan tulokset (4,5). Aikaisempien sementittömien implanttien ongelmana ollut aseptinen irtoaminen on johtanut sementittömien implanttien kehittymiseen etenkin proksimaalisen femurin press-fit alueen muotoilun osalta (6–8).

Sementittömän lonkan tekonivelen ja reisiluun yläosan tiivis geometrinen yhteensopivuus ovat edel-

lytyt osseointegraatiolle ja implantin pitkäaikaispysyvyydelle (9–12). Oikean kokoisen implantin valinta on edellytys lonkkanivelen toiminnan palauttamiselle (9). Femur-komponentin alimitoittaminen johtaa usein varren vajoamiseen ja varus-virheasentoon (13). Riittämätön reisiluun yläosan tuki voi johtaa komponentin irtoamiseen (7). Liian suuren femur komponentin laittaminen johtaa yleensä calcar-alueen murtumaan (4).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää calcar-alueen murtumiin johtavat tekijät. Reisiluun yläosan anatomia on keskeinen implantin osseointegraatiolle, joten selvitimme onko reisiluun yläosan muoto riskitekijä calcar-murtuman synnylle. Reisiluun yläosan geometrian arviointiin on julkaistu useita radiologisia luokitteluja perustuen sekä natiiviröntgenkuviin tai tietokonekerroskuviin (9,10,12,14–16). Yhdenkään näitä luokituksista ei ole osoitettu olevan ylivoimainen toisiinsa nähden, joten valitsimme tähän tutkimukseen sopivimmat ja kohtalaisen yleisesti käytössä olevat Dorrin ja Noblen luokitukset (9,10). Radiologisten mittausten lisäksi tutkimme demografiset tekijät. Lisäksi tutkimme femur-komponentin painumista seurannassa kontrolli- ja murtumaryhmien välillä. Tutkimusta varten muodostimme tapaus-verrokki -ryhmät, joista tapaus-ryhmään kuului calcar-murtumat ja verrokki-ryhmään randomoitiin vastaava määrä potilaita koko tutkimusaineistosta.

### Potilaat ja menetelmät

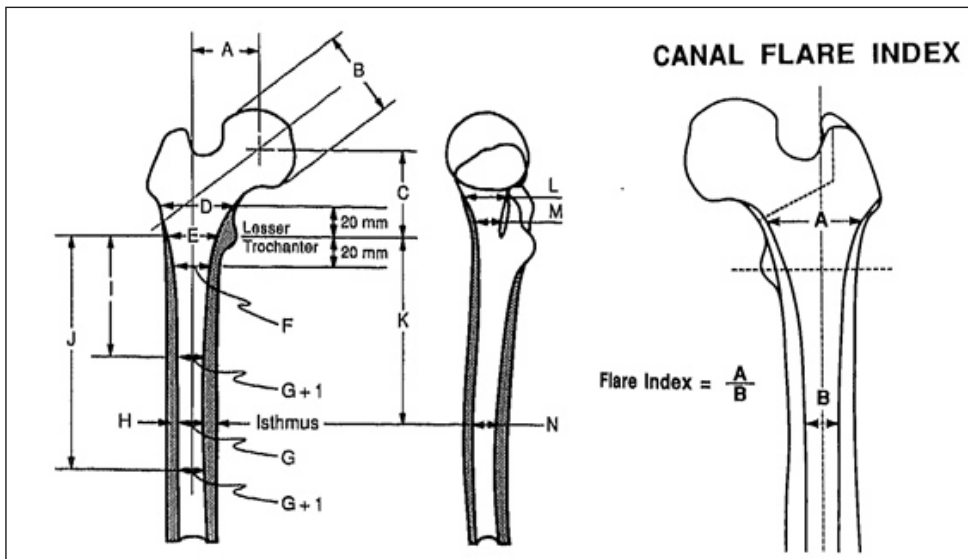
Yhteensä 3 209 lonkan sementitöntä tekonivelä leikattiin tammikuun 2004 ja joulukuun 2009 välil-

lä Kuopion yliopistollisessa sairaalassa (KYS), Turun yliopistollisessa keskussairaalassa (TYKS) ja Helsingin yliopistollisessa keskussairaalassa (HYKS). Calcar-alueen murtumia todettiin yhteensä 118. Verrokki-ryhmään randomoitiin saman verran potilaita samassa suhteessa kustakin sairaalasta kuin murtumiakin oli. Sairaaloissa oli käytössä 16 erilaista femur-komponenttia (taulukko 1).

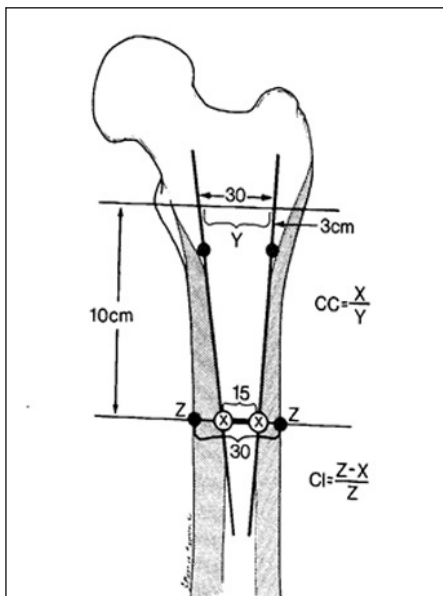
Radiologiset analyysit tehtiin pre-operatiivisista lonkan natiiviröntgenkuvista Dorrin ja Noblen luokittelujen mukaisesti (9,10) (kuva 1,2). Noblen luokittelua varten mitattiin proksimaalisen femurin yläosan mitat ja laskettiin Canal Flare Index (CFI) (kuva 1). CFI luokittelee yläosan kolmeen muotoon: savupiippu-malliseen, normaaliin ja shampanjalasin muotoiseen (9). Dorrin luokittelu on kvalitatiivinen ja siinäkin on kolme erilaista proksimaalisen femurin muotoa (kuva 2). A-typissä on paksu mediaalinen ja lateraalinen korteksi anteroposteriorisessa (AP) röntgenkuvassa ja mediolateraali (M/L) röntgenkuvassa paksu posteriorinen korteksi. B-typissä on AP-röntgenkuvassa ohentunut mediaalinen korteksi ja M/L-röntgenkuvassa epätarkka posteriorinen korteksi. C-typissä on ohut mediaalinen ja lateraalinen korteksi

**Taulukko 1. Käytetyt tekonivel-komponentit.**

Femur-komponentti	Kaikki		Kontrollit		Murtumat		p-arvo
	n	%	n	%	n	%	
Biomet Bi-Metric	2413	75,2	86	72,9	82	69,5	0,279
S&N Synergy	323	10,1	22	18,6	12	10,2	
Stryker Accolade TMZF	2	0,1	0	0	0	0	
Wright Conserve Profemur TL	188	5,9	2	1,7	3	2,5	
Biomet CDH	10	0,3	0	0	2	1,7	
Biomet Stanmore	6	0,2	0	0	3	2,5	
Biomet Integral	5	0,2	0	0	0	0	
Biomet HeadNeck	3	0,1	0	0	0	0	
Corail	18	0,6	0	0	1	0,8	
Biomet Balance M	1	0	0	0	0	0	
Zimmer M/L Taper	47	1,5	2	1,7	3	2,5	
Metasul CLS	150	4,7	6	5,1	6	5,1	
Biomet Reach	32	1	0	0	5	4,2	
Metasul MS-30	6	0,2	0	0	0	0	
Mitch Symax HA	1	0	0	0	0	0	
Metallic	4	0,1	0	0	1	0,8	
n	3209	100	118	100	118	100	



Kuva 1. Noblen luokittelu (9). Anatomiset mittaukset ja Canal Flare Index (CFI).



Kuva 2. Dorrin luokittelu (10). Canal-Calcar -mittaus (CC) ja Cortical Index -mittaus (CI).

AP-röntgenkuvassa ja M/L-röntgenkuvassa myös posteriorinen korteksi on ohut ja intramedullaari-kanava laaja. Dorrin luokituksen mukaan AP- ja M/L-röntgenkuvista mitattiin Cortical Index (CI) ja Canal-to-Calcar suhde (kuva 2) (10). Postoperatiivisista lonkan röntgenkuvista mitattiin femur-komponentin asento ja sitä verrattiin viimeisimpään käytössä olleeseen lonkan natiiviröntgenkuvaan.

Röntgenkuvat analysoitiin sairaaloissa eri ohjelmistoilla, HYKS:ssa oli käytössä Agfa IMPAX (ver. 6.5.2.657) ja KYS:ssa Sectra Workstation IDS7 (ver. 15.1.8.5). KYS:n ohjelmistolla analysoitiin myös TYKS:n röntgenkuvat. Kerätty tieto analysoitiin

SPSS:lla (SPSS Inc., Chicago, IL, USA. Ver 19.0.0, IBM). Tilastollista merkitsevyyttä ryhmien välillä tutkittiin Mann-Whitneyn U-testillä ja p-arvoa <0.05 pidettiin tilastollisesti merkittävänä. Tutkimuksella on eettisen toimikunnan tutkimuslupa.

### Tulokset

Calcar-murtumia todettiin 3 209 lonkan aineistossa yhteensä 118 ja murtuma-insidenssi oli 3,7 %. Koko aineistossa potilaiden keski-ikä oli 60,9 vuotta (vaihteluväli: 17-96 vuotta) ja miehiä oli 50,2 % ja naisia 49,8 % (taulukko 2). Miehiä oli kontrolliryhmässä

**Taulukko 2. Demografiset tiedot varrellisista sementittömistä lonkan tekonivelistä.**

Sairaala	Koko aineisto (n=3,209)		Tapaus-verrokki -ryhmät				p-arvo
	n	%	Kontrolli		Murtuma		
	n	%	n	%	n	%	
HYKS	1054	32,8	54	45,8	53	44,9	
KYS	943	29,4	13	11	13	11	
TYKS	1212	37,8	51	43,2	52	44,1	
yht.	3209	100	118	100	118	100	0,59
Sukupuoli	n	%	n	%	n	%	p-arvo
Mies	1610	50,2	64	54,2	50	42,4	
Nainen	1599	49,8	54	45,8	68	57,6	0,03
Leikkauspuoli	n	%	n	%	n	%	p-arvo
Oikea	1746	54,4	65	55,1	56	47,5	
Vasen	1463	45,6	53	44,9	62	52,5	0,126
Ikä							p-arvo
Keski-ikä (vuotta)	60,9		61,1		59,6		
Min	17		32		29		
Max	96		79		81		
SD	10,195		8,732		10,094		0,432
Avaus	n	%	n	%	n	%	p-arvo
Posterolateraalinen	1654	51,5	55	46,6	35	29,7	
Anterolateraalinen	1546	48,2	63	53,4	83	70,3	
Anteriorinen	2	0,1	0	0	0	0	0,002
Bilateraalinen toimenpide	n	%	n	%	n	%	p-arvo
Ei	3039	94,7	109	92,4	112	94,9	
Kyllä	170	5,3	9	7,6	6	5,1	0,425

54,2 % ja naisia 45,8 % sekä calcar-murtumaryhmässä miehiä oli 42,4 % ja naisia 57,6 % (p=0,03). Keskimääräinen radiologinen seuranta-aika kontrolliryhmässä oli 3,3 vuotta (SD 2,51) ja murtumaryhmässä 3,2 vuotta (SD 2,33) (p=0,939).

Leikkaukset tehtiin posterolateraalista ja anterolateraalista avauksesta, lisäksi koko tutkimusaineistossa oli mukana myös kaksi anteriorista avausta (taulukko 2). Koko aineistossa oikeaa lonkkaa leikattiin 8,8 % vasenta enemmän ja toisaalta murtumaryh-

mässä oli 5 % enemmän vasemman lonkan murtumia (Taulukko 2). Primaari-arthroosi oli tavallisin leikkausindikaatio ja dysplasia toiseksi tavallisin molemmissa ryhmissä (taulukko 3).

Todetun calcar-murtuman korjaukseen käytettiin keskimäärin 1,4 vaijeria pikku trochanterin ja murtuman ympäri kiristettynä (vaihteluväli 0–4 vaijeria/murtuma). Radiologisen seuranta-ajan kuluessa femur-komponentti vajosi kontrolliryhmässä keskimäärin 0,7 mm ja murtumaryhmässä 1,2 mm (p=0,163).

**Taulukko 3. Tekonivelleikkaus indikaatiot.**

	Koko aineisto (n=3,209)		Tapaus-verrokki -ryhmät				p-arvo
			Kontrolli (n=118)		Murtuma (n=118)		
Leikkausindikaatio	n	%	n	%	n	%	
Primaari OA	2290	71,3	93	78,8	70	59,3	0,001
Dysplasia (Femur tai acetabulum)	283	8,8	11	9,3	23	19,5	
Reuma	118	3,7	6	5,1	7	5,9	
Murtuma (Tuore tai jälkitila)	202	6,3	3	2,5	8	6,8	
Avaskulaarinekroosi	209	6,5	4	3,4	5	4,2	
Muut*	107	3,3	1	0,8	5	4,2	
*PVNS, psoriartropatia, Perthesin taudin jälkitila, jne.							

Dorrin ja Noblen mukaisissa luokitteluissa ei havaittu tilastollista merkitsevyyttä ryhmien kesken ( $p>0,05$ ), mutta ryhmien sisällä eri alatyypien ja anatomisten mittauksien välillä todettiin tilastollisesti merkitsevää vaihtelua ( $p<0,05$ ) (taulukko 4 ja 5).

Revisioita tehtiin mistä tahansa syystä seuranta-aikana 4,6 % koko 3 209 lonkan tutkimusaineistossa. Kontrolli-ryhmässä revisioita oli 3,4 % ja murtumaryhmässä 10,2 % ( $p=0,039$ ).

Yksi tutkija teki kaikki mittaukset (S.M.). Intraobserver -mittaukset tehtiin 2 kuukauden kuluttua ensimmäisistä mittauksista ja näissä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa ensimmäisiin mittauksiin verrattuna.

### Pohdinta

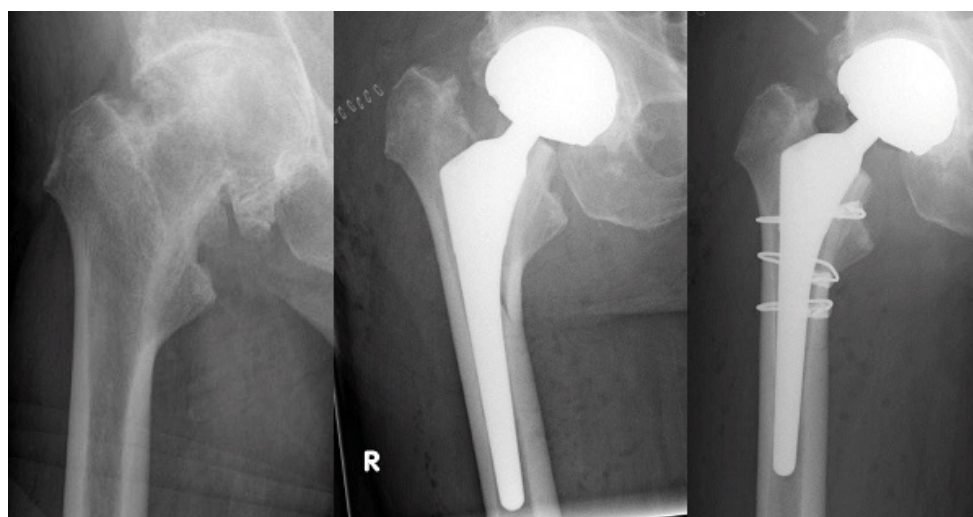
Tässä tutkimuksessa calcar-alueen murtumien insidenssi oli 3,7 %. Aiemmissä tutkimuksissa intraoperatiivisen proksimaalisen femurin murtumariski on ollut 1,5 - 27,8 % riippuen komponenteista ja potilaista (4,17–20). Proksimaalisen reisiluun yläosan muoto ja femur-komponentin yhteensopivuus on tärkeää oikean press-fitin ja osseointegraation saavuttamiseksi (9). Proksimaalisen femurin anatomia ja morfologiassa on todettu suurta vaihtelua sekä saman että eri rotujen välillä (9,10,12,21–23). Aiemmissä tutkimuksissa on todettu kortikaalisen luun vähenevän ensin lateraalisesti, syynä on ilmeisesti luun iänmukaiset tai muun syyn vuoksi tapahtuvat jännite- ja kuormitusmuutokset (21). Iänmukainen kortikaalisen luun vähentyminen jatkuu lateraalikorteksilta isthmus-alueelle

sekä proksimaalisesti ja pienentää siten Noblen luokittelun mukaista CFI:ta (21). Noblen alkuperäisessä julkaisussa keski-ikä oli 70 vuotta ja keskimääräinen CFI oli 3.8 (2.4–7.0) ja jakauma tämän tutkimuksen kontrolliryhmää vastaava (9). Tässä tutkimuksessa keskimääräinen CFI oli murtumaryhmässä 3,86 ja kontrolliryhmässä 3,91 ( $p=0,765$ ) (taulukko 4). Vastaavia ikään verrattavia CFI-arvoja on saatu aiemmissä tutkimuksissa, nuoremmassa ikäryhmässä CFI on ollut 3.85 ja vanhemmissa CFI on ollut 3.36 (14,15,21). Noblen CFI-luokitteluun perustuen voidaan todeta, että shamppanjalasi-muoto ja savupiippu-muoto lisäävät calcar-murtumariskiä (taulukko 4). Dorrin luokittelun C-tyyppi eli ohuet korteksit ja laajan ydinontelon omaava tyyppi on yllämainittuna murtumaryhmässä ja omaa kohonneen murtumariskin (taulukko 5).

Syynä murtumariskin lisääntymiseen ns. normaali-tyypistä poikkeavissa reisiluun yläosan muodoissa lienee se, että femur-komponentit on suunniteltu keskimääräiselle yläosan muodolle ja siten sen yhteensopivuus näihin eri femur-tyyppisiin on huonompi ja murtumariski siten suurempi (kuva 3). Tutkimuksessa myös todettiin, että murtuma-potilailla korteksit olivat ohuempia verrattuna kontrolliryhmään. Ohuet korteksit tunnetusti kestävät huonommin sementtityön tekniikan asennukseen liittyvää riittävän press-fitin saavuttamiseen tarvittavaa voiman käyttöä. Kun riittävä press-fit on saavutettu, femur-komponentti osseointegroitu erittäin hyvin eikä tässä tutkimuksessa todettu femur-komponenttien painuvan merkittävästi kummassakaan ryhmässä seuranta-aikana. Eri femur-komponenttien välillä ei todettu olevan tilastollis-

**Taulukko 4. Noblen mukaiset femurin proksimaaliosan mittaukset ja luokittelu.**

Noble mittaukset	Kontrolli (n=118)		Murtuma (n=118)		p-arvo*
Femoral head offset, mm	42,8		39,7		0,002
Femoral head diameter, mm	50,4		48		0,016
Femoral head position, mm	60,6		56,1		0,009
Canal width +20mm, mm	44,4		41,9		0,007
Canal width +0mm, mm	27,5		26,3		0,4
Canal width -20mm, mm	20,6		19,9		0,169
Isthmus position, mm	118,8		117,5		0,766
Isthmus width, mm	11,7		11,1		0,51
Canal width at osteotomy level	46,8		42,7		<0,05
Height of osteotomy level, mm (above mid lesser troch line)	27,2		23,4		<0,05
Neck-shaft Angle, degree	131,5		128,7		0,083
Canal flare Index (mean)	3,91		3,86		0,765
	n	%	n	%	
Canal flare Index (Stovepipe)	10	8,5	17	14,4	
Canal flare Index (Normal)	105	82,2	78	66,1	
Canal flare Index (Champagne-flute)	13	9,3	21	17,8	
Canal flare Index (ei voi mitata)	0	0	2	1,7	
*Non-parametric test (Mann-Whitney U-test), sig. p<0.05					



*Kuva 3. Lonkan natiiviröntgenkuva-sarjassa Noblen mukainen CFI 2,5 eli Stovepipe-muoto, jonka todettiin tässä tutkimuksessa olevan calcar-murtuman riskitekijä. Implantoinnista seurannut tyypillinen calcar-alueen murtuma ja kiinnitys vaijereilla.*

**Taulukko 5. Dorrin mukaiset mittaukset ja luokittelu.**

Dorrin mittasuureet	Kontrolli (n=118)	Murtuma (n=118)	p-arvo*		
AP Intramedullary canal diameter, mm	12,4	12,1	0,175		
AP Prox. Fem. Intramed. Canal diameter, mm	30,2	28,4	0,003		
AP Cortical Index	0,592	0,571	0,076		
ML Intramedullary canal diameter, mm	16,7	16,36	0,7		
ML Prox. Fem. Intramed. Canal diameter, mm	34,6	32,3	0,064		
ML Cortical Index	0,496	0,448	0,064		
Canal-to-calcus ratio	0,587	0,597	0,95		
*Nonparametric test (Mann-Whitney U-test), sig. p<0.05					
Dorrin luokitus	Kontrolli (n=118)		Murtuma (n=118)		p-arvo*
Dorr type	n	%	n	%	
Dorr type A	72	61	55	46,6	p*=0,059
Dorr type B	39	33,1	42	35,6	
Dorr type C	2	1,7	13	11	
Dorr type: ei voitu määritellä	5	4,2	8	6,8	
*Non-parametric test (Mann-Whitney U-test), sig. p<0.05					

ta merkitsevyyttä murtumariskin suhteen ( $p=0,279$ ) (taulukko 1).

Muita reisuun yläosan murtumariskii lisääviä tekijöitä olivat naissukupuoli, dysplasia ja anterolateraalinen avaus ( $p<0,05$ ) (Taulukko 2). Revisioita mistä tahansa syystä esiintyi enemmän murtumaryhmässä verrattuna kontrolliryhmään ( $p<0,039$ ).

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että sementitön femur-komponentti lisää calcar-murtumariskii naispotilailla ja lonkan dysplasiapotilailla. Tutkimuksessa todettiin, että anterolateraalinen avaus on yksittäinen calcar-murtuman riskitekijä. Seuranta-aikana todettiin, että calcar-murtumapotilaiden revisioriski on korkeampi kuin kontrollipotilailla.

#### **Kirjallisuus:**

1. AOANJRR (Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry) 2012. (<http://www.dmac.adelaide.edu.au/aoanjrr/index.jsp>)
2. SHAR (Swedish Hip Arthroplasty Register) 2011. (<http://www.shpr.se>)
3. THL (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos). Lonkka- ja polvi-

proteesit Suomessa 2010. Tilastoraportti 23/2011. ([http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/104402/Tr09\\_13.pdf?sequence=1](http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/104402/Tr09_13.pdf?sequence=1))

4. Berry DJ. Management of periprosthetic fractures: the hip. *J Arthroplasty*. 2002;17:11–13.
5. Emerson RH Jr, Head WC, Emerson CB, Rosenfeldt W, Higgins LL. A comparison of cemented and cementless titanium femoral components used for primary total hip arthroplasty: a radiographic and survivorship study. *J Arthroplasty*. 2002;17:584–891.
6. Kavanagh BF, Dewitz MA, Ilstrup DM, Stauffer RN, Coventry MB. Charnley total hip arthroplasty with cement: Fifteen-year results. *J Bone Joint Surg Am*. 1989;71-A:1496–1503.
7. Kim YH, Kim VE. Early migration of uncemented porous coated anatomic femoral component related to aseptic loosening. *Clin Orthop*. 1993;295:146–155.
8. McLaughlin JR, Lee KR. Total hip arthroplasty with an uncemented femoral component. Excellent result at ten-year follow-up. *J Bone Joint Surg Br*. 1997;79-B:900–907.
9. Noble PC, Alexander JW, Lindahl JL, Yew DT, Granberry WM, Tullos HS. The Anatomic Basis of Femoral Component Design. *Clin Orthop Relat Res*. 1988;235:148–166.
10. Dorr LD, Faugere M-C, Mackel AM, Gruen TA, Bogner B, Malluche HH. Structural and cellular assessment of bone quality of proximal femur. *Bone*. 1993;14:231–242.
11. Fessy MH, Seutin B, Be´jui J. Anatomical basis for the



choice of the femoral implant in the total hip arthroplasty. *Surg Radiol Anat.* 1997;19:283–286.

12. Laine HJ, Lehto MU, Moilanen T. Diversity of proximal femoral medullary canal. *J Arthroplasty.* 2000;15:86–92.

13. Soballe K, Hansen ES, B-Rasmussen H, Jorgensen PH, Bünger C. Tissue ingrowth into titanium and hydroxyapatite-coated implants during stable and unstable mechanical conditions. *J Orthop Res.* 1992;10:285–299.

14. Husmann O, Rubin PJ, Leyvraz PF, de Roguin B, Argenson JN. Three-dimensional morphology of the proximal femur. *J Arthroplasty.* 1997;12:444–450.

15. Rubin PJ, Leyvraz PF, Aubaniac JM, Argenson JN, de Roquin B. The Morphology of the proximal femur. A three-dimensional radiographic analysis. *J Bone Joint Surg Br.* 1992;74-B:28-32.

16. Yeung YY, Chiu KY, Yau WP, Tang WM, Cheung WY, et al. Assessment of the Proximal Femoral Morphology Using Plain Radiograph - Can it Predict the Bone Quality? *J Arthroplasty.* 2006;21:508-513.

17. Lindahl H. Epidemiology of periprosthetic femur fracture around a total hip arthroplasty. *Injury, Int J Care Injured.* 2007;38:651-654.

18. Schmidt AH, Kyle RF: Periprosthetic fractures of the femur. *Orthop Clin North Am.* 2002; 33:143-152.

19. Moroni A, Faldini C, Piras F, Giannini S. Risk factors for intraoperative femoral fractures during total hip replacement. *Ann Chir Gynaecol.* 2000;89:113-118.

20. Duncan CP, Masri BA: Fractures of the femur after hip replacement. *Instr Course Lecture.* 1996;44:293-304.

21. Casper DS, Kim GK, Parvizi J, Freeman TA. Morphology of the Proximal Femur Differs Widely with Age and Sex. Relevance to Design and Selection of Femoral Prostheses. *J Orthop Res.* 2012;30:1162-1166.

22. Atilla B, Oznur A, Caglar O, Tokgozoglu M, Alpaslan M. Osteometry of the femora in Turkish individuals: a morphometric study in 114 cadaveric femora as an anatomic basis of femoral component design. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2007;41:64-68.

23. Khang G, Choi K, Kim CS, et al. A study of Korean femoral geometry. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;406:116–122.